

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет залізничного транспорту

РУХОМИЙ СКЛАД НОВОГО ПОКОЛІННЯ: ІЗ ХХ В ХХІ СТОРІЧЧЯ

Тези ІІІ міжнародної науково-практичної конференції



Харків 2023 р.

III міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 22–23 листопада 2023 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2023. – 123 с.

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

- вагони: конструкція та експлуатація;
- енергозбереження на залізничному транспорті;
- тяговий рухомий склад.

ЗМІСТ

Секція

ВАГОНИ: КОНСТРУЮВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ

Підконтрольна експлуатація рухомого складу. Актуальні питання <i>М. О. Багров</i>	9
Підконтрольна експлуатація як складова оцінки відповідності рухомого складу вимогам технічного регламенту <i>Н. П. Герко, К. Л. Жихарцев, Ж. О. Семко</i>	11
Дослідження технічного стану несучих металоконструкцій вагонів тягового електрорухомого складу залізниці Грузії <i>Ю. С. Павленко, О. М. Білецький, О. І. Войтенко</i>	13
Дослідження міцності вантажних вагонів із зварною хребтовою балкою <i>А. О. Сулим, П. О. Хозя, С. О. Столетов, О. О. Мельник</i>	15
Проблемні питання подальшого розвитку галузі вантажного вагонобудування <i>О. М. Сафронов, А. О. Сулим, В. В. Ільчишин</i>	17
Перспективи удосконалення конструкції вантажних вагонів <i>А. О. Сулим, А. М. Стринжа, В. М. Полулях, В. В. Федоров</i>	19
Способи керування енергетичними процесами на рухомому складі метрополітену з конденсаторними накопичувачами <i>А. О. Сулим</i>	21
Simulation of the dynamics of oscillations of one model of the rail carriage <i>V.V. Kovalchuk</i>	23
Аналіз можливості використання термоелектричних елементів для рухомого складу залізниць <i>А. Л. Пуларія</i>	24
Прогнозування відмов буксових вузлів вантажних вагонів <i>І. Е. Мартинов, О. Л. Шарий</i>	26

Акустичний контроль колісних пар вагонів під час руху та методи розпізнавання звукових сигналів <i>В. В. Бондаренко, Д. І. Скуріхін</i>	28
Дослідження напруженого стану кузова жорстко-купейного пасажирського вагону <i>І. Е. Мартинов, А. В. Труфанова, С. І. Мартинов, Я. В. Остапенко...</i>	29
Вивантаження з залізничних напіввагонів насипних вантажів удосконаленим способом перекидання <i>Р. І. Візняк</i>	31
До питання розробки прогресивної системи якості на вагоноремонтних підприємствах <i>Д. І. Волошин, Л. В. Волошина</i>	34
Особливості оптимізації вертикальних стійок кузова вагона-хопера для перевезень зерна <i>С. В. Панченко, Г. Л. Ватуля, А. О. Ловська, М. В. Павлюченков..</i>	35
Дослідження міцності універсального контейнера з каркасом із прямокутних труб <i>А. О. Ловська, Ю. Герліці, М. В. Павлюченков, А. В. Рибін</i>	37
Інноваційна механічна гальмова система візка – шлях до забезпечення руху поїздів <i>С. В. Панченко, А. О. Ловська, В. Г. Равлюк</i>	40
До питання визначення собівартості ремонту пасажирських вагонів <i>А. В. Труфанова</i>	41
Моделювання динамічних процесів при зміщенні вантажу <i>Л. А. Мурадян, А. О. Швець</i>	42

Секція

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Підвищення ефективності використання ресурсів на підприємствах залізничного транспорту шляхом застосування інструменту енерго-екологічної оцінки <i>Г. В. Біловол, К. Є. Буряк, В. В. Семеринська, О. Г. Черниш</i>	45
--	----

Використання чек-листів аналізу роботи ергетичного обладнання при самодіагностиці підприємств <i>Г. В. Біловол, Р. О. Герасименко, М. В. Комарова, М. О. Міщенко.....</i>	47
Вибір інструментів управління енергетичною ефективністю підприємств малого та середнього бізнесу <i>Г. В. Біловол, О. Р. Жукотський, В. І. Ромодан., А. О. Сасенко.....</i>	49
Проект з переведення котельних на більш екологічні види палива <i>П. В. Рукавішников, Т. Д. Завадський.....</i>	51
Цифрові інноваційні рішення поліпшення якості послуг та енергоефективності на залізничному транспорті <i>О. І. Ваганов, Ю. В. Жабінець.....</i>	52
Ранжування заходів з енергозбереження на рейковому електричному транспорті методом MCDA <i>С. І. Яцько, В. М. Ляшенко.....</i>	54
Розрахункове дослідження вироблення теплової енергії геліостанцією <i>В. В. Груша, О. М. Білоус, Т. В. Шевченко, В. В. Савенко</i>	56
Дослідження впливу типу холодоагенту на показники термодинамічного циклу двоступеневої холодильної установки <i>В. В. Ісмайлова, Д. В. Цуркан, О. А. Генний, І. Г. Шкрабіль.....</i>	58
Дослідження впливу джерела генерації енергії на енергоспоживання при опаленні будівлі <i>В. В. Козлов, Б. В. Нурмагомедов, І. І. Костильов, В. В. Олійник...</i>	60
Дослідження впливу енергоефективних заходів для будівлі закладу освіти на емісію парникових газів <i>А. О. Барилко, П. Л. Коваленко, М. В. Слободяник, Д. П. Артеменко...</i>	61
Впровадження альтернативних джерел теплопостачання для громадських будівель <i>І. В. Рохмайл, О. В. Кучерявенко, Б. О. Захаренко, О. В. Василенко ...</i>	63
Проведення енергетичного аудиту та розробка енергоефективних заходів для об'єкта обстеження <i>М. О. Кучер, Т. В. Лисак, В. М. Безсуднов, Р. О. Хардін.....</i>	64
Енергозберігаючі технології при проектуванні теплових мереж <i>П. О. Кучми, В. О. Настенко, В. В. Одай, О. В. Панчук.....</i>	65

Деякі шляхи підвищення енергоефективності будівель <i>Д. В. Переверзєв, І. В. Дейнека, І. І. Сенюк, О. В. Панчук.....</i>	67
Energy saving analysis and thermal performance evaluation of boilers <i>I. Redko, Y. Burda, S. Zadorozhnyi, V. Biriukov.....</i>	69
Research on the energy efficiency of solar panels <i>I. Redko, Y. Burda, A. Yeremenko, S. Hordiienko.....</i>	70
Analysis of an energy-efficient condensing boiler design <i>I. Redko, T. Lavrinov, I. Shukhat, E. Semerynskyi.....</i>	71
Вибір рішення підвищення потужності котельні заводу <i>О. О. Дорофєєв, А. В. Вовна, В. Є. Кадневський.....</i>	73
Підвищення використання коксового газу як палива ТЕЦ <i>Р. В. Ткаченко, Р. Г. Шупіло, В. Є. Кадневський.....</i>	75

Секція ТЯГОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Автоматизована система відео контролю взаємодії токоприймача з контактною мережою електричного рухомого складу <i>Ю. Є. Калабухін, О. В. Артеменко.....</i>	76
Виробнича логістика компанії alstom transport та особливості її впровадження <i>О. В. Устенко, В. І. Павлов.....</i>	77
Нейромережева модель моніторингу стану тягових двигунів локомотивів <i>О. М. Ананьєва, М. М. Бабаєв, М. Г. Давиденко, В. В. Панченко..</i>	79
Підвищення енергоефективності асинхронного електроприводу з перетворювачем частоти <i>В. П. Нерубацький, Д. А. Гордієнко.....</i>	81
Features of the use recuperation braking on electric rolling stock of DC railways <i>V.P. Nerubatskyi, D.A. Hordiienko.....</i>	83

Напрямки розвитку високошвидкісного руху <i>О. В. Устенко, О. О. Гончар, А. І. Григоров</i>	85
Класифікація технічного стану колісно-редукторного блоку електропоїзда методом машинного навчання <i>В. Г. Пузир, С. В. Михалків, О. Ю. Саутін</i>	87
Удосконалення системи збудження збуджувача тягового генератора тепловозів серії 2ТЕ116 <i>В. Г. Пузир, О. М. Обозний, А. С. Залата</i>	89
Підвищення енергетичної ефективності використання високошвидкісних поїздів <i>Д. С. Жалкін, С. Л. Вальков, . О. Москвицький, С. Л. Ткаченко</i> ...	90
Підвищення паливної економічності та надійності роботи маневрових тепловозів <i>Д. С. Жалкін, С. М. Карачун, М. С. Романченко</i>	92
Формування адаптивної системи утримання прискореного рухомого складу в умовах України <i>О. С. Крашенінін, О. М. Обозний, О. О. Анацький</i>	94
Обґрунтування стратегії організації ремонту локомотивів на основі наявних ресурсів <i>О. С. Крашенінін, О. О. Шапатіна, М. О. Калитинська, Я. В. Лихоліт, Р. М. Галюк</i>	96
Застосування інформаційних технологій у процесах ремонту локомотивів <i>О. М. Обозний, О. С. Галущенко, Є. А. Манько, В. Ю. Іванов, Д. В. Онищенко</i>	98
Аналіз шляхів підвищення безпеки руху тягового та моторвагонного рухомого складу <i>О. М. Обозний, Т. В. Крикунова, Д. М. Дзюбчук, А. А. Сиров</i>	100
Підвищення ефективності використання енергоресурсів у локомотивному депо <i>А. Л. Сумцов, Д. Є. Пилипишин, О. О. Мірчевський</i>	101
Ультразвукове діагностування гальм високошвидкісного рухомого складу <i>А. Л. Сумцов, М. С. Сидоренко</i>	103

Підвищення енергоефективності роботи трс шляхом управління триботехнічними характеристиками системи колесо-рейка <i>П. О. Харламов, С. С. Клинковський</i>	105
Виявлення резервів економії енерговитрат в локомотивному господарстві <i>О. О. Анацький, Є. О. Васенко, М. О. Гуленко, А. Р. Нежувака, Ю. А. Степаненко</i>	107
Шляхи удосконалення технології ремонту дизельного двигуна тепловоза <i>О. О. Анацький, Ю. Д. Дрига, В. О. Лисенко, Ю. М. Музичук, О. М. Озмитель</i>	109
Підвищення ресурсу деталей локомотивів <i>О. В. Клименко, В. В. Фролов, Д. С. Савчук</i>	110
Підвищення зносостійкості циліндро-поршневої групи локомотивних гальмівних компресорів КТ6, КТ7 <i>В. І. Коваленко</i>	112
Ефективність статистичних індикаторів у визначенні технічного стану підшипників кочення <i>О. В. Бабіченко, О. О. Гореславський</i>	114
Підвищення зносостійкості елементів колісно-моторного блоку електровозу ВЛ11 за рахунок застосування металоплакуючих мастильних матеріалів <i>М. С. Бугайов</i>	115
Упровадження в процес ремонту колісних пар електровозів технології об'ємно-поверхневого загартування бандажів <i>Р. С Запорожець</i>	117
Використання спектральних методів для виявлення частот зубозачеплення тягового редуктора <i>В. О. Клименко, А. В. Івненко, О. О. Миргородський, Я. Я. Світленко</i>	120
Підвищення ефективності маневрових тепловозів ЧМЕЗ шляхом заміщення частини дизельного палива воднем <i>В. Л. Красовський</i>	121
Визначення переваг гідрореверсивної передачі маневрових тепловозів <i>Я. С. Прутян</i>	122

СЕКЦІЯ

ВАГОНИ: КОНСТРУЮВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ

УДК 629.454.2

ПІДКОНТРОЛЬНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ РУХОМОГО СКЛАДУ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ

TEST OPERATION OF RAILWAY VEHICLES. MAJOUR ASPECTS

М. О. Багров

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

М. О. Bahrov

*State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
(Kremenchuk)*

ДСТУ ГОСТ 31538 [1] визначає наступні стадії життєвого циклу залізничного рухомого складу: визначення вихідних вимог (маркетингові дослідження, розробка технічних вимог, оцінка і вибір постачальників), розробка (НДР, ДКР, створення дослідного зразка та його випробування), виробництво (постановка на виробництво, підготовка та освоєння серійного виробництва, оцінка відповідності), експлуатація (використання за призначенням, технічне обслуговування, ремонти), модернізація (ДКР на модернізацію, розробка, виробництво, експлуатація), утилізація (вилучення із експлуатації, демонтаж, видалення відходів). Стадії життєвого циклу тісно пов'язані з різноманітними заходами контролю, одним із яких є підконтрольна експлуатація.

Практично на кожному етапі життєвого циклу до залізничного рухомого складу застосовуються різноманітні заходи контролю, одним із яких є підконтрольна експлуатація.

В 3.46 ДСТУ ГОСТ 15.902 [2] визначено, що підконтрольна експлуатація – це експлуатація заданої кількості виробів у відповідності до чинної експлуатаційної документації, що супроводжується додатковим контролем та обліком технічного стану виробів з метою оцінки відповідності залізничного рухомого складу встановленим вимогам.

Відповідно до 8.3.2 [2] підконтрольна експлуатація рухомого складу із установочної серії, за необхідності, може проводитись на етапі освоєння виробництва. За вимогами 8.3.10 [2] виробник під час постановки продукції на виробництво результати підконтрольної експлуатації представляє кваліфікаційній комісії. При цьому, в окремих випадках за рекомендацією приймальної комісії на підконтрольну експлуатацію можуть бути направлені дослідні зразки до отримання сертифіката відповідності за наявністю доказової бази та забезпечення безпечної експлуатації. Рухомий склад із установочної

серії направляється в підконтрольну експлуатацію за наявністю сертифіката відповідності (вимога 8.4.5 [2]).

Порядок організації підконтрольної експлуатації залізничного рухомого складу наведений в додатку Д [2].

Крім того, заходи підконтрольної експлуатації можуть застосовуватися для затвердження типу рухомого складу за модулем CV із модулів оцінки відповідності у сфері залізничного транспорту, затверджених Постановою КМУ [3].

В опису модуля CV, наведеного в ст. 104-116 [3], встановлені вимоги, відповідальність та порядок дій виробника, його уповноваженого представника, призначеного органу з оцінки відповідності, вимоги до заявки на оцінку відповідності, технічної документації, що надається із заявкою, звітних документів, процесу оцінки відповідності, офіційних документів з оцінки відповідності (сертифікатів, декларації про відповідність тощо).

В умовах правового режиму воєнного стану згідно з Постановою КМУ [4] АТ «Укрзалізниця» отримала право виконувати функції з обліку та контролю залізничного рухомого складу, продукції залізничного призначення з урахуванням норм ДСТУ ГОСТ 32894 [5].

Із 3 лютого 2024 року набуває чинності Постанова КМУ [6], тобто фактично розпочинають діяти Технічні регламенти у сфері залізничного транспорту.

З цього часу АТ «Укрзалізниця» буде мати можливість на законних підставах, у повній мірі застосовувати до виробників та постачальників продукції залізничного призначення вимоги ДСТУ ГОСТ 32894 [5], вимоги 8.4 [2] у поєднанні з обов'язковими вимогами Технічних регламентів [4].

Розширення відомчої системи контролю, в свою чергу пов'язано із труднощами, які обов'язково виникатимуть під час багатоступеневого контролю відповідними структурами, що не буде сприяти розвитку вітчизняного виробництва, розробці інноваційних конструктивних рішень, впровадженню прогресивних ресурсо- та енергозберігаючих технологій.

На жаль наявність великої кількості контролюючих структур на відомчому рівні не дає 100 % гарантії забезпечення безаварійної експлуатації рухомого складу, призводить тільки до додаткової витрати часу та створює передумови для виникнення корупції. Виникає враження про явно не європейський підхід до оцінки відповідності у сфері технічного регулювання. Тому виникає потреба його перегляду та актуалізації в найближчій перспективі.

[1] ДСТУ ГОСТ 31538:2016 Цикл життєвий залізничного рухомого складу. Загальні вимоги (ГОСТ 31538-2012, IDT).

[2] ДСТУ ГОСТ 15.902:2017 (ГОСТ 15.902-2014, IDT) Система розроблення та постановлення продукції на виробництво. Залізничний рухомий склад. Порядок розроблення та постановлення на виробництво.

[3] Про затвердження модулів оцінки відповідності у сфері залізничного транспорту: Постанова Кабінету Міністрів України від 4 жовтня 2018 р. № 797 / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/797-2018-%D0%BF#Text>

[4] Про організацію обліку та контролю залізничного рухомого складу, продукції залізничного призначення. Постанова Кабінету Міністрів України від 14 лютого 2023 р. № 133 / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/133-2023-%D0%BF#Text>

[5] ДСТУ ГОСТ 32894:2016 (ГОСТ 32894-2014, IDT) Продукція залізничного призначення. Інспекторський контроль. Загальні положення.

[6] Про внесення змін до Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту і Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорт. Постанова Кабінету Міністрів України від 26 січня 2022 р. № 53 / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/53-2022-%D0%BF#Text>

**ПІДКОНТРОЛЬНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЯК СКЛАДОВА
ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ
ВИМОГАМ ТЕХНІЧНОГО РЕГЛАМЕНТУ**

**TEST OPERATION AS A CONSTITUENT PART OF
CONFORMITY ASSESSMENT OF ROLLING STOCK
TO THE TECHNICAL REGULATIONS REQUIREMENTS**

*Н. П. Герко, К. Л. Жихарцев, Ж. О. Семко
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут
вагонобудування» (Кременчук)*

*N. P. Herko, K.L. Zhykhartsev, Zh. O. Semko
State enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
(Kremenchuk)*

Оцінка відповідності продукції вимогам технічних регламентів є важливим аспектом системи технічного регулювання України, законодавчі вимоги якої відповідно до Закону України Про технічні регламенти та оцінку відповідності [1] направлені на захист життя та здоров'я людей, тварин і рослин, охорону довкілля та природних ресурсів, забезпечення енергоефективності, захист майна, забезпечення національної безпеки та запобігання підприємницькій практиці, що вводить споживача (користувача) в оману.

Для виконання вимог закону [1] в сфері залізничного транспорту було прийнято два технічних регламенти: Технічний регламент безпеки рухомого складу залізничного транспорту [2], Технічний регламент безпеки інфраструктури залізничного транспорту [3] та Модулі оцінки відповідності у сфері залізничного транспорту [4]. Модулями оцінки відповідності [4] передбачена процедура оцінки відповідності шляхом застосування модулю CV - затвердження типу на підставі дослідної (підконтрольної) експлуатації. Обов'язковість застосування одного із модулів чи комбінації модулів встановлена у додатку 1 до технічного регламенту [2] відповідно до Постанови КМУ від 26.01.2022 № 53 [5].

Відповідно до пункту 3.46 ДСТУ ГОСТ 15.902 [6] підконтрольна експлуатація – це експлуатація заданої кількості виробів у відповідності до чинної експлуатаційної документації, яка супроводжується додатковим контролем і врахуванням технічного стану виробів з метою оцінки відповідності залізничного рухомого складу (РС) або складової частини залізничного рухомого складу (СЧ) встановленим вимогам.

Особливість модулю CV полягає в тому, що обов'язковою частиною технічної документації, яка повинна надавати змогу провести оцінку відповідності вимогам нормативних документів, в якій описуються проект, виробництво, технічне обслуговування і експлуатація продукції з урахуванням

умов її використання та технічного обслуговування, та яка має бути подана із заявкою на проведення оцінки відповідності є програма дослідження щодо затвердження типу за допомогою дослідної (підконтрольної) експлуатації, яка повинна включати:

- заходи щодо введення складової у дослідну (підконтрольну) експлуатацію;
- строк виконання програми дослідної (підконтрольної) експлуатації;
- умови дослідної (підконтрольної) експлуатації та очікувану програму обслуговування;
- спеціальні випробування під час практичної експлуатації, що виконуються;
- розмір партії зразків (більше ніж один зразок);
- програму інспектування (характер, кількість та частота перевірок, зміст документації, яка використовується під час інспектування);
- критерії допустимих дефектів та їх вплив на програму;
- інформацію, що буде внесена до звіту компанії (компаній), що здійснювала (здійснювали) експлуатацію.

Оцінку відповідності за модулем CV здійснюють за рекомендацією приймальної комісії, з метою підтвердження заявлених розробником показників РС. В такому випадку дослідні зразки РС можуть бути направлені в підконтрольну експлуатацію до отримання сертифікатів відповідності чи декларацій про відповідність на РС і його певні складові частини відповідно до вимог національного законодавства або інших зобов'язань, які витікають із міжнародних договорів. У випадку проведення підконтрольної експлуатації з використанням об'єктів інфраструктури програма та методика підконтрольної експлуатації РС, полігони обігу РС для проведення підконтрольної експлуатації мають бути узгоджені із володільцем інфраструктури. Порядок організації підконтрольної експлуатації РС наведено в додатку Д [6].

Таким чином, оцінка відповідності за модулем CV з метою підтвердження відповідності РС (СЧ) встановленим вимогам є процедурою, виконання якої може бути рекомендовано приймальною комісією відповідно до 8.4.5 [6] або на підставі вимог, що наведені у відповідних нормативно-правових актах [1] - [5].

[1] Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України від 15 січня 2015 р. № 124-VIII // База даних «Законодавство України»/ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text>

[2] Про затвердження Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту: Постанова Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 р. № 1194 / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1194-2015-%D0%BF#Text>

[3] Про затвердження Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту: Постанова Кабінету Міністрів України від 11 липня 2013 р. № 494 / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/494-2013-%D0%BF#Text>

[4] Про затвердження модулів оцінки відповідності у сфері залізничного транспорту: Постанова Кабінету Міністрів України від 4 жовтня 2018 р. № 797 / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/797-2018-%D0%BF#Text>

[5] Про внесення змін до Технічного регламенту безпеки інфраструктури залізничного транспорту і Технічного регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорт. Постанова Кабінету Міністрів України від 26 січня 2022 р. № 53 / URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/53-2022-%D0%BF#Text>

[6] ДСТУ ГОСТ 15.902:2017 (ГОСТ 15.902-2014, IDT) Система розроблення та постановлення продукції на виробництво. Залізничний рухомий склад. Порядок розроблення та постановлення на виробництво. – Чинний від 11.07.2017. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 36 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ
МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ВАГОНІВ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО
СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦІ ГРУЗІЇ**

**STUDY OF THE TECHNICAL CONDITION OF LOAD-BEARING METAL
STRUCTURES OF ELECTRIC TRACTION
VEHICLES OF GEORGIAN RAILWAY**

*Ю. С. Павленко, О. М. Білецький, О. І. Войтенко
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут
вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») (Кременчук)*

*Yu. S. Pavlenko, O. M. Biletzkyi, O. I. Voitenko
State Enterprise “Ukrainian Scientific Railway Car Building
Research Institute” (SE “UkrNDIV”) (Kremenchuk)*

Експлуатаційний парк тягового електрорухомого складу (ЕРС) залізниці Грузії на даний час представлений електропоїздами постійного струму виробництва компаніями Stadler Rail AG (Швейцарія), CSR Nanjing Puzhen (Китай) та Ризького вагонобудівного заводу (Латвійська Республіка). Даний рухомий склад був придбаний в різні роки, має різний вік експлуатації та відповідно знаходиться в різному технічному стані. Більшу половину експлуатаційного парку, який використовується в приміських перевезеннях, складають електропоїзди Ризького вагонобудівного заводу, побудовані ще в часи колишнього СРСР. Призначений строк служби таких вагонів складає 32 роки, тому на даний час вагони, які вислужили призначений строк служби, не експлуатуються. Можливість продовження їх експлуатації потребує відповідного обґрунтування.

З іншого боку, придбання нового ЕРС в достатній кількості на заміну того, що вислужив призначений строк, потребує значних фінансових витрат. Тому Грузинська залізниця сьогодні вимушена шукати рішення, які є альтернативними придбанням нового ЕРС. Одним з таких рішень є продовження строку експлуатації наявного ЕРС з модернізацією окремих вузлів та агрегатів, у першу чергу того, що вислужив призначений строк.

Науково-експериментальні дослідження за цим напрямком проводились у наукових роботах [1, 2]. Результати досліджень продовження експлуатації залізничного рухомого складу та оцінки його залишкового ресурсу, що експлуатувався в умовах залізниці Грузії, в цих роботах не наводяться.

Мета роботи – проведення науково-експериментальних досліджень технічного стану вагонів тягового ЕРС, їх несучих металоконструкцій з метою визначення фактичного залишкового ресурсу та прийняття обґрунтованого рішення про доцільність проведення модернізації з продовженням строку експлуатації обстежених вагонів різних моделей та років побудови.

У травні 2023 року спеціалістами ДП «УкрНДІВ» були проведені на коліях Грузинської залізниці науково-експериментальні дослідження металокопструкцій кузовів вагонів електропоїздів типу ЭР2, побудованих у 1979-1984 роках.

Як показав досвід експлуатації електропоїздів типу ЭР2 на коліях Грузинської залізниці, металокопструкції кузовів вагонів таких поїздів не мають суттєвих пошкоджень, тому їх технічний стан після експлуатації протягом призначеного терміну фахівці залізниці оцінюють як задовільний.

В процесі досліджень був експериментально визначений залишковий ресурс кузовів вагонів електропоїздів типу ЭР2, як показник потенційної можливості металокопструкцій кузовів вагонів зазначеного типу продовжувати експлуатуватися після закінчення призначеного строку служби, проведено обстеження технічного стану всіх наданих вагонів та з використанням результатів досліджень визначений фактичний залишковий ресурс кожного.

Результати проведених досліджень оброблялись та аналізувались, відповідно до положень «Інструкції поетапного подовження строку служби несучих копструкцій МВРС». За результатами аналізу результатів досліджень оформлено технічні рішення щодо можливості подальшої експлуатації обстежених вагонів, у якому був встановлений новий термін служби для кожного.

За результатами обстеження технічного стану вагонів було встановлено, що механічні пошкодження елементів їх металокопструкцій кузовів практично відсутні. Лише в зоні розташування туалетів виявлені значні локальні корозійні пошкодження на шворневій балці. При цьому загальний технічний стан зазначеної балки є повністю задовільним.

Виявлені корозійні пошкодження основних несучих елементів металокопструкцій (балок рам) мають локальний характер та не перевищують, відносно номінальних товщин елементів: 3-4 % для хребтових та шворневих балок; 4-6 % для поперечних балок; 2-4% для бокових поясів, 2-5 % для консольних частин рами. Що стосується стояків кузовів (підвіконних та проміжних), то максимальні значення їх локальних корозійних пошкоджень знаходяться в межах 3-7 %, обшивки кінцевих (лобових) стін – в межах 5 %, обшивки дахів – в межах 6-12 %.

Загальна оцінка технічного стану металокопструкцій кузовів всіх обстежених вагонів є позитивною. Тому, можна стверджувати, що обстежені металокопструкції кузовів вагонів електропоїздів типу ЭР2 мають незначні пошкодження механічного та корозійного характеру.

Висновки. Визначений за результатами проведених експериментальних досліджень фактичний залишковий ресурс кожного з обстежених вагонів електропоїздів типу ЭР2 дозволяє проводити вказаним вагонам модернізацію з продовженням строку експлуатації на 5 років.

[1] Мямлін, С.В., Рейдемейстер, О.Г., Калашник, В.О. (2015). Науково-технічне обґрунтування продовження терміну служби пасажирських вагонів після КВР. Вагонний парк, 11-12 (104-105), 4 – 7.

[2] Мартинов, І.Е., Труфанова, А.В., Павленко, Ю.С., Сергієнко, М.О. (2018). Аналіз технічного стану пасажирських вагонів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Транспортне машинобудування, 45 (1321), 41–46.

**ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ІЗ
ЗВАРНОЮ ХРЕБТОВОЮ БАЛКОЮ**

STRENGTH STUDY OF FREIGHT CARS WITH A WELDED CENTER SILL

*К.т.н., А. О. Сулим, к.т.н., П. О. Хозя,
С. О. Столетов, О. О. Мельник
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут
вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») (м. Кременчук)*

*A. O. Sulym, PhD (Tech.), P. O. Khozia, PhD (Tech.),
S. O. Stolietov, O. O. Melnyk
State Enterprise “Ukrainian Scientific Railway Car Building
Research Institute” (SE “UkrNDIV”) (Kremenchuk)*

Внаслідок збройної агресії російської федерації у вітчизняних вагонобудівних підприємств виник гострий дефіцит прокатаного металу та зетового профілю через знищення єдиного потужного виробника такої продукції в Україні – ПРАТ «МК «АЗОВСТАЛЬ». За таких умов вітчизняними вагонобудівними підприємствами в якості альтернативного варіанту запропоновано застосування на вантажних вагонах хребтових балок зварної конструкції з листового прокату замість зетового профілю. При цьому актуальним постало питання дослідження міцності конструкції вантажних вагонів із зварними хребтовими балками та підтвердження строку служби цих вагонів.

До цього часу в існуючих дослідженнях [1–3] розглядалось питання удосконалення типової конструкції хребтових балок. Також в роботах [4, 5] запропоновано принципово нові технічні рішення виконання хребтових балок для вантажних вагонів. Однак в існуючих дослідженнях міцності якості вантажних вагонів із хребтовими балками зварної конструкції не розглядались.

ДП «УкрНДІВ» на замовлення ТОВ «Дослідно-механічний завод «Карпати», ТОВ «ПОЛТАВВАГОН», ТОВ «Полтавський тепловозремонтний завод» виконано комплекс робіт з оцінювання міцності та ресурсу металоконструкції для восьми вантажних вагонів із зварними хребтовими балками, що включали в себе проведення статичних випробувань на міцність від дії вертикальних, квазістатичних навантажень та навантажень, що виникають під час ремонту і обслуговуванні вагона, а також випробування на співудар.

За результатами проведення комплексу робіт встановлено:

а) максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції від навантажень, які виникають під час ремонту та обслуговування вагона:

– в режимі підйомки порожнього кузова під кінці балки шворневої по діагоналі вагона зафіксовані в балці хребтовій в зоні шворневої балки та становлять – 87,7 МПа, що дорівнює 30,0 % від допустимої величини;

– в режимі підйомки завантаженого кузова під один кінець балки шворневої зафіксовані в балці хребтовій в зоні шворневої балки та становлять – 184,9 МПа, що дорівнює 63,2 % від допустимої величини;

– в режимі підйомки завантаженого кузова під два кінці шворневої балки зафіксовані в балці шворневій та становлять – 142,7 МПа, що дорівнює 46,0 % від допустимої величини;

б) максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції вагона від квазістатичних навантажень:

– за I розрахунковим режимом зафіксовані в балці шворневій та становлять 298,1 МПа, що дорівнює 96,0 % від допустимої величини;

– за III розрахунковим режимом зафіксовані в балці шворневій зі сторони консольної частини вагона та становлять 194,4 МПа, що дорівнює 99,7 % від допустимої величини;

в) максимальні сумарні напруження під час випробувань нормативними силами на співудар зафіксовані в балці шворневій та становлять 336,0 МПа, що дорівнює 97,4 % від допустимої величини.

Також за результатами проведення квазістатичних випробувань, випробувань на співудар та випробувань від дії вертикальних навантажень під час скидання з клинів вантажних вагонів зі зварною хребтовою балкою були отримані експериментально-розрахункові значення коефіцієнтів запасу опору втомі в елементах конструкції, які підтвердили заявлені строки служби досліджуваних вагонів.

Висновки. Результати виконаних комплексних досліджень підтвердили можливість використання на вантажних вагонах хребтових балок зварної конструкції. Рекомендовано під час кожного виду планового ремонту вантажних вагонів із зварними хребтовими балками проводити огляд стану конструкції та зварних швів хребтової балки.

[1] Vatulia, G., Falendysh, A., Orel, Y., Pavliuchenkov, M. (2017). Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages. *Procedia Engineering*, 187, 301 – 307. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.379>

[2] Кебал, Ю.В., Шатов, В.А., Тьокотев, О.М., Мурашова, Н.Г. (2017). Удосконалення конструкції вагона-хопера для перевезення зерна. *Збірник наукових праць ДЕУТ. Серія «Транспортні системи і технології»*, 30, 113–122.

[3] Фомін, О.В., Ловська, А.О., Сова, С.С., Литвиненко, А.С. (2022). Визначення навантаженості несучої конструкції вагона-хопера з двотрубною хребтовою балкою та композитними складовими. *Наукові вісті Далівського університету*, 23. <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2022-23-15>

[4] Fomin, O., Lovska, A., Skliarenko, I., Klochkov, Yu. (2020). Substantiating the optimization of the load-bearing structure of a hopper car for transporting pellets and hot agglomerate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/7 (103), 65–74. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.193408>

[5] Ловська, А.О., Фомін, О.В., Рибін, А.В. (2021). Дослідження динамічної навантаженості несучої конструкції піввагона з пружно-в'язким наповнювачем у хребтовій балці. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*, 3 (93), 59 – 66. <https://doi.org/10.15802/stp2021/242038>

**ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ
ВАНТАЖНОГО ВАГОНБУДУВАННЯ**

**CHALLENGING ISSUES OF FURTHER DEVELOPMENT IN FREIGHT
CARS MANUFACTURING INDUSTRY**

*К.т.н., О. М. Сафронов, к.т.н., А. О. Сулим, В. В. Ільчишин
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут
вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») (м. Кременчук)*

*O. M. Safronov, PhD (Tech.), A. O. Sulym PhD (Tech.), V. V. Ilchyshyn
State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building
Research Institute" (SE "UkrNDIV") (Kremenchuk)*

Вантажне вагонобудування, як і вся українська промисловість наразі, переживає складні часи внаслідок збройної агресії російської федерації. Проте, незважаючи на це, вітчизняні вагонобудівні підприємства не тільки продовжують серійно виготовляти існуючі моделі вантажних вагонів, а й активно працюють над розробкою нових. Основну стратегію свого подальшого розвитку вітчизняні вагонобудівники вбачають у зміні ринку збуту своєї продукції шляхом переорієнтації на внутрішнього та європейського замовників.

Проблемні питання розвитку галузі вітчизняного вантажного вагонобудування та шляхи їх вирішення неодноразово порушувались у роботах Гайдука О.Н., Гаховича Н.Г., Герасимчука В.Г., Донченка А.В., Липисієнка А.П., Пшінька О.М. та інших [1-3]. Однак в цих роботах реалії сьогодення, а саме вплив збройної агресії російської федерації на розвиток вітчизняної галузі вантажного вагонобудування не розглядався.

Метою роботи є визначення основних проблемних питань подальшого розвитку галузі вантажного вагонобудування з урахуванням наслідків збройної агресії російської федерації та запропонувати шляхи для їх вирішення.

За результатами звернень вітчизняних вагонобудівних підприємств, аналізу інформації з відкритих джерел, участі у нарадах з виробниками вантажних вагонів, семінарах, науково-практичних конференціях визначено такі основні проблемні питання подальшого розвитку галузі вантажного вагонобудування:

- виробничі потужності багатьох підприємств знищені або зупинені;
- недостатнє забезпечення вагонобудівних підприємств прокатним металом та литими деталями;
- порушення логістичних маршрутів доставки комплектуючих;
- падіння обсягів перевезення вантажів та доходів у внутрішніх замовників вантажних вагонів;
- темпи старіння та списання вантажного рухомого складу випереджають темпи його оновлення;
- необхідність адаптації вантажних вагонів вітчизняного виробництва до

європейських стандартів з шириною колії 1435 мм;

– нагальність та необхідність імпортозаміщення комплектуючих вантажних вагонів;

– необхідність створення повноцінного діючого регуляторного органу в країні, рішення якого визнавалися залізницями інших країн з шириною колії 1520 мм, оскільки участь у роботі Ради по залізничному транспорту держав учасниць Співдружності є неможливою.

З огляду на масштабність та необхідність якомога швидшого вирішення цих питань потрібне першочергове створення з боку держави, зокрема центральних органів виконавчої влади, що забезпечують та реалізують державну політику у сфері транспорту та промислової політики, ефективних заходів та прийняття відповідних ініціатив на законодавчому рівні з урахуванням зазначених викликів в галузі на даний час. Такими заходами та ініціативами мають стати наступні:

– створення державних цільових програм щодо стимулювання виробництва вантажних вагонів та їх комплектуючих вітчизняними підприємствами та ефективного контролю за їх виконанням;

– розроблення вимог до мінімального рівня локалізації виробництва вантажного вагона під час здійснення закупівель (напр., на рівні 95 %), що спонукатиме іноземних виробників до розміщення виробничих потужностей на території України;

– розроблення комплексної програми оновлення з визначенням чітких джерел фінансування та гарантованого відсотку компенсації від держави за розробку сучасного інноваційного вантажного вагона від вітчизняного виробника;

– розроблення та запровадження державних цільових програм інвестування, кредитування, лізингу з встановленням помірних відсоткових ставок;

– розроблення нових або доопрацювання існуючих норм та порядків з урахуванням виходу України з Ради по залізничному транспорту держав учасниць Співдружності. При цьому з метою підтримання безпеки руху та функціонування процесу стабільного перевезення вантажів залізничним транспортом на період розроблення нових та доопрацювання існуючих нормативних документів ввести тимчасові правила в умовах дії воєнного стану;

– розроблення нормативних документів для ефективного функціонування створеного регуляторного органу та визнання його рішень іншими країнами.

Висновки. В сучасних умовах вирішити проблемні питання галузі вантажного вагонобудування та нарощення виробництва вантажних вагонів вітчизняними підприємствами неможливо без створення ефективного механізму державно-приватного партнерства шляхом реалізації відповідних ініціатив та контролю за їх виконанням.

[1] Гахович, Н. Г. Розвиток вітчизняного вагонобудування та його перспективи. Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/12/51.pdf>

[2] Гайдук, Н. О., Пшінько, О. М. (2010). Оновлення рухомого складу як пріоритетний напрямок інвестиційної діяльності «Укрзалізниці». Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ, 35, 219–222.

[3] Донченко, А. В. (2013). Стратегія розвитку транспортного машинобудування для залізниць України. Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 139, 16–24.

[4] Герасимчук, В. Г., Липисієнко, А. П. (2018). Тенденції розвитку машинобудівного комплексу України. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія «Міжнародні економічні відносини та світове господарство», 19, 1, 75–79.

ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

CURRENT PROSPECTS FOR IMPROVING FREIGHT CARS DESIGN

К.т.н., А. О. Сулим, А. М. Стринжа, В. М. Полулях, В. В. Федоров
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут
вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») (м. Кременчук)

A. O. Sulym PhD (Tech.), A. M. Strynzha, V. M. Poluliakh, V. V. Fedorov
State Enterprise “Ukrainian Scientific Railway Car Building
Research Institute” (SE “UkrNDIV”) (Kremenchuk)

Відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 року № 430-р одними із пріоритетних задач розвитку залізниць є удосконалення конструкцій рухомого складу та використання в експлуатації сучасного інноваційного рухомого складу. Важливим напрямком вирішення цих задач є ефективне використання конструктивних можливостей вантажних вагонів [1]. У цій роботі пропонується проаналізувати основні напрямки можливого удосконалення конструкції вантажних вагонів шляхом огляду та аналізу наукових публікацій; охоронних документів; технічної та конструкторської документації на вантажні вагони, науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт останнього періоду.

За результатами огляду виконаних досліджень останнього періоду встановлено такі напрямки удосконалення конструкції вантажних вагонів:

– застосування нових матеріалів та класів сталей підвищеної міцності під час виготовлення як вантажних вагонів, так і окремих його комплектуючих, що сприятиме підвищенню міцності та надійності, збільшенню строків між проведенням ремонтів та строку служби;

– удосконалення існуючих та створення принципово нових типів несучих конструкцій вантажних вагонів, в побудові яких застосовуються інноваційні раціональні технічні рішення, що дозволить замінити застарілі конструкції, покращити техніко-економічні показники вантажних вагонів;

– максимально ефективно використання габариту, у тому числі міжвагонного простору, що дозволить збільшити вантажопідйомність та об'єм кузова вагона;

– розроблення широкої номенклатури вантажних вагонів з осьовим навантаженням 25 тс, що дозволить збільшити вантажопідйомність та об'єм кузова вантажного вагона, зменшити коефіцієнт тари;

– створення шестивісних вантажних вагонів зчленованого типу широкої номенклатури з осьовим навантаженням 23,5 тс та 25 тс, що дозволить збільшити вантажопідйомність та об'єм кузова;

– розроблення вантажних вагонів з використанням візків та комплектуючих

деталей до них нового покоління, а також інших знімних вузлів і механізмів покращеної конструкції, що дозволить підвищити безпеку, покращити динаміку і плавність руху вантажного вагона, збільшити строки його міжремонтних пробігів;

- зміцнення несучих конструкцій вантажних вагонів та окремих комплектуючих деталей з метою підвищення їх надійності, досягнення рівномірного навантаження елементів несучої конструкції та збільшення строку служби за рахунок зменшення пошкоджень від навантажень під час експлуатації;

- створення багатофункціональних вантажних вагонів, здатних перевозити широку номенклатуру вантажів. Багатофункціональність конструкцій цих вагонів полягає у можливості їх використання в якості критого вагона, напіввагона, фітингової вагон-платформи тощо. Впровадження багатофункціональних вантажних вагонів дозволить в значній мірі зменшити коефіцієнт порожнього пробігу та підвищити ефективність перевезення вантажів залізницею;

- підвищення міцності конструкцій довгобазних вагонів-платформ;

- створення конструкції вагона-платформи для перевезення великотоннажних контейнерів в два яруси;

- розроблення нових типів вантажних вагонів для інтермодальних, інтегрованих, комбінованих перевезень;

- застосування новітніх технологій збірки та зварювання, що дозволить зменшити вплив вагонобудівних підприємств на навколишнє середовище, трудомісткість та вартість виготовлення вагонів.

За результати комплексного аналізу технічної та конструкторської документації нових моделей вантажних вагонів, що проходили постановку на виробництво вітчизняними підприємствами протягом останнього періоду часу, встановлено такі основні вектори удосконалення конструкції: зміцнення, удосконалення існуючих та створення принципово нових типів несучих конструкцій вантажних вагонів; максимально ефективно використання габариту, у тому числі міжвагонного простору; розроблення номенклатури вантажних вагонів з осьовим навантаженням 25 тс; підвищення міцності конструкцій довгобазних вагонів-платформ, застосування новітніх технологій збірки та зварювання.

Висновки. На даний час вітчизняні вагонобудівні підприємства виконують розробки нових та удосконалюють існуючі конструкції вантажних вагонів, які направлені головним чином на підвищення вантажопідйомності, міцності, надійності, збільшення міжремонтних інтервалів, строку служби, об'єму кузова, зменшення коефіцієнта тари, трудомісткості, експлуатаційних витрат, що в цілому дозволяє підвищити безпеку перевезень на залізничному транспорті та зменшити вартість життєвого циклу вантажного вагона. При цьому перспективними напрямками удосконалення конструкції залишаються створення вагонів з застосуванням нових матеріалів і сплавів, інших класів сталей підвищеної міцності, інноваційних візків нового покоління, а також розроблення багатофункціональних вагонів, створення шестивісних вантажних вагонів зчленованого типу широкої номенклатури з осьовим навантаженням 23,5 тс та 25 тс, вагонів-платформ для перевезення великотоннажних контейнерів в два яруси, вагонів для інтермодальних та комбінованих перевезень.

[1] Фомін, О. В. (2013). Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва: монографія / О.В. Фомін. Донецьк, ДонІЗТ, УкрДАЗТ, 251.

**СПОСОБИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ НА
РУХОМОМУ СКЛАДІ МЕТРОПОЛІТЕНУ З КОНДЕНСАТОРНИМИ
НАКОПИЧУВАЧАМИ**

**METHODS OF ENERGY PROCESSES MANAGEMENT ON METRO
ROLLING STOCK WITH CAPACITOR ENERGY STORAGES**

К.т.н., А. О. Сулим

*Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут
вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ») (м. Кременчук)*

В. О. Sulym PhD (Tech.)

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

Першочерговим напрямком поліпшення техніко-економічних характеристик рухомого складу метрополітену є впровадження на ньому енергозберігаючих технологій, енергоощадних систем і обладнання. Особливо актуальним питання заощадження енергоресурсів постало після повномасштабного вторгнення військ російської федерації, коли розпочалось знищення об'єктів енергетичної інфраструктури. Одним із перспективних напрямків подальшого розвитку рухомого складу метрополітену є впровадження на ньому конденсаторних накопичувачів. Впровадження цих накопичувачів дозволить заощадити на рівні 8–40 % обсягів електроенергії, що споживається цим рухомих складом [1, 2].

Встановлено, що останнім часом роботи за цим напрямком активно публікуються та є актуальними. За результатами цих досліджень визначено, що на даний час найбільш перспективним виглядає застосування конденсаторних накопичувачів незначної потужності та енергоємності. При цьому одним із важливих завдань подальших досліджень є розробка ефективної системи керування енергетичними потоками. Детальний аналіз існуючих досліджень [1–4] дозволив встановити, що питанню синтезу способів керування енергетичними процесами на рухомому складі метрополітену достатньої уваги не приділялось. Тому, в цій роботі поставлено за мету розглянути саме це питання.

За результатом проведення робіт за цим напрямком виконано наступне.

1. Вперше запропоновано нову концепцію керування енергетичними процесами на рухомому складі метрополітену з конденсаторними накопичувачами, яка передбачає можливість використання накопиченої енергії як за штатної роботи системи енергозабезпечення, так і аварійної за відсутності живлення в контактній мережі, що в цілому дозволить підвищити безпеку руху та ефективність перевізного процесу в метрополітені.

2. Синтезовано три способи керування енергетичними процесами під час

руху поїзда метрополітену в режимі тяги за штатної роботи системи енергозабезпечення:

- за максимального використання накопиченої електроенергії та мінімального споживання електроенергії з контактної мережі;
- за швидкістю руху поїзда метрополітену або обмеження споживання електроенергії з контактної мережі;
- за обмеження споживання електроенергії з контактної мережі залежно від заданої сили тяги, завантаженості та кількості накопиченої енергії.

Проаналізовано переваги і недоліки кожного із синтезованих способів керування. Встановлено, що найбільш перспективними є способи, за яких відбувається максимальне використання накопиченої електроенергії та обмежується споживання електроенергії з контактної мережі залежно від заданої сили тяги, завантаженості та кількості накопиченої енергії.

Також синтезовано способи керування енергетичними процесами під час руху поїзда в режимі гальмування за штатної роботи системи енергозабезпечення та в режимі тяги – за аварійної роботи (відсутнє живлення в контактній мережі).

3. Розроблено алгоритм керування енергетичними процесами для синтезованих способів керування під час руху поїзда метрополітену з конденсаторними накопичувачами в режимі тяги, вибігу, рекуперативного гальмування за штатної та аварійної роботи системи енергозабезпечення метрополітену.

4. Досліджено енергетичні процеси на прикладі характеристик заданого типу конденсаторного накопичувача та поїзда метрополітену, що складається з вагонів моделей 81-7080, 81-7081, 81-7081-01, що дозволило визначити закономірності енергообмінних процесів між контактною мережею, силовим електричним обладнанням поїзда та конденсаторними накопичувачами залежно від застосованого способу керування та режиму ведення поїзда з урахуванням прийнятих ідеалізованих припущень.

Подальші дослідження необхідно зосередити на розробці імітаційної моделі в середовищі MATLAB для дослідження енергетичних процесів на рухомому складі з конденсаторними накопичувачами як за штатної, так і аварійної роботи системи енергозабезпечення метрополітену, з метою оцінки ефективності кожного із синтезованих способів керування енергією.

[1] Сулим, А.О. (2023). Підвищення ефективності використання електроенергії рекуперативного гальмування поїздів метрополітену шляхом впровадження бортових емнісних накопичувачів енергії : монографія / А.О. Сулим. Кременчук: ДП «УкрНДІВ», 105 с.

[2] Khodaparastan M., Mohamed Ahmad A., Brandauer W. (2019). Recuperation of regenerative braking energy in electric rail transit systems. IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, 20, 8, 2831–2847. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2886809>

[3] Yatsko, S., Sidorenko, A., Vashchenko, Ya., Lyubarskyi, B., Yeritsyan, B. (2019). Method to improve the efficiency of the traction rolling stock with onboard energy storage. International journal of renewable energy research, 9, 2, 848–858.

[4] Ratniyomchai, T., Hillmansen, S., Tricoli, P. (2014). Recent developments and applications of energy storage devices in electrified railways. IET Electr. Syst. Transp., 4, 1, 9–20. <https://doi.org/10.1049/iet-est.2013.0031>

**SIMULATION OF THE DYNAMICS OF OSCILLATIONS
OF ONE MODEL OF THE RAIL CARRIAGE**

*V. V. Kovalchuk, PhD (Tech.)
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

The study of the dynamics of rolling stock at the current stage of development of the railway industry is one of the current areas of scientific research. The tasks that are solved at the same time make it possible to determine the conditions for the safe transportation of goods and passengers under the condition of increasing the speed of train movement. When improving the mathematical modeling of rail crews and calculation methods, it is necessary to take into account that the dynamics of the car are determined by a complex set of interconnected phenomena.

At the moment, scientists are looking at different mathematical models that correspond to different types of rail carriages and suspension systems. They also take into account the dynamic interaction of the car and the rail track. All these models allow you to carry out engineering calculations taking into account certain features and to investigate the influence of various parameters depending on the task.

An important factor in the study of the dynamics of cars is that the forces acting on the elements of the rail carriages have a complex structure from the point of view of mathematical classification. The corresponding mathematical model includes dissipative, gyroscopic, potential and non-conservative positional forces.

In this work, for the study of vertical oscillations, the railcarriage is modeled by a mechanical system of solid bodies, which are connected to each other by rigid and elastic elements. It is taken into account that the model consists of a wagon body, which is supported by an additional (secondary) suspension system to a bogie. The bogie is in turn connected to wheel-sets through a primary suspension system. Both suspension systems are modeled with an appropriate number of vertical and horizontal spring-damping units [1].

The following initial data were adopted for the considered model:

m_i, I_i – masses and moments of inertia of the wagon-body and bogie,

c_i – stiffness of the spring suspension bushing spring and the central spring of the spring suspension,

μ_i – coefficients of relative damping of dampers.

In general, 16 degrees of freedom are used to describe such a model. In this work, we will consider a system with three degrees of freedom for the study of vertical oscillations. We take for generalized coordinates z_i – the coordinates of the linear vertical movements of the centers of mass of the wagon-body and bogie, φ – the coordinate of angular movement. With respect to these coordinates, we define

general expressions for kinetic and potential energy and use Lagrange's equation of the second kind.

To study the vertical oscillations of the considered mechanical system, the differential equations can be presented in matrix form:

$$M \cdot \frac{d^2 z}{dt^2} + C \cdot \frac{dz}{dt} + K \cdot z = F(t)$$

in which M is the mass matrix, C is the damping matrix, K is the stiffness matrix, $F(t)$ is the force vector.

We assume that the generalized disturbing forces $F_i(t)$ are harmonic functions of time, having the same frequency and different amplitudes [2].

A Maple program was developed to study the dynamic behavior of the system. To illustrate the effect of train speed, several numerical examples are performed in this study. With the help of numerical and qualitative analysis, the critical values of the speed were determined and the influence on the dynamic behavior of the system of the dissipation coefficients of the dampers and the stiffness parameters of the axle box spring and the central spring of the spring suspension was investigated. The developed model and the obtained results allow taking into account the peculiarities of rolling stock and dynamics movement and unevenness of the track in order to establish optimal parameters.

[1] Cao, T. N. T., Reddy, J. N., Ang, K. K., Luong, V. H., Tran, M. T., & Dai, J. (2018). Dynamic analysis of three-dimensional high-speed train-track model using moving element method. *Advances in Structural Engineering*, 21(6), 862-876.

[2] Kuznetsov, B. O., Gozbenko, V. E., Kargapol'Tsev, S. K., Karlina, Y. I., & Karlina, A. I. (2019). Dynamic vibration protection of the railway carriage. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1333, 5, 052018. IOP Publishing.

УДК: 621.362, 629.4.023

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING THERMAL ELECTRIC ELEMENTS FOR RAILWAY ROLLING STOCK

к.т.н., доц., А. Л. Пуларія

Український державний університет науки і технологій

PhD, associate professor A.L. Pulariia

Ukrainian State University of Science and Technologies

Адаптація підприємств нашої країни до вимог сьогодення потребує сучасних підприємств дає змогу впровадження нових енергозберігаючих технічних рішень при виготовленні продукції.

Одним з таких напрямків є використання при проектуванні та будівництві більшості рухомого складу залізниць термоелектричних елементів. В свою чергу термоелектричні елементи можна поділити на термоелектричні: генератори, охолоджувачі та нагрівачі.

Якщо розглядати спрощено то термоелектричний генератор - це пристрій для прямого перетворення теплової енергії на електричну з використанням напівпровідникових термоелементів. Термогенератор у своїй роботі використовує ефект Зеебека, який полягає у появі електрорушійної сили в замкнутому ланцюзі з двох різнорідних матеріалів, якщо місця контактів мають різну температуру. Само явище було відкрите ще 200 років тому. Практичне застосування термогенератори отримали лише в кінці 20 століття. В першу чергу розвиток термоелектричної енергетики почався з епохою дослідження космосу. Тоді на космічних апаратах як джерело струму були використані радіоізотопні термогенератори.

Слід відмітити, що перевагами термогенераторів є: пряма система перетворення енергії, відсутність рухомих частин, великий ресурс роботи, можливість використання теплоти від будь-яких джерел теплової енергії, робота незалежно від орієнтації у просторі. Разом з тим їх широке використання обмежує низький ККД.

Зараз вже відпрацьоване використання термогенераторів у якості автономних джерел живлення у машинобудуванні, медицині (кардіостимулятори) та ін.

Ефект Пельтьє став основою термоелектричних технологій щодо способу отримання холоду та тепла. Він протилежний ефекту Зеебека: це термоелектричне явище перенесення енергії при проходженні електричного струму від зовнішнього джерела у місці з'єднання двох різнорідних провідників. На контакті у цьому випадку або виділяється, або поглинається тепло. Система працює як твердотільний тепловий насос, який передає тепло від однієї частини пристрою до іншої залежно від напрямку струму.

Застосування холодильних установок з фреоновими сумішами стало однією з причин значного порушення екологічного балансу земної атмосфери - руйнування озонового шару. Альтернативою традиційним холодильним системам є термоелектричний метод охолодження. Перевагою термоелектричних охолоджувальних систем є висока надійність, компактність, стійкість до механічних навантажень та вібрації, відсутність систематичних ремонтних робіт. Термоохолоджувальні елементи можуть монтуватися у важкодоступних місцях без встановлення громіздких холодильних машин.

Термоелектричні охолоджувачі набувають все більшого поширення при виготовленні термоелектричних: холодильників, переносних контейнерів, охолоджувачів води, комп'ютерах, інших електричних системах як компактні пристрої охолодження.

Розвиток технологічних можливостей виробників термоелектричної елементної бази дав змогу суттєво здешевити вироби та покращити можливості проектування та монтажу.

Проаналізована можливість використання термоелектричних елементів для забезпечення роботи таких систем рухомого складу залізниць як, електричне обладнання, опалення, охолодження, санітарно-технічних, сигналізації.

[1] Федорейко В. С. Використання термоелектричних модулів у теплогенераторних когенераційних системах / В. С. Федорейко, М. І. Рутило, І. Б. Луцик, Р. І. Загородній // Науковий вісник Національного гірничого університету. - 2014. - № 6. - С. 111-116.

[2] Котирло Г.К., Лобунець Ю.М. Розрахунок та конструювання термоелектричних генераторів та теплових насосів - Київ: Наукова думка, 1980.-300с.

УДК 629.4.027

ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

PREDICTION OF FAILURES OF AXLE BOXES OF FREIGHT WAGONS

Д.т.н., І. Е. Мартинов, аспірант О. Л. Шарий

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*I. E. Martynov, Dr. Sc. (Tech.), O. L. Sharyi, postgraduate student
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Момент виникнення нагріву буксового вузла на шляху прямування з подальшим відчепленням вантажного вагону від поїзду є випадковою подією, причина якої на момент відчеплення невідома. Але для забезпечення безперебійного функціонування залізниці було б доцільним мати прогнозні значення кількості відчеплень.

Прогнозування завжди виконується з використанням значного об'єму інформації. Но 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

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

де y_i – фактичні рівні динамічного ряду;

y_t – теоретичні значення рівнів динамічного ряду;

K_s – коефіцієнт сезонності;

E – коефіцієнт впливу випадковості.

Сезонність характеризує коливання протягом календарного року, при згладжуванні рівнів ряду (y_i) 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

$$\check{y}_i = \frac{1}{12} \sum y_{12}. \quad (2)$$

Згладжені рівні (\check{y}_i) характеризують зміну числа відчеплень вагонів, в яких вже відсутній вплив сезонності. Сезонність необхідно вимірювати у абсолютних величинах $S_i = y_i - \check{y}_i$ та у вигляді коефіцієнту сезонності

$$K_{Si} = \frac{y_i}{\check{y}_i}. \quad (3)$$

Середні показники сезонності (з урахуванням спостережень за декілька років) обчислюються як

$$\bar{K}_j = \frac{1}{n} \sum K_{Si}. \quad (4)$$

Виключення сезонності дає можливість отримати більш очевидну тенденцію. Щоб виключити сезонну компоненту, необхідно розділити фактичний рівень на коефіцієнт сезонності. Таким чином будуть отримані значення рівнів ряду, обумовлені тенденцією разом із випадковою складовою.

Далі виконується аналітичне вирівнювання отриманих даних для отримання рівняння тренду.

Тоді формула (1) приймає наступний вигляд

$$y_i = y_t \times \bar{K}_s \times \bar{E}_i \times \bar{F}_j \times \bar{L}, \quad (5)$$

де y_i – фактичні рівні динамічного ряду;
 y_t – теоретичні значення рівнів динамічного ряду;
 \bar{K}_s – коефіцієнт сезонності;
 \bar{E}_i – коефіцієнт впливу випадковості;
 \bar{F}_i – коефіцієнт впливу тенденції;
 \bar{L} – середнє значення коефіцієнту впливу тенденції.

Тобто кількість відчеплень вантажних вагонів через відмови буксових вузлів необхідно розглядати як випадкову величину, яку обумовлена впливом тенденції, сезонності та випадковості.

Для отримання рівняння тренду доцільно використовувати поліноміальні рівняння.

Зазначена модель була реалізована за допомогою даних про відчеплення вагонів через відмови роликівих букс, зібраних на вагоноремонтних підприємствах Південно-Західної залізниці.

Отримані результати можуть бути використані для обґрунтування необхідної кількості об'ємів колісних пар для забезпечення своєчасного відновлення працездатності вагонів.

АКУСТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ КОЛІСНИХ ПАР ВАГОНІВ ПІД ЧАС РУХУ ТА МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗВУКОВИХ СИГНАЛІВ

ACOUSTIC MONITORING OF RAILWAY CAR WHEEL-PAIRS IN OPERATION AND METHODS OF SOUND SIGNALS RECOGNITION

*К.т.н., В. В.Бондаренко, к.т.н. Д. І.Скуріхін
Український державний університет залізничного транспорту*

*V. V. Bondarenko, PhD (Tech.), D. I. Skurikhin, PhD (Tech.)
Ukrainian State University of Railway Transport*

Одними з головних причин, що призводять до катастроф, аварій та значних матеріальних витрат на залізничному транспорті, є дефекти коліс та буксових вузлів вагонів. У зв'язку з цим вкрай важливим завданням є достовірне і точне виявлення їх на ранній стадії за допомогою сучасних автоматичних систем [3].

У дослідженні розглядається нова бортова діагностична система пасажирського вагона, що призначена для виявлення дефектів колісних пар, в основі якої лежить метод акустичного контролю.

Принцип дії полягає у наступному. Під кузовом пасажирського вагона кріпляться мікрофони, за допомогою яких в автоматичному режимі здійснюється запис та аналіз частотного діапазону акустичного сигналу від коліс та буксових підшипників з відомими частотами їх дефектів, виходячи з конструкції, геометричних розмірів та швидкості руху поїзда. При автоматичному виявленні дефекту, у службове купе та на наземний пункт моніторингу подається відповідний звуковий та світловий сигнал, або інше повідомлення [1, 2, 4].

Дана бортова акустична діагностична система є більш точною та ефективною на відміну від існуючих наземних акустичних діагностичних систем, оскільки останні мають ряд недоліків та обмежень. Проблеми з достовірністю діагнозу наземних акустичних систем контролю виникають переважно через негативний вплив на точність ефекту Доплера, що проявляється переважно під час прямування поїзду з великою швидкістю поруч з нерухомими мікрофонами.

Подальшим розвитком досліджень є аналіз та вибір більш сучасних методів обробки звукових сигналів для розпізнавання дефектів у ходових частинах вагонів.

Останнім часом все більшого поширення набувають задачі розпізнавання звуку, зображень, відео, переважно на транспорті, виробництві, для забезпечення інформаційної безпеки, у побуті, тощо. Серед нових методів, що застосовуються у таких задачах, слід виділити методи машинного навчання, як найбільш популярні та перспективні (рис.1) [5].

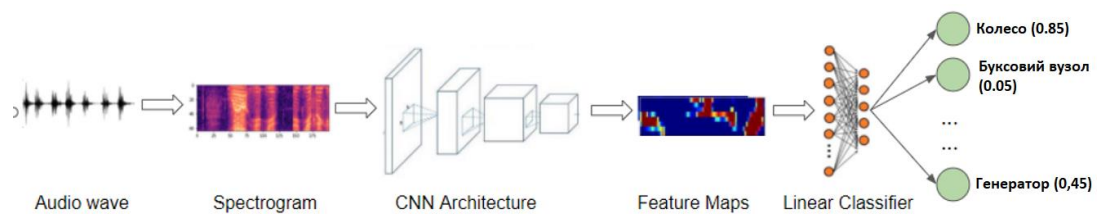


Рис.1 Приклад класифікації звукового сигналу за допомогою алгоритму глибинного навчання

У подальшій роботі розглядається можливість застосування алгоритмів глибинного машинного навчання на базі нейронних мереж для класифікації акустичних даних, отриманих від ходових частин пасажирських вагонів, з метою розпізнавання дефектів, насамперед, на поверхні кочення колісних пар, підшипників буксових вузлів, генератора, редукторно-карданної передачі.

- [1] Спосіб дистанційного акустичного контролю рейкового рухомого складу під час руху . Пат. 95863 Україна МПК В61К 9/08 (2006.01), G01S 5/14(2006.01) / Бондаренко В.В., Візник 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., Скуріхін, Д.І., Мосійчук, Т.В. (2013). Розроблення та випробування макетного зразка пристрою акустичного контролю колісних пар. Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 141, 83 – 87.
- [3] Скуріхін, Д. І. (2014). 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, 143 .
- [4] Onboard Acoustic Diagnostic System of railway vehicle [Електронний ресурс] : відеохостинг YouTube. Режим доступу до матеріалу - <https://youtu.be/hWA4xnJubH0>.
- [5] Audio Deep Learning Made Simple: Sound Classification, Step-by-Step [<https://towardsdatascience.com/audio-deep-learning-made-simple-sound-classification-step-by-step-cebc936bbe5>].

УДК 629.45.016.56

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ КУЗОВА ЖОРСТКО-КУПЕЙНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНУ

*докт. техн. наук І. Е. Мартинов, канд. техн. наук А. В. Труфанова
асп. С. І. Мартинов, асп. Я. В. Остапенко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

THE STUDY OF THE STRESS STATE OF THE RIGID-COUPÉ PASSENGER CAR BODY

*Dr. Sc. (Tech.) I. E. Martynov, A. V. Trufanova, PhD
postgraduate student S. I. Nartynov, postgraduate student Y. V. Ostapenko
Ukrainian State university of railway transport (Kharkov)*

Підвищення швидкостей руху на залізницях України є першочерговим завданням, вирішення якого дозволить здійснити інтеграцію залізничного транспорту до міжнародної транспортної системи. Особливо гостро це питання

стосується пасажирських перевезень, оскільки переважна більшість парка пасажирських вагонів вичерпала свій ресурс.

Для визначення можливості продовження терміну служби були виконані розрахунки на міцність вагону жорстко-купейного вагону моделі 47Д. Розрахунки кузова на міцність виконувались за допомогою методу кінцевих елементів з використанням програмного комплексу ANSYS у відповідності з вимогами [1]. Кузов розглядався як система стрижневих та пластинчастих кінцевих елементів. Розрахункова схема наведена на рис. 1.

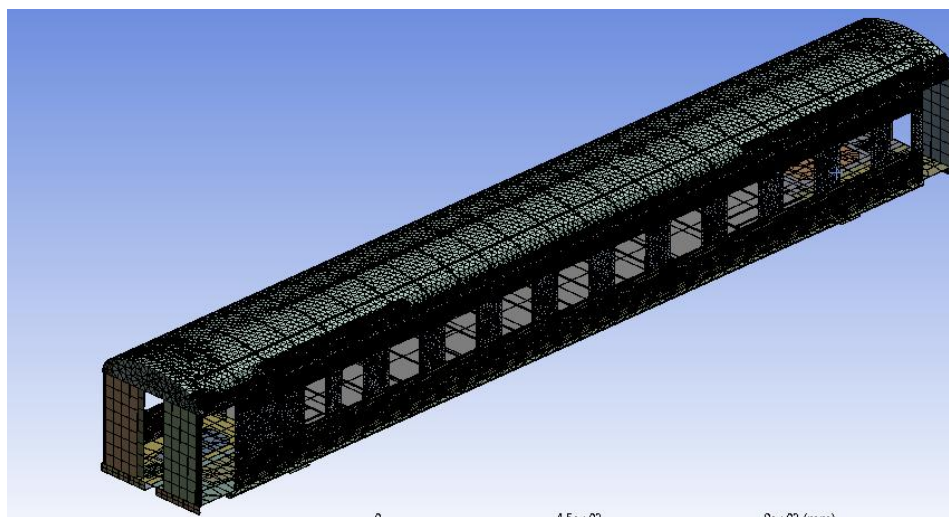


Рис. 1. Розрахункова схема кузова пасажирського вагону моделі 47Д

Як стрижні розглядалися стояки та верхня обв'язка бічних стін, дуги даху та ін. Рама кузова, нижня обв'язка, обшивка бічних стін, торцеві стіни, обшиву даху та настил підлоги моделювалися за допомогою пластинчастих кінцевих елементів.

Стрижневі скінчені елементи працюють на розтяг (стиснення), вигин, кручення і зсув. Плоскі кінцеві елементи працюють на вигин (як пластини) і на розтяг (стиснення) під дією сил, лінії дії яких лежать у серединній площині.

Всього розрахункова схема містить 1659958 вузлів і 722470 скінчених елемента.

Державним стандартом [1] передбачають необхідність розрахунків за трьома розрахунковими режимами:

- I розрахунковий режим відповідає торканню з місця, екстремому гальмуванню при малих швидкостях руху, зіткненню при маневровій роботі тощо;
- II розрахунковий режим – руху поїзда на розрахунковому підйомі (для пасажирських вагонів при включенні їх до складу вантажних поїздів);
- III розрахунковий режим – руху з конструкційною швидкістю та регульовальним гальмуванням.

Кожному з цих розрахункових режимів відповідає комбінація навантажень, які додаються до кузова вагону. Можна виділити три групи: подовжні, вертикальні та бічні навантаження.

Спочатку проводився розрахунок кузова за стандартних товщин обшивки. Отримані результати порівнювали з експериментальними даними. Схожість результатів підтвердила правильність створеної моделі.

Аналіз напружено-деформованого стану при різних варіантах модернізації показав, що кузов пасажирського вагона має достатній запас міцності. Напруження, що виникають у найбільш навантажених місцях, не перевищують допустимих значень для конструкційних сталей, що застосовуються.

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

УДК 629.463.65:621.863

ВИВАНТАЖЕННЯ З ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПІВВАГОНІВ НАСИПНИХ ВАНТАЖІВ УДОСКОНАЛЕНИМ СПОСОБОМ ПЕРЕКИДАННЯ

UNLOADING BULK CARGOES FROM RAILWAY GONDELLA CARS USING AN IMPROVED TIPPING METHOD

К.т.н, Р. І. Візньак

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

R. I. Viznyak PhD. (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

При вивантаженні з напіввагонів (НПВ) насипних вантажів у промислових умовах способом перекидання, основними видами пошкоджень несучої конструкції при завищених величинах навантажень, що діють на НПВ, є зміни обшивки, обриви і вигін стійок кузова, прогини верхньої обв'язки в місцях контакту з упорами вагоноперекидача, деформація торцевих стійок, випадання пружин ресорного підвішування ходових частин (*вагонних візків*), центруючих балочок і маятникових підвісок ударно-центруючих приладів автозчепного обладнання (СА-3), також чек гальмових колодок [1, 2].

Як відомо, всі типи СРВП працюють по принципу обертання вагону навколо свого центру тяжіння, тому навантаження, що діють на кузови НПВ можуть враховуватися за деякими наближеннями ідентичними. Це наступні види навантажень: ударне навантаження на бокову стіну НПВ, під час прилягання боковою стіною до привалочної плити, і характеризується величиною кута повороту ротора на $9-16^{\circ}$; навантаження, що приходиться на верхній обв'язувальний пояс кузова НПВ при контакті з верхніми упорами СРВП, поворот до початку стійкого опорожнення кузова НПВ, - на 56° ; ударні навантаження від переміщення мас шарів вантажу, що змерзається, або злежується; навантаження, що розподілені на верхній обв'язувальний пояс НПВ при монолітному стані вантажу; при вивантаженні на верхній обв'язувальний

пояс від упорів СРВП внаслідок перерозподілу центру тяжіння вантажу у НПВ; на торцеві секції кузовів в результаті нерівномірного прилягання кузова до верхніх упорів СРВП; сили ваги на вільні елементи конструкції НПВ, а точніше, пружини, клинові гасильники коливань, запобіжні чеки гальмових колодок, деталі ударно-центруючих приладів автозчепного обладнання та відчинення торцевих дверей, кришок люків у випадках послаблення запірних пристроїв і т.п.; сукупні сумарні навантаження, з перелічених вище у різних комбінаціях, що часто приводить до різного роду пошкоджень кузовів НПВ.

Для проведення досліджень напружено-деформованого стану (НДС) кузова НПВ і виконання етапів математичного моделювання фізичного процесу ударного контакту кузова НПВ з привалочною плитою СРВП разом зі співробітниками ПАТ «КВБЗ», було побудовано скінчено – елементну модель (СЕМ) кузова НПВ, моделі 12-7023, який має «глухондону» конструкцію, і саме призначений для розвантаження на СРВП, на відміну від універсальних конструкцій, які мають кришки розвантажувальних люків у підлозі і можуть також розвантажуватись гравітаційним способом, тобто, під дією власної ваги сипучих і навалювальних вантажів [2, 5]. СЕМ кузова НПВ представлена набором окремих підконструкцій, що об'єднані в загальний ансамбль (рис. 2). Модель складається з 16677 вузлів і 28412 скінчених елементів (СЕ). При складанні СЕМ кузова НПВ були використані об'ємні СЕ елементи типу „оболонка”, чого було достатньо для описання складових частин кузова.

На (рис.1.) представлена розрахункова схема кузова НПВ при повороті платформи СРВП на $12,5^{\circ}$ з розподіленням експлуатаційних навантажень поміж елементами кузова НПВ.

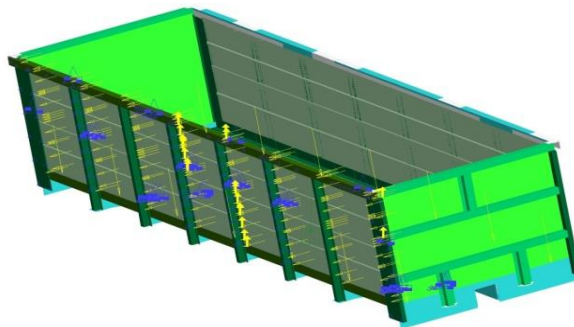


Рис.1. Розрахункова схема кузова НПВ при повороті платформи СРВП на $12,5^{\circ}$

Для вирішення задачі забезпечення збереження, міцності і надійності НПВ при навантажувально – розвантажувальних роботах, а також підвищення продуктивності розвантаження, кафедрою «Вагони», а зараз вже – «Інженерія вагонів та якість продукції», УкрДУЗТ, розроблений і запатентований у свій час новий технічний засіб розвантаження НПВ – вагонперекидач підвісного типу (ВПТ) [3, 4]

Для аналізу отриманих результатів були опрацьовані графічні залежності, одну з яких показано на (рис.2.), тобто відображено залежність величин напружень і переміщень від кута повороту системи – СРВП-НПВ-НВ.

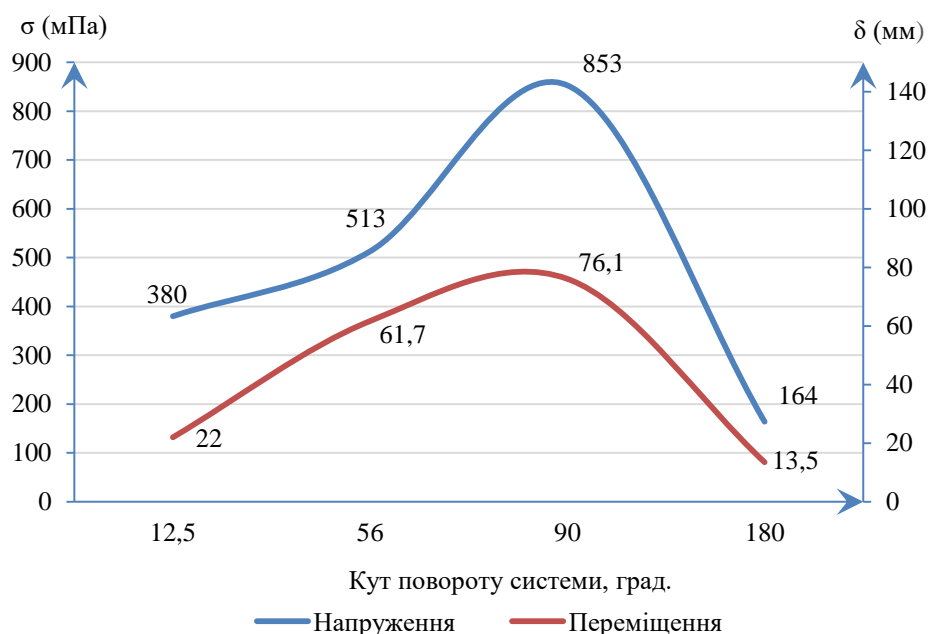


Рис. 2. Максимальні еквівалентні напруження і переміщення у середньому прольоті бокової стіни кузова НПВ

З результатів дослідження НДС кузова НПВ, що відтворені протоколами проведених розрахунків, величини максимальних еквівалентних напружень в місцях з'єднання обшивки бокової стіни кузова зі стійками, а також у середній частині листів обшивки, відповідно кінцевих і середніх секцій кузова НПВ. Ці величини наближаються до 400 МПа, що перевищують припустимі 275-295 МПа приблизно на 25%; максимальні величини переміщень на початковій стадії розвантаження вже зараз дорівнюють 22-29 мм, що при прогнозованому тенденціальному змінненні процесу подальшого перекидання, неминуче приведе до утворення остатніх деформацій несучої конструкції кузова НПВ [1, 2].

[1] ДСТУ ГОСТ 22235: 76:2010:2015 Вагонивантажнімагістральнихзалізничнихдоріжокколії 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).

[2] 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)

[3] 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., Визняк Р.І. (Україна); УкрДАЗТ. №201203065; Заявл. 16.03.2012. Опубл. 10.08.2012. Бюл. №6. – 9 С.

[4] Пат. 38112 Україна, МПК⁷ В65G67 / 48. Вагоноперекидач: Пат. 38112 Україна, МПК⁷ В65G67 / 48 / Головка В.Ф., Венцель С.С., Деркач І.А., Визняк Р.І. (Україна); УкрДАЗТ. №1771-III. Заявл. 30.05.2000. Опубл. 16.12.2002. Бюл. №12. – 8 С. URL: <https://uapatents.com/patents/viznyak-ruslan-ivanovich> (last access: 28.10.2021).

[5] Визняк Р.І. Дослідження особливостей взаємодії рухомого складу з технічними засобами вантажно-розвантажувальних робіт у залізнично-водному сполученні: Грант Президента України для підтримки наукових досліджень молодих учених.-Дог. № JP/F11/0070 від 21.01.06// № держ. р. 0106U004123.- Харків : УкрДАЗТ, 2006.-144с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1279/2005> (дата звернення: 29.10.2021).

**ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ПРОГРЕСИВНОЇ СИСТЕМИ ЯКОСТІ НА
ВАГОНОРЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

**ON THE QUESTION OF THE DEVELOPMENT OF A PROGRESSIVE
QUALITY SYSTEM AT WAGONS REPAIR ENTERPRISES**

К.т.н., Д. І. Волошин, к.т.н., Л. В. Волошина

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

D. I. Voloshyn PhD(Tech.), L. V. Voloshyna PhD(Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

За останні роки була зафіксована стратегія створення інтегрованого до світової транспортної мережі безпечно функціонуючого та ефективного транспортного комплексу України [1]. Тому актуальною науково-технічною задачею вважається створення прогресивної системи управління якістю продукції в умовах вагоноремонтних підприємств.

Система менеджменту якості є підсистемою управління промисловим підприємством. Сучасні виробничі системи базуються на принципах TQM і широко застосовують сертифікацію за ISO 9001. При цьому сертифікація оснований на проведенні незалежних аудитів третьою стороною.

Велике розповсюдження стандарту базується на тому, що в ньому містяться узагальнені вимоги (принципи) до організації контролю якості продукції, які можуть бути використані на підприємствах, що значно відрізняються як за спеціалізацією, так і за масштабом виробництва. Але відсутність врахування спеціалізованих виробничих умов не дає можливості компенсації критичних факторів впливу на якість продукції.

Для того щоб поставити всіх учасників ринку – операторів залізниць, виробників, ремонтників рухомого складу і постачальників у взаємовигідні умови, був розроблений єдиний міжнародний стандарт – IRIS [2].

Для ефективного використання інструментів забезпечення якості ремонту вагонів необхідним вважається використання сучасних систем підтримки прийняття управлінських рішень. Вони дозволяють у реальному часі здійснювати моніторинг виробничих процесів.

При прийнятті рішень необхідно використовувати формальні методи оцінки їх оптимальності на основі математичного апарату. Фахівець, який приймає рішення, повинен здійснити вибір з кінцевої множини альтернатив A . При цьому наслідки вибору кожної альтернативи створюють відповідну множину майбутніх станів Q . Вибір альтернативи a_i для стану q_i приводить до наслідку c_{ij} , який знаходиться у відповідному просторі S . При цьому зв'язуються стани об'єкта, альтернатива вибору (рішення) і наслідки прийнятого рішення. Цей зв'язок має наступний аналітичний вигляд [3]:

$$A \cdot Q \rightarrow C \quad (1)$$

При введенні двох функцій:

- суб'єктивної імовірності $P(*)$, яка відображає уявлення фахівця про можливі або правдоподібні стани виробничих процесів;
- корисності $U(*)$, що представляє переваги фахівця.

А можливі альтернативи рішень ранжуються за наступним правилом:

$$U(a_i) = \sum_j P(q_j)U(c_{ij}), i = 1, \dots, n \quad (2)$$

Функція $U(*)$ може використовуватися як функція приналежності нечіткій множині. Далі можливим є використання методу нечітких множин для удосконалення систем управління якістю ремонту вагонів на основі розробки окремих алгоритмів управління з таблицями рішень

[1] Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року СХВАЛЕНО розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р.

[2] ISO/TS 22163:2017 «Залізниця. Система менеджменту якості. Вимоги до систем управління бізнесу для підприємств залізничної галузі: ISO 9001:2015 і окремі вимоги, що застосовуються в залізничній галузі». 2017.

[3] Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process. Decision Making for Strategic Decisions. De Felice, F. (Ed.). IntechOpen, 2016.

УДК 629.463.66

ОСОБЛИВОСТІ ОПИМІЗАЦІЇ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТІЙОК КУЗОВА ВАГОНА-ХОПЕРА ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНА

FEATURES OF OPTIMIZATION OF VERTICAL STRUTS OF THE HOPPER WAGON BODY FOR GRAIN TRANSPORTATION

*Д.т.н, С. В. Панченко¹, д.т.н, Г. Л. Ватуля², д.т.н, А. О. Ловська¹,
к.т.н., М. В. Павлюченков¹*

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

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

*S. V. Panchenko¹ Dr. Sc. (Tech.), G. L. Vatulia² Dr. Sc. (Tech.),
A. O. Lovska¹ Dr. Sc. (Tech.), M. V. Pavliuchenkov¹ PhD (Tech.)*

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

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

Транспортна галузь вже тривалий час є генератором розвитку економіки євразійських країн. При цьому найбільш важливою складовою транспортної галузі є залізнична. З метою забезпечення ефективності експлуатації залізничного транспорту важливим є впровадження транспортних засобів з покращеними техніко-економічними, експлуатаційними та екологічними характеристиками.

Одним із найбільш поширених типів вантажів, які перевозяться залізницею є зернові. Перевезення їх здійснюється здебільшого в вагонах-хоперах або контейнерах. Аналіз існуючого парку транспортних засобів для перевезень зернових дозволив виявити ряд суттєвих недоліків, які перешкоджають їх повноцінному ефективному використанню [1, 2]. Насамперед, це збільшена тара, недостатня міцність несучих конструкцій транспортних засобів в умовах експлуатаційних режимів, недосконалість розвантажувальних пристроїв тощо.

Для зменшення тари вагона-хопера при забезпеченні умов експлуатаційної міцності та надійності можливим є удосконалення його кузова. Це сприятиме зменшенню підресореної маси вагона та збільшенню його вантажопідйомності. Тому дослідження, присвячені питанням удосконалення та оптимізації конструкції кузова вагона-хопера є актуальними.

Для удосконалення несучої конструкції вагона-хопера в рамках дослідження обрано прототип – вагон-хопер для перевезень зерна моделі 19-7016. В даній моделі вагона застосовуються вертикальні стійки Т-подібного перерізу у вигляді балок рівного спротиву на згин. Кріплення стійок здійснюється зварюванням до нижнього обв'язування кузова та верхнього. Матеріал виконання стійок – сталь марки 09Г2С.

З метою оптимізації параметрів стійки здійснено відповідні дослідження. Процедура оптимізації передбачала одержання математичних моделей з застосуванням сучасних методів математичного планування експерименту [3]. При цьому цільовою функцією оптимізації є зниження матеріалоемності стійки. Для кожного режиму математичного плану з використанням розрахункової моделі вагона-хопера обчислювалися значення показників, що контролюються: маса стійки m , максимальні еквівалентні напруження σ , які виникають в стійці.

Із використанням отриманих значень m та σ виконувалася їх апроксимація у вигляді поліномів другого ступеня. Коефіцієнти поліномів (їх 10), для кожного показника m та σ , визначалися за значеннями в 10 точках. Таким чином отримано систему 10 рівнянь із 10 невідомими. Розв'язок цієї системи виконувався методом Гаусса. На підставі проведених досліджень встановлено, що маса вертикальної стійки з урахуванням оптимізації її геометричних параметрів на 4,3% менша у порівнянні з існуючою конструкцією.

Важливо сказати, що запропонована оптимізаційна модель дозволяє у подальшому здійснити розрахунки щодо вибору оптимального матеріалу виконання стійки. Це сприятиме додатковому зменшенню матеріалоемності кузова вагона-хопера.

Для визначення міцності кузова вагона-хопера з урахуванням оптимізації параметрів його стійок здійснено розрахунок за методом скінчених елементів. При цьому застосовано програмний комплекс SolidWorks Simulation. Розрахунок здійснено для каркасу кузова як його несучої складової. Графічні роботи по побудові каркасу проводилися в SolidWorks. При складанні скінчено-елементної моделі каркасу застосовано ізопараметричні тетраедри.

Закріплення моделі здійснено за п'ятники. При цьому використовувалося жорстке заземлення. Тобто до уваги не приймалися можливі переміщення п'ятників кузова відносно підп'ятників візків. Розрахунок здійснено для I та III

розрахункових режимів [4]. Результати розрахунку показали, що найбільші напруження в каркасі вагона-хопера виникають при I розрахунковому режимі (стиснення) і складають 262,4 МПа. Дані напруження не перевищують допустимих значень, які для I розрахункового режиму прийнято рівними 310,5 МПа [4]. Максимальні напруження в стійці складають близько 132 МПа.

Отже міцність каркаса забезпечується. Максимальні переміщення виникають у розвантажувальних бункерах і складають 4,7 мм. В середній частині верхнього обв'язування кузова переміщення склали близько 4,65 мм.

Проведені дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування сучасних конструкцій залізничних вагонів з покращеними техніко-економічними показниками.

[1] Ватуля, Г. Л., Ловська, А. О., Мямлін, С. С., Павлюченков, М. В. (2023). Особливості визначення міцності даху вагона-хопера для перевезень зерна. Наукові вісті Дніпровського університету, №24. <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2023-24-7>

[2] Ватуля, Г. Л., Ловська, А. О. (2023). Дослідження міцності обшивки даху вагона-хопера із композиційного матеріалу. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 34 (73). № 4, 120–124. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.3.2/21>

[3] Павлюченков, М. В. (2014). Рационалізація конструкції опорних пристроїв вагонів-цистерн для рідких вантажів. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені В. Лазаряна, №1(49), 151-159. doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002994

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

УДК 656.2.073.235

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ УНІВЕРСАЛЬНОГО КОНТЕЙНЕРА З КАРКАСОМ ІЗ ПРЯМОКУТНИХ ТРУБ

RESEARCH OF THE STRENGTH OF A UNIVERSAL CONTAINER WITH A FRAME MADE FROM RECTANGULAR PIPES

*Д.т.н., А. О. Ловська¹, др. інж., Ю. Герлиці², др. філософії Я. Діжо²,
к.т.н., М. В. Павлюченков¹, к.т.н., А. В. Рибін¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Жилінський університет (м. Жиліна)

*A. O. Lovska¹ Dr. Sc. (Tech.), J. Gerlici² Dr. Ing. (Tech.), J. Dižo² PhD (Tech),
M. V. Pavliuchenkov¹ PhD (Tech.), A. V. Rybin¹ PhD (Tech.)*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²University of Zilina (Zilina)

Контейнерні перевезення вже тривалий час є одним із найбільш успішних симбіозів транспортної взаємодії [1, 2]. У зв'язку з мобільністю конструкцій, перевезення контейнерів здійснюється всіма видами транспорту. Однією з найбільш поширених логістичних схем є перевезення контейнерів залізничним транспортом із послідувачим перевантаженням на палуби залізничних суден.

При цьому перевантаження контейнерів з одного виду транспорту на інший здійснюється за допомогою підйомно-транспортного устаткування – спредери, автовантажувачі тощо. Внаслідок вантажно-розвантажувальних робіт має місце пошкодження контейнерів. До таких пошкоджень відносяться: розрив обшивки, деформація елементів каркасу, обрив зварювальних швів тощо. Дані пошкодження не тільки викликають необхідність додаткових капітальних витрат на експлуатацію контейнерів, зокрема ремонт, а і можуть викликати пошкодження вантажів, що розміщуються в них. Крім того, такі пошкодження загрожують безпеці руху транспортних засобів, які здійснюють перевезення контейнерів. У зв'язку з цим, постає необхідність створення сучасних конструкцій контейнерів з покращеними технічними, в тому числі, експлуатаційними властивостями.

Для зменшення пошкоджень контейнера при експлуатаційних режимах пропонується виготовлення його каркаса із замкнених профілів – квадратні труби (рис. 1). Для обґрунтування доцільності такого впровадження проведено відповідні дослідження на прикладі 24-тонного контейнера (1СС).

З метою визначення параметрів труб каркаса проведено відповідні розрахунки в ПК “Ліра – САПР”. При цьому каркас розглянуто як стрижневу систему. До уваги прийнято дві схеми навантажень каркаса:

- вертикальне навантаження каркаса при його підйомі за верхні кутові фітинги (I режим навантаження);
- повздовжнє навантаження каркаса при перевезенні залізничним транспортом (II режим навантаження).

Для визначення величини повздовжньої сили, яка діє на контейнер при перевезенні залізницею, використано математичну модель, сформовану у попередній роботі авторів [3]. На підставі проведених розрахунків встановлено, що повздовжнє прискорення, яке діє на контейнер, складає близько 20 м/с^2 . Дана величина прискорення врахована при побудові епюр навантаженості каркаса контейнера при II режимі навантаження.

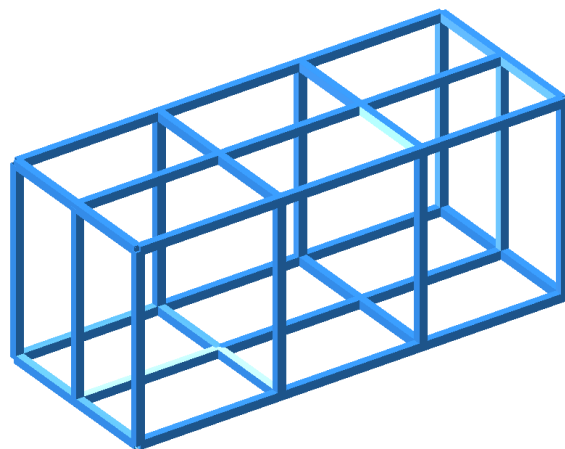


Рис. 1. Каркас контейнера

За побудованими епюрами здійснювалося визначення моменту опору перерізу профілю виконання каркасу контейнера – квадратна труба з такими

параметрами: $H=B=120$ см, $S=4$ мм, $W=67,05$ см³. З урахуванням завданих параметрів маса каркасу контейнера складе близько 500 кг.

На подальшому етапі дослідження побудовано просторову модель каркасу контейнера і здійснено його FEM-аналіз у SolidWorks Simulation.

Результати проведених розрахунків показали, що максимальні напруження мають місце в поперечній балці і складають 197,6 МПа, тобто є нижчими за допустимі [4]. Максимальні переміщення виникають в середній частині повздовжньої балки і складають 1,8 мм. Отже міцність каркаса контейнера при експлуатаційних навантаженнях забезпечується.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій та напрацювань щодо проектування сучасних конструкцій транспортних засобів модульного типу.

[1] Vatulia, G., Lovska, A., Myamlin, S., Stanovska, I., Holofieieva, M., Horobets, V., Nerubatskyi, V., Krasnokutskyi, Y. (2023). Revealing the effect of structural components made of sandwich panel on loading the container transported by railroad. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. №1/7 (121), 48 – 56.

doi: 10.15587/1729-4061.2023.272316

[2] Arkadiusz Rzczycki, Bogusz Wisnicki. (2016). Strength analysis of shipping container floor with gooseneck tunnel under heavy cargo load. Solid State Phenomena. 252, 81 – 90.

[3] Panchenko, S., Gerlici, J., Vatulia, G., Lovska, A., Pavliuchenkov, M., Kravchenko, K. (2023). The Analysis of the Loading and the Strength of the FLAT RACK Removable Module with Viscoelastic Bonds in the Fittings. Applied Sciences. 13(1), 79. <https://doi.org/10.3390/app13010079>

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

УДК 629.463.027.27-048.35

ІННОВАЦІЙНА МЕХАНІЧНА ГАЛЬМОВА СИСТЕМА ВІЗКА – ШЛЯХ ДО УБЕЗПЕЧЕННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ

INNOVATIVE MECHANICAL BRAKE SYSTEM OF THE TROLLEY – THE WAY TO SECURING TRAIN TRAFFIC

Д.т.н, С. В. Панченко¹, д.т.н, А. О. Ловська¹, к.т.н., В. Г. Равлюк¹

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

*S. V. Panchenko¹ Dr. Sc. (Tech.), A. O. Lovska¹ Dr. Sc. (Tech.),
V. G. Ravlyuk¹ PhD (Tech.)*

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

Утримання конкурентоспроможності залізничного транспорту зумовлює необхідність впровадження заходів, спрямованих на підвищення ефективності його експлуатації. Одним із найбільш визначальних факторів при цьому є забезпечення безпеки руху поїздів. Відомо, що надійність роботи гальмового обладнання має визначальну роль в даному питанні.

Аналіз технічного стану механічної частини гальм дозволив встановити, що спостерігається критична ситуація з ненормативним зносом композиційних

гальмових колодок у вантажних вагонах. Під час руху без гальмування масово відбувається шкідливе тертя верхніх кінців колодок по поверхнях кочення коліс вантажних вагонів [1, 2]. Причиною цього є недосконала конструкція гальмової важільної передачі (ГВП) візка у якої через пробіг 3–5 тис. км вагона відбувається відмова пристрою для рівномірного відведення гальмових колодок. Це спричиняє значні збитки як для вантажних перевезень, так і залізничної галузі в цілому. У зв'язку з цим в АТ «Укрзалізниця» і країнах де використовуються трьохелементні візки, виконуються роботи стосовно підвищення надійності гальм за рахунок модернізації елементів їх механічної частини, а також здійснюється удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту гальмового обладнання вагонів [3].

Результати проведених досліджень встановили, що конструктивні зміни ГВП, мають суттєвий розбіг щодо визначених силових навантажень елементів триангельних ГВП [4]. Водночас установлено, що досить раціональним рішенням, яке перш за все можна використовувати для покращення роботи гальм візків, а відповідно й безпеки руху поїздів, є перенесення технологічного отвору розпірки триангеля. На рис. 1 наведено інноваційну механічну гальмову систему візка (ГСВ), у якої шарнір *Б* приєднаний до вертикального важеля та розпірки триангеля і розташований на одній прямій *А-А* з шарнірами маятникових підвісок. Криволінійний стрижень у ковзунах утримує ГСВ постійно у рівновазі, що забезпечує строго рівномірні зазори між колодками та колесами.

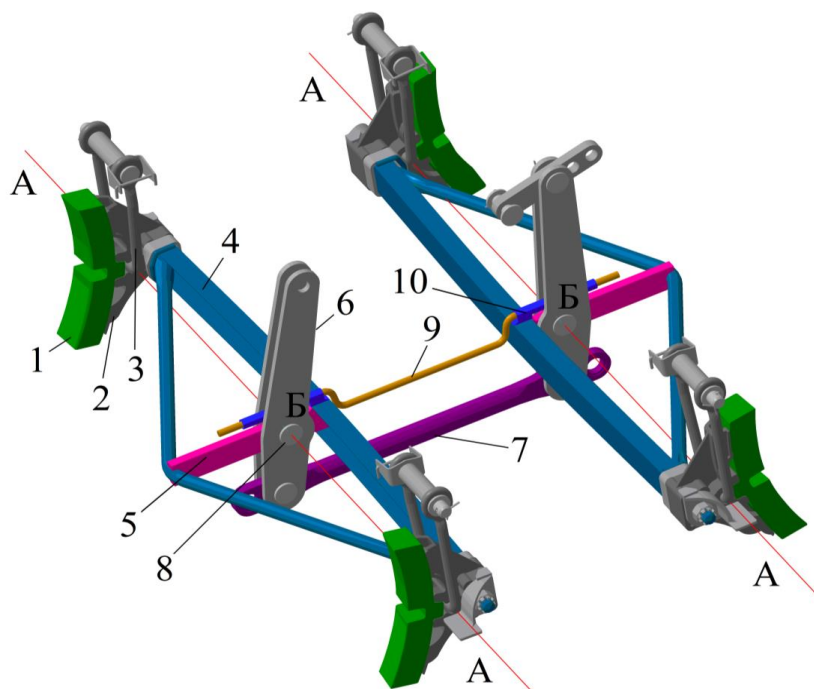


Рис. 1. Інноваційна механічна ГСВ

- 1 – колодка; 2 – башмак; 3 – маятникова підвіска; 4 – триангель; 5 – розпірка;
 6 – важіль; 7 – з'єднання важелів; 8 – шарнірне з'єднання;
 9 – криволінійний стрижень; 10 – циліндричний ковзун

Встановлено, що у результаті удосконалення конструкції ГВП візків модернізовані триангелі працюють більш ефективно, ніж типові. Виконана натурна апробація в умовах експлуатації модернізованої ГВП підтвердила теоретичні напрацювання.

Результати проведених досліджень сприятимуть покращенню безпеки руху поїздів та забезпеченню конкурентоспроможності залізничного транспорту на ринку транспортних послуг.

[1] Panchenko, S., Gerlici, J., Vatulia, G., Lovska, A., Ravlyuk, V., & Harusinec, J. (2023). Studying the load of composite brake pads under high-temperature impact from the rolling surface of wheels. EUREKA: Physics and Engineering, (4), 155-167. doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002994

[2] Равлюк В. Г. (2019). Дослідження особливостей дуального зносу колодок у гальмовій системі вантажних вагонів. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2 (80), 111-126. doi: 10.15802 / stp2019 / 166114

[3] Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015: Затв. нак. Укрзалізниці від 28.10.1997. № 264-Ц. Київ : 2004. 146 с.

[4] Равлюк В. Г., Равлюк М. Г., Гребенюк В. А., Ткачук М. Р. (2019). Визначення факторів, що впливають на надійність роботи гальмової важільної передачі візків вантажних вагонів. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту, 187, 63 – 74.

УДК 629.45.014.66

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ РЕМОНТУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

ON THE ISSUE OF DETERMINING THE COST OF REPAIR OF PASSENGER CARS

К.т.н., А. В. Труфанова

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A. V. Trufanova, PhD. (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Переважна більшість пасажирських вагонів власності АТ "Укрзалізниця" експлуатується вже понад 30 років і практично вичерпала свій ресурс. Це стосується як технічного стану металоконструкцій кузова та рами, так і систем життєзабезпечення.

Намагання працівників пасажирського господарства підтримувати технічний стан пасажирських вагонів у працездатному стані в умовах тотального дефіциту коштів повинні базуватися на пріоритетності робіт, регулярному технічному обслуговуванню (ремонті) та оптимізації ресурсів.

Показник "виробнича собівартість" ремонту пасажирських вагонів є ключовим економічним показником, який визначає вартість виробництва або послуги. Тобто собівартість включає в себе витрати виробничого процесу та ремонтного процесу пасажирських вагонів.

Метою планування собівартості є економічно обґрунтоване передбачення кожного виду ремонту чи припущення витрат на майбутні потреби, які враховують плановані обсяги виробництва та ціни на ресурси.

Метою обліку собівартості ремонту є своєчасне, повне і достовірне визначення фактичних витрат, пов'язаних з проведенням ремонту, обчислення фактичної собівартості окремих видів ремонту, а також контроль за використанням матеріальних, трудових та грошових ресурсів.

Згідно із завданням АТ Укрзалізниця розроблена методика розрахунку для здійснення планування, ведення обліку і складання калькуляції витрат на ремонт пасажирських вагонів у вагоноремонтних підприємствах з метою обґрунтування вимог для складання виробничої собівартості на виконання відповідних робіт та створення рівних умов для ремонту пасажирських вагонів інвентарного парку залізниць України.

Вона встановлює принципи складання калькуляції виробничої собівартості деповського, капітального та капітально-відновлювального ремонту пасажирських вагонів підприємствами й виробничими підрозділами АТ «Укрзалізниця» з урахуванням терміну експлуатації вагонів.

УДК: 629.463.62.015

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЗМІЩЕННІ ВАНТАЖУ

MODELING OF DYNAMIC PROCESSES WITH THE DISPLACEMENT OF CARGO

д.т.н., Л. А. Мурадян, аспірант А. О. Швець

Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)

L.A. Muradian, Dr. Sc. (Tech.), A. O. Shvets, postgraduate student

Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)

Нові умови експлуатації на залізницях України пов'язані з інтеграцією Укрзалізниці в міжнародну систему транспортних коридорів призводять до необхідності розвитку та впровадженню на магістральних лініях технічного прогресу, модернізації рухомого складу, удосконаленню технології перевезень та підвищенню швидкості руху залізничного рухомого складу. Підняття максимальних швидкостей руху поїздів сприятиме прискоренню доставки пасажирів й вантажів, а також збільшенню пропускнуої спроможності залізниць. Підвищення найбільших допустимих швидкостей є одним із засобів для підняття маршрутних швидкостей руху поїздів. Все це дозволить посилити інтеграційні процеси між країнами, але призводить до необхідності контролю та кількісної оцінки динамічної навантаженості рухомого складу для забезпечення безпечного та надійного сполучення на залізницях [1, 2].

Визначення допустимих швидкостей руху й вантажопідйомності, витрати на утримання рухомого складу та колійного господарства, а також збільшення міжремонтних пробігів вагонів суттєво залежать від конструкції й технічного стану вантажного рухомого складу залізниць [3-5].

Безпека руху поїздів та збереження вантажів безпосередньо залежать від способу розміщення й кріплення вантажів. Для стійкості та безпеки транспортування особлива увага приділяється центру ваги (мас), який має бути розташованим на перетині центральних ліній симетрії. Можливе незначне зміщення центру ваги (мас) якщо потрібно перевезти нестандартний вантаж, а також зміщення вантажу відносно осей симетрії вагона при транспортуванні. Під час перевезення вантажів інколи виникає необхідність у несиметричному розташуванні їх у вагоні [6, 7].

Великого значення для подальшого вдосконалення умов перевезень набуває розробка нових науково обґрунтованих допустимих значень зміщень центру ваги (мас) вантажу від осей симетрії вантажного вагону. Під час їх розробки особливу увагу слід приділяти проблемі безпеки руху, оскільки можуть виникати інтенсивні коливання рухомого складу й великі динамічні сили. Дослідження просторових коливань вагона з несиметрично розташованим вантажем у свою чергу призводить до необхідності розробки регіональних, місцевих та непередбачених технічних умов [2, 8].

Дослідження процесів взаємодії рухомого складу та колії експериментальними методами вимагає великої затрати часу та коштів. При розгляді безпеки руху в екстремальних ситуаціях натурні експерименти пов'язані з певним ризиком. Для зменшення натурних досліджень використовується математичне моделювання вивчення процесів взаємодії рухомого складу та колії. Моделювання дозволяє визначити динамічні показники вагонів при їх русі по прямолінійним та криволінійним ділянкам залізничної колії з реальними нерівностями в вертикальній й горизонтальній площинах, з урахуванням реальної поверхні кочення колеса і профілю головки рейки [1, 7].

Метою роботи є проведення теоретичного дослідження динамічної взаємодії кузова вагона-платформи та вантажного візка базової моделі, а також у вивченні стійкості руху при зміщенні центру ваги (мас) вантажу та одночасному підвищенні швидкості руху. При дослідженні просторових коливань вагонів передбачається, що вагон має одноступінчасте ресорне підвішування та складається з 12 твердих тіл: вантажу, кузова, двох надресорних балок, чотирьох бокових рам та чотирьох колісних пар. Схема рами візка передбачається шарнірною. Враховуються пружно-в'язкі та інерційні властивості залізничної колії у вертикальній та горизонтальній площині. Механічна система має 42 ступеня свободи. З урахуванням рівнянь зв'язків складені диференціальні рівняння коливань вагона за допомогою принципу Даламбера [1].

В результаті проведеного дослідження запропоновано математичну модель динамічної взаємодії завантаженої платформи з урахуванням зміщення центру

ваги (мас). Дослідження містить розвиток методів математичного моделювання динамічних процесів взаємодії рухомого складу та рейок.

- [1] Muradian, L., Shvets, A., Shvets, A. (2023). Some dynamic processes at longitudinally-transverse shift of the goods. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 120, 187–204. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.120.12>.
- [2] Shatunov, O.V., Shvets, A. O. (2019). Study of dynamic indicators of flat wagon with load centre shift. *Science and Transport Progress*, 2(80), 127–143. <https://doi.org/10.15802/stp2019/165160>.
- [3] Muradian, L., Pitsenko, I., Shaposhnyk, V., Shvets, A., Shvets, A. (2022). Predictive model of risks in railroad transport when diagnosing axle boxes of freight wagons. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 1–5. <https://doi.org/10.1177/09544097221122043>.
- [4] Shvets, A., Muradian, L., Shvets, A. (2023). Investigation of wear of wheels and rails when the center of mass of cargo in gondola cars shifts. *Advanced Engineering Days*, 7, 109–112.
- [5] Швець, А., Швець, А., Касянчук, В. (2020). Дослідження міцнісних характеристик елемента одиниці рухомого складу. *Вагонний парк*, 1(157), 7–12.
- [6] Швець, А. О. (2018). Вплив поздовжнього та поперечного зміщення центру ваги вантажу в піввагонах на їх динамічні показники. *Наука та прогрес транспорту*, 5(77), 115–128. <https://doi.org/10.15802/stp2018/146432>.
- [7] Shatunov, O. V., Shvets, A. O., Kirilchuk, O. A., Shvets, A. O. (2019). Research of wheel-rail wear due to non-symmetrical loading of a flat car. *Наука та прогрес транспорту*, 4(82), 102–117. <https://doi.org/10.15802/stp2019/177457>.
- [8] Шатунов, О. В., Швець, А. О. (2020). Динаміка зчепу вагонів-платформ під час перевезення довгомірного вантажу. *Наука та прогрес транспорту*, 4(88), 114–131. <https://doi.org/10.15802/stp2020/213381>.

СЕКЦІЯ 2

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

УДК 621.7; 658.5

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF USING RESOURCES AT THE ENTERPRISES OF RAILWAY TRANSPORT BY APPLICATION CONTAINED ENERGY-ENVIRONMENTAL ASSESSMENT TOOL

*К.т.н., Біловол Г.В., Буряк К.Є.,
Семеринська В.В., Черниш О.Г.*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*H.V. Bilovol, PhD (Tech.), K.Y. Buryak, V.V. Semerynska, O.G. Chernysh
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Підрозділи локомотивного та вагонного господарств, будівельно-монтажні та ремонтні підприємства залізниці є досить значними споживачами енергетичних, матеріальних та водних ресурсів. Зменшення обсягів їх використання при забезпеченні виробничих процесів та господарських потреб, одночасно з еконо-мічним ефектом, призводить до зменшення негативного впливу на довкілля [1]. Значною мірою це помітно при розрахунку сумарного забруднення, яке включає:

- шкідливі викиди в атмосферу електростанцією та власними енергетичними установками (водяні та парові котли, дизель-генератори та інші);
- викиди в атмосферу парникових газів та забруднення ґрунту, підземних вод продуктами розпаду при вивезенні виробничих відходів на полігон;
- забрудненість компонентами та їх концентрації у стічних водах.

Для департаментів відповідних господарств та служб енергетичного менеджменту залізниці доцільно використовувати методику комплексної оцінки ефективності ресурсоспоживання та екологічного впливу на навколишнє середовище. Пропонується розробка та застосування на регулярній основі Інструменту енерго-екологічної оцінки (далі Інструмент), який дає змогу оцінити рівень ефективності використання енергії, води та матеріалів в процесі виготовлення продукції, обсяги забруднень, виявити точки перевитрат та втрат ресурсів та розробити заходи зі скорочення питомих показників їх споживання.

Інструмент представляє собою програмний продукт, який допомагає виконати збір та обробку показників діяльності підприємства (підрозділу). Його створено за допомогою програми «Excel» у форматі таблиць, кожна з яких має

розділи для внесення та редагування даних, а також розділи з вбудованими формулами для розрахунку необхідних базових показників [2].

Розділ 1 «Екологічний профіль». Він є основою для первинного аналізу кількості масового потоку ресурсів, їх економічної цінності, а також впливу на навколишнє середовище. Тут визначаються основні екологічні пріоритети.

Підсумок - аналіз витрат на вхід/вихід

Найменування	Річне споживання	Вартість ресурсу, грн	Розподіл витрат на ресурси (%)	Частка ресурсу у вартості продукції
Використання ресурсів (вхід)				
Загальне споживання матеріалів	93009,57	32 036 428,00€	81%	29%
Загальне споживання енергії	13337620	7 362 566,00€	19%	7%
Загальне споживання води	15706	78 836,92€	0,2%	0,1%
Загальна вартість		39 477 830,92€	100%	36%
Виробництво (вихід)				
Загальний випуск продукції	43768,33	109 278 793,41€		
Утворення забруднень (непродуктивний вихід)				
	Річний обсяг	Частка від ресурсу (%)	Вартість відходів, грн	Вартість поводження з відходами, грн
Загальний обсяг утворення відходів	1518,52779	1,6%	655 093,42€	77 169,20€
Загальне утворення стічних вод	10345	65,9%	51 931,90€	36 000,60€
Загальний обсяг викидів в атмосферу	6,5618	n/a	1 171,61€	7,01€
Загальна вартість		n/a	708 196,93€	41 161,59€

Ключові показники ефективності

Продуктивність ресурсів: продуктивний вихід на одиницю матеріалу, енергії та води

Найменування	Одиниці	Показник
1 Продуктивність матеріалів	м ³ прод/т мат.	0,47057878

Рис. 1 Фрагмент екологічного профілю підприємства

Розділи 2, 3, 4 «Енергія», «Вода», «Відходи» містять інформацію щодо:

1. Використання загальних ресурсів і загального утворення відходів і викидів.

2. Визначення обсягів і кількості споживачів різних видів ресурсів і порівняння їх теоретичного споживання з фактичним використанням.

3. Кількісне визначення джерел стічних вод, відходів, викидів та виявлення факторів, що впливають на їх утворення.

4. Виявлення причин неефективності як основи для пошуку заходів, які дозволять підвищити ефективність використання ресурсів і мінімізувати відходи та викиди [3].

Розділ 6 «План дій» утворює каталог заходів та технічних рішень, визначених на основі попередніх розділів Інструменту і категорії завдань, пов'язаних з кожним рішенням, що мають екологічне, технічне та економічне обґрунтування, терміни впровадження та визначених відповідальних осіб.

Розробка та застосування даного Інструменту на підприємстві по випуску будівельних конструкцій дозволила сформулювати каталог технічних, технологічних та організаційних заходів з річним потенціалом збереження: 1068250 кВт*год енергетичних ресурсів; 35,9 т матеріалів, 1210,5 м³ води.

Очікуваний економічний ефект складає 1514097,75 грн., екологічний - зменшення викидів парникових газів на 303,9 т CO_{2-екв}.

[1] Двуліт 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.

[2] RECP Clubs for Small Enterprises RECP. *Manual for Enterprises*. United Nations Industrial Development Organization, 2010. 65 p.

[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.

УДК 621.7; 658.5

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

*К.т.н., Біловол Г.В.¹, Герасименко Р.О.²,
Комарова М.В.¹, Міщенко М.О.¹*

¹*Український державний університет залізничного транспорту (Харків)*

²*Філія «Дарницький вагоноремонтний завод» ПАТ «Українська залізниця»(Київ)*

*H.V. Bilovol¹, PhD (Tech.), R.O. Herasimenko²,
M.V. Komarova¹, M.O. Mishchenko¹*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Branch "Darnitsa Carriage Repair Plant" of the PJSC "Ukrainian Railways (Kyiv)

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 енергоємності 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.

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

*К.т.н., Біловол Г.В., Жукотський О.Р.,
Ромодан В.І., Саєнко А.О.*

Український державний університет залізничного транспорту (Харків)

*H.V. Bilovol, PhD (Tech.), O.R. Zhukotsriy, V.I. Romodan, O.A. Saienko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

На сьогоднішній день тема енергоефективності займає одне з найголовніших місць у внутрішній політиці нашої держави. Впроваджено 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 аудиторів 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:

1. Вимога до організації щодо необхідності встановлення, впровадження та підтримки Енергетичної Політики. Отже, перший крок – прийняття громадських зобов'язань, відбитих у Енергетичній політиці.
2. 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.
3. Встановлення точки відліку (базової лінії енергоспоживання); цілей, завдань та програм, а також індикаторів енергетичної ефективності, за допомогою яких буде проводитись моніторинг змін споживання енергії.

4. Розробка програм з енергоменеджменту є гарантією того, що організація досягне своїх цілей та завдань. Програми містять заходи, як організація планує покращити енергоефективність.
5. Делегування повноважень за допомогою розподілу відповідальності для досягнення поставлених цілей. Визначаються ключові ролі та відповідальність у системі енергоменеджменту.
6. 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”.

УДК 662.641

ПРОЕКТ З ПЕРЕВЕДЕННЯ КОТЕЛЬНИХ НА БІЛЬШ ЕКОЛОГІЧНІ ВИДИ ПАЛИВА

A PROJECT TO CONVERT BOILER HOUSES TO MORE ENVIRONMENTALLY FRIENDLY FUELS

*Старший викладач П. В. Рукавішников, Т. Д. Завадський
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Senior teacher P. V. Rukavishnykov, T. D. Zavadsky
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасний залізничний транспорт – це високотехнологічний механізм із значним споживанням енергоресурсів для забезпечення своєї господарської діяльності.

Енергоресурси на залізничному транспорті витрачаються в основному на процес перевезень, а також на забезпечення роботи інфраструктури, що обслуговує перевезення; ремонтне виробництво, на соціальну сферу і т.д. Щорічно залізницями України споживається значна кількість дизпалива, електроенергії, газу, вугілля, мазуту топкового та інших видів паливно-енергетичних ресурсів.

Тому цікавим може бути проект з переведення котельних на більш екологічні види палива.

Робота вітчизняних теплопостачальних систем пов'язана з рядом проблем, обумовлених послабленням державного впливу на енергетику, підвищенням вартості паливно-енергетичних ресурсів, зношеністю теплових мереж та обладнання, відсутністю інвестицій на технічне переозброєння та

невідповідністю традиційно застосовуваних технологій теплопостачання сучасних науково-технічним та економічним потребам.

Розглянуто технологічний процес переведення котельні на альтернативний та екологічно чистий вид палива з метою підвищення економічної та енергетичної ефективності, розглянуті існуючі способи реконструкції систем теплопостачання, виконано економічне та енергетичне обґрунтування ймовірної заміни.

Цей технологічний процес може використовуватись при реконструкції котельних по всіх підприємствах Укрзалізниці у зв'язку з тим, що виробництво біопалива та перехід на альтернативне екологічно чисте паливо (пелети) є актуальним для теперішньої енергетичної політики України.

Завдяки новим технічним можливостям реконструкції систем теплопостачання, що з'явилися в сучасний час, впровадження різноманітних способів їх регулювання, використання біопалива дозволяє домогтись істотного енергозберігаючого ефекту, підвищити якість та надійність систем теплопостачання.

УДК 629.4.014.2

ЦИФРОВІ ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

DIGITAL INNOVATIVE SOLUTIONS FOR IMPROVING SERVICE QUALITY AND ENERGY EFFICIENCY IN RAIL TRANSPORT

Д.т.н. О. І. Ваганов, Ю. В. Жабінець

Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

A. I. Vaganov Dr. Sc. (Tech.), Y. V. Zhabinets

State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

На цей час цифровізація є ключовою технологією поліпшення якості послуг та реалізації потенціалу енергозбереження на залізничному транспорті. Впровадження інноваційних цифрових рішень охоплює значну кількість операційних процесів від створення єдиних цифрових платформ у сфері вантажних та пасажирських перевезень, експлуатації рухомого складу та залізничної інфраструктури, до роботизації більшості операційних процесів, впровадження систем моніторингу та діагностування стану рухомого складу за рахунок застосування супутникових систем зв'язку, інтелектуальних систем контролю дій машиніста, автоматизації обліку споживання паливо-енергетичних ресурсів [1].

Високий рівень енерго- та ресурсоємності залізничного транспорту, значний вплив результатів його функціонування на довкілля зумовлюють необхідність якісних змін у сфері цифровізації транспорту [2,3,4].

Першочерговим є реалізація проєкту «Цифрове депо», впровадження наступних цифрових рішень, що забезпечують належний рівень енергоефективності залізничного транспорту:

1. Для процесу «Підготовка рухомого складу до ремонту»:

- електронний паспорт вагона, локомотива;
- діагностика: зносу вузлів, обладнання, передбачення відмов на основі даних телеметрії.

2. Для процесу ремонту:

- відеофіксація ходу ремонту;
- використання цифрових засобів вимірювань: профілометрів, мікрометрів, шаблонів та ін.;

- автоматизований контроль технологічних процесів ремонту;

- автоматизований склад, система RFID на лінійному обладнанні.

3. Для процесу закінчення ремонту:

- електронний чек-лист для контролю якості ремонту на основі даних ремонту;

- результати автоматичних випробувань, вимірювань;

- автоматична діагностика на основі даних телеметрії.

4. Обладнання рухомого складу бортовими системами контролю та діагностування технічного стану.

5. Обладнання автоматизованої системи обліку споживання енергоресурсів депо (електроенергії, дизельного палива, газу, вугілля, теплової енергії, води).

6. Забезпечення безпеки депо системами відеоспостереження.

Для успішної реалізації проєкту «Цифрове депо», в першу чергу, необхідно:

1. Розробити методологічне забезпечення управління процесами інформаційного обліку і синхронізації інформаційних потоків в умовах депо з урахуванням вимог якості, енергоефективності.

2. Забезпечити цифрову трансформацію процесів ремонту та технічного обслуговування рухомого складу, переходу від моделей фіксованих, (стандартних) послуг ремонтних підприємств до індивідуальних послуг за вимогою споживачів.

3. Вирішити найбільш актуальну проблему взаємодії підприємств залізничного транспорту у єдиному цифровому просторі – ресурсне забезпечення. З метою її вирішення сформувати функціональну структуру цифрової платформи, її структуру та послідовність реалізації.

4. Розробити методичні рекомендації щодо впровадження технології блокчейн і смарт-контактів між підприємствами залізничного транспорту, що дозволить оцифрувати основні комерційні та спеціальні вантажні документи.

7. Суттєво поліпшити цифрові комунікації у сервісних ланцюгах постачання продукції, послуг для зменшення тривалості виконання технологічних операцій, споживання ресурсів на всіх етапах ремонтних робіт.

Така цифровізація депо, як локомотивних так і вагонних, дозволить дистанційно діагностувати технічний стан рухомого складу, визначити проблемні, «вузькі» місця, мати можливість постачати ресурси в потрібний час

та необхідній кількості, реалізувати потенціал енергозбереження ремонтних підприємств.

[1] Обруч Г.В. Особливості цифрового розвитку АТ «Укрзалізниця». Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління, 2020.- Том 31(70).-№1.-с.59-64.

[2] Дикань В.Л. Індустріально-інноваційні центри як основа розвитку українських залізниць. Вісник економіки транспорту і промисловості.- 2019. -Вип. 58. -с. 7–9.

[3] Дробаха В.І., Трихліб О.Д., Котов М.О. Вимірювальні засоби автоматизованої системи обліку й контролю дизельного палива// Локомотив-інформ.- 2012.- № 12. -с. 59-61.

[4] Збірник нормативних документів з енергозбереження/Міністерство транспорту та зв'язку України; Державна адміністрація залізничного транспорту України.-К., 2008.-277с.

УДК 629.41

РАНЖУВАННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА РЕЙКОВОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ МЕТОДОМ MCDA

RANKING OF ENERGY SAVING MEASURES IN RAIL ELECTRIC TRANSPORT USING THE MCDA METHOD

аспірант В. М. Ляшенко, к.т.н., С. І. Яцько

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

V. M. Liashenko, postgraduate student, S. I. Yatsko PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Для вирішення актуальних проблем організацій, зокрема транспортних підприємств, та для підтримки сталого їх розвитку важливо правильно оцінювати виклики, що виникають у процесі діяльності та розвитку, та розробляти ефективні стратегії. Ефективність прийнятої та реалізованої стратегії, загалом, залежить від вибору найбільш результативних рішень в рамках певних обмежень [1]. Результативність можна оцінити за витратами певних ресурсів – матеріальних, трудових, фінансових, часу – для досягнення поставленої мети. Формалізовані методи, такі як аналіз режимів і наслідків відмов (*Failure Mode and Effect Analysis, FMEA*) і багатокритеріальний аналіз рішень (*Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA*), все частіше використовуються в різних сферах для сприяння ефективному прийняттю рішень.

Кожна проблема прийняття рішень має три основні компоненти: особи, які приймають рішення (експерти), альтернативи рішень (варіанти) та наслідки рішень [2]. Відбір при цьому як правило відбувається за критеріями, що є пріоритетними для транспортної організації, у умовах певної невизначеності. Ця невизначеність створюється не лише унікальністю специфіки кожного транспортного підприємства, так і відсутністю точної картини майбутнього – неможливістю достеменно передбачити зміни техніки та технологій рейкового транспорту. Одним з найбільш розповсюджених методів для вирішення подібних проблем є метод багатокритеріального аналізу рішень (MCDA). Це пов'язано з тим, що він дозволяє враховувати різні критерії та вимоги, такі як енергетична ефективність, вартість впровадження, рівень безпеки тощо. MCDA

дозволяє поєднувати як об'єктивні числові показники, так і бальні оцінки для суб'єктивних показників. За допомогою MCDA особи, які приймають рішення, можуть систематично оцінювати різні варіанти та їх ефективність за цими критеріями, допомагаючи визначити найбільш ефективні заходи для скорочення енергоспоживання в системах рейкового електричного транспорту.

Основними підходами до енергозбереження залізниць є енергоефективна конструкція локомотивів та моторних одиниць, ефективне зменшення опору руху поїздів, а також належне утримання рухомого складу та колії [3]. Водночас, зростання цін на енергоносії та екологічні проблеми роблять бажаними інші підходи до енергозбереження, а обране рішення повинне експлуатуватися деякий час, що загалом вимірюється роками. Цей фактор потребує приділяти істотну увагу сучасним трендам та перспективним технологіям найближчого майбутнього, ефективність та доцільність яких важко оцінити класичними методами прогнозування, такими як якісні моделі або числова екстраполяція.

Для проведення групового експертного оцінювання та вибору оптимальних заходів з енергозбереження була сформована експертна група з 9 фахівців. Для формування експертної групи був використаний гібридний метод, що поєднував у собі документальний та рекомендаційний підходи. Багатокритеріальний аналіз рішень методом зваженого добутку проводився за допомогою анкети, у якій експертам пропонувалося виставити ваги для критеріїв у довільній шкалі, після чого оцінити кожне з потенційних рішень з енергозбереження за десятибальною шкалою (від 1 до 10).

Найкращими за сукупністю критеріїв (очікуваний рівень енергозбереження, вартість впровадження, технологічність, надійність та безпека як для оточуючого середовища, так і для пасажирів), на думку експертів, є такі заходи, як забезпечення оптимальних режимів руху поїздів, використання енергозберігаючого освітлення та використання рекуперативного гальмування в мережу. Спираючись на висновки експертів, можна стверджувати, що послідовна та комплексна стратегія зменшення витрат електрорухомим складом має складатися як з організаційних, так і технічних заходів, причому за умови обмежених фінансових можливостей організаційні заходи мають передувати технічним, а модернізація систем, що не пов'язані з витратами безпосередньо на тягу – модернізації власне тягових приводів та рухомого складу.

В той же час, остаточне рішення щодо вибору заходів та порядку їх впровадження лежить на уповноваженій особі – керівникові транспортного підприємства або структурного підрозділу. Дане дослідження може слугувати основою (фреймворком) для послідовної та ефективної стратегії зменшення витрат енергії на транспортних системах з постійно-періодичним режимом руху електрорухомого складу.

[1] Групове експертне оцінювання та компетентність експертів / За загал. ред. д-ра техн. наук Величка О. М. Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2015. 286.

[2] Mahdi Zarghami, Ferenc Szidarovszky. Multicriteria Analysis. Application to Water and Environment Management. - Springer Berlin, Heidelberg, 2011. 159.

[3] Rongfang Rachel Liu, Iakov Golovitcher. (2003). Energy-efficient operation of rail vehicles. Transportation Research Part A Policy and Practice. Вип. 37 (10), 917-932.

**РОЗРАХУНКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ
ЕНЕРГІЇ ГЕЛІОСТАНЦІЄЮ**

**CALCULATORY RESEARCH OF HEAT ENERGY PRODUCTION BY
HELIO STATIONS**

*Магістри В. В. Груша, О. М. Білоус, Т. В. Шевченко, В. В. Савенко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Masters V. V. Grusha, O. M. Bilous, T. V. Shevchenka, V. V. Savenko
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Результати обробки статистичних метеорологічних даних по надходженню сонячної радіації дозволяють встановити, яким чином сонячна енергія розподіляється по різних регіонах України. Питомі енергетичні показники вказують на кількість сонячної енергії, яка надходить на одиницю площі в даний час. Це може бути використано для визначення потенціалу використання сонячної енергії для виробництва електроенергії або тепла в різних регіонах.

Розподіл енергетичного потенціалу сонячного випромінювання показує, як сонячна енергія розподіляється впродовж дня та року.

Найбільша кількість сонячної радіації надходить на територію України в АР Крим, де вона перевищує 1400 кВт·год/м². В північній частині України ця кількість становить близько 1070 кВт·год/м². Загалом, ці дані вказують на значну варіацію в надходженні сонячної радіації на різних територіях України.

В кліматометеорологічних умовах України для сонячного теплопостачання ефективним є застосування плоских сонячних колекторів, які використовують як пряму, так і розсіяну сонячну радіацію. Концентруючі сонячні колектори можуть бути достатньо ефективними тільки в південних регіонах України. Достатньо високий рівень готового до серійного виробництва та широкий діапазон можливого застосування в Україні обладнання сонячної теплової енергетики показує, що для масштабного впровадження і отримання значної економії паливно-енергетичних ресурсів необхідно лише підвищення зацікавленості виробників до випуску великих партій такого обладнання.

В роботі проведено дослідження вироблення теплової енергії геліостанцією, яка складається з плоских геліоколекторів та розташована на суміщеному покритті будівлі, в центральній частині міста Харкова.

Використовуючи сайт <https://re.jrc.ec.europa.eu/> побудована залежність інтенсивності сонячної інсоляції від певного місяця, та часу. Також був виявлений вплив кута розташування колекторів на виробітку теплової енергії.

Щоб побудувати графік залежності для початку треба зайти на головну сторінку сайту, обрати вкладку інструменти – щомісячні данні. Далі знаходимо об'єкт дослідження на карті, обираємо базу даних та рік. Після цього програма будує графік сонячної радіації в залежності від місяця (рис. 1) та в залежності випромінювання від часу (рис. 2).

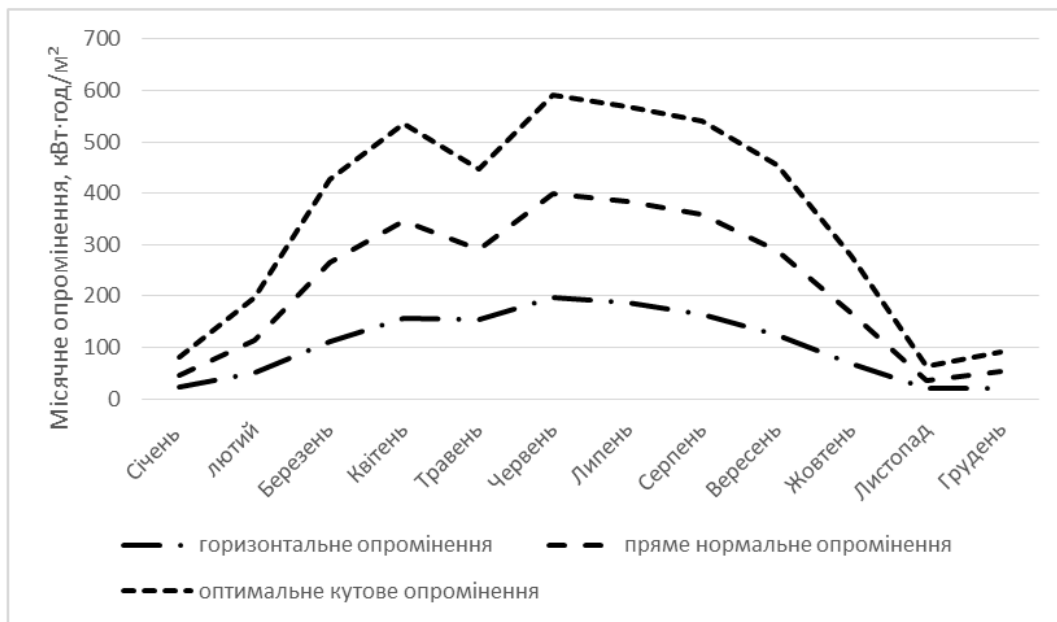


Рис. 1 Щомісячна оцінка сонячної радіації

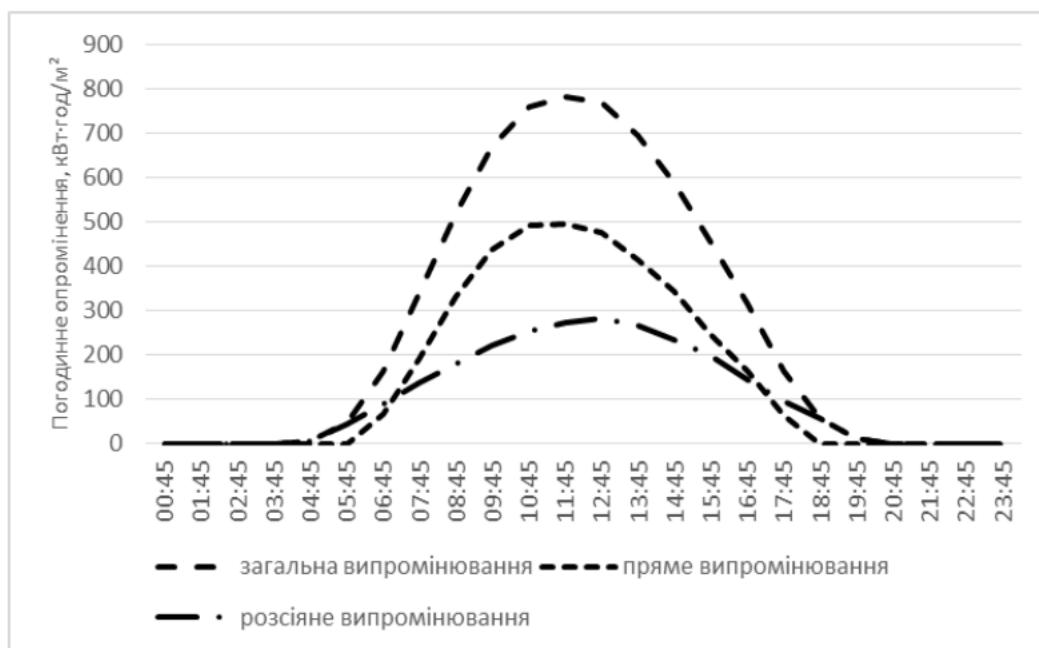


Рис. 2 Середньодобова інтенсивність випромінювання в червні.

Також можна побудувати графіки виробітки теплової енергії геліоколектором для цього використовуються такі дані як кут нахилу установки колекторів та встановлена пікова потужність.

Дивлячись на це можна зробити висновок що найбільша сонячна інтенсивність припадає на червень-липень, а найбільша годинникова активність між 9 та 12 годинами, а найбільш ефективне розташування геліо колекторів під кутом 35°.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТИПУ ХОЛОДОАГЕНТУ НА
ПОКАЗНИКИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО ЦИКЛУ ДВОСТУПЕНЕВОЇ
ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ**

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE COOLING AGENT TYPE
ON THE THERMODYNAMIC CYCLE PARAMETERS OF A TWO-STAGE
REFRIGERATOR**

*Магістри О. В. Ісмайлова, Д. В. Цуркан, О. А. Генний, І. Г. Шкрабіль
Український державний університет залізничного транспорту*

*Masters O. V. Ismailova, D. V. Tsurkan, O. A. Gennyi, I. G. Shkrabil
Ukrainian State University of Railway Transport*

У якості холодинного агенту було обрано аміак, бо це пояснюється винятковими термодинамічними властивостями аміаку як холодоагенту, який забезпечує високий ККД установки у діапазоні температур конденсації, що використовується у технологічних циклах підприємств. Демонструючи високу ефективність використання, аміачні установки дешеві в експлуатації через низьку вартість заправки холодоагентом: аміак широко поширений у природі та виробляється в Україні. Крім того, великою перевагою є той факт, що аміак абсолютно безпечний для навколишнього середовища і не входить до списку речовин, що регулюються Монреальським та Кіотським протоколами і підлягають вилученню з вживання.

Існує думка, що для використання в холодильних установках краще підходять фреони: вони безпечні для людини і можуть забезпечити необхідну холодопродуктивність установки. Проте це зовсім так. Жоден із фреонів (крім R22, виробництво та використання якого має бути припинено починаючи з 2010 року) не підходить для використання у промисловому устаткуванні так, як аміак. Заправка холодильної системи фреонами обійдеться підприємству у 60-120 разів дорожче, ніж аміаком, через те, що фреони і холодильні олії експортуються до нас з-за кордону. Мало того, багатокомпонентні суміші, які зараз пропонуються, як заміна забороненим фреонам, навіть за часткової розгерметизації та зменшення кількості хоч однієї з фракцій повністю втрачають свої якості, що викликає необхідність повної заміни холодоагенту в системі. Важливим фактом є те, що в діапазоні температур, що використовуються на підприємствах переробки та зберігання харчової продукції, енергоефективність фреонів на 10-15% нижча, ніж аміаку. Також помилковим є твердження, що фреони повністю нешкідливі (так само, як використовувати аміак дуже небезпечно!): при екзотермічній реакції фреон перетворюється на високотоксичні речовини (фосген та діофосген). І при

знехтуванні правил техніки безпеки відомі випадки виникнення пожеж та ураження людей.

Розрахункове дослідження проведено на програмному комплексі «FKW», який призначений для визначення термодинамічних властивостей холодоагентів, а також для розрахунку циклів парокompресійних холодильних машин.

Перша частина дослідження проводилася для розробленої двоступеневої парокompресійної холодильної установки в умовах, що були наведені розділі 2, але для холодоагенту R407C.

Гідрофторвуглецевий (HFC) хладон R407C - газ без кольору та запаху. Хладон R407C хімічно та термічно стабільний, рівень його токсичності дорівнює або нижче за параметри R22. Це найкраща заміна фреону, що руйнує озоновий шар.

Газ не горить, під дією високої температури розкладається, утворюючи токсичні продукти. Заповнення та дозаправка системи проводиться тільки в рідкій фазі холодоагенту. При несправності обладнання відбувається витік хладону. Нерівномірне випаровування фракцій призводить до зміни пропорцій суміші.

Формула зеотропної суміші: R32(23%) + R125(25%) + R134a (52%). Кожен компонент відповідає за певну властивість одержуваного з'єднання:

R32 (дифторметан) – збільшення продуктивності;

R125 (пентафторетан) - запобігання загорянню;

R134a (тетрафторетан) - контроль робочого тиску.

Складові частини формули підібрані для забезпечення характеристик максимально наближених до параметрів R22. Речовини, що входять до зеотропного холодоагенту не утворюють однорідної суміші. Це основний недолік продукту. Під час дозаправки потрібен контроль пропорцій складу.

Фреон R407C за технічними характеристиками близький до холодоагенту R22. Заміна ним застарілого складу не вимагає внесення суттєвих модифікацій у діючу холодильну систему. При переході на гідрофторвуглецеву суміш замінюють еластомери, запобіжні клапани, адсорбуючі елементи фільтрів, олію. Зеотропна суміш характеризується низьким коефіцієнтом теплопередачі. Ця різниця не помітна в установках із пластинчастими теплообмінниками.

За результатами розрахунків показники двоступеневої ПКХУ при роботі на фреоні R407C та аміаку не суттєво відрізняються, як за потужністю компресорів так і за коефіцієнтом трансформації теплоти, але суттєво за масовою витратою холодоагенту, а саме в 7,1 рази. А з урахуванням того, що за цінами 2023 року одна тонна аміаку коштує в середньому 218 доларів, а тонна фреону R407C 8093 доларів, тобто аміак дешевше в 37 разів, питання використання фреону в промисловій холодильній установці не є актуальним.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДЖЕРЕЛА ГЕНЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ НА
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ОПАЛЕННІ БУДІВЛІ**

**RESEARCH OF THE IMPACT OF THE ENERGY GENERATION
SOURCE ON ENERGY CONSUMPTION DURING BUILDING HEATING**

*Магістри В. В. Козлов, Б. В. Нурмагомедов, І. І. Костильов, В. В. Олійник
Український державний університет залізничного транспорту*

*Masters V. V. Kozlov, B. V. Nurmagomedov, I. I. Kostylev, V. V. Oliynyk
Ukrainian State University of Railway Transport*

Яка система опалення найкраще підходить для будь-якої будівлі? Опалення приватного будинку або будівлі громадського призначення, особливо якщо це новий проект, - одне з питань, яке вимагає професійного підходу і об'єктивного аналізу вихідних даних на етапі проектування. Ефективне опалення будівлі означає, в першу чергу, повне задоволення вимог до тепла - взимку і гарячої води - протягом усього року. Крім того, другою умовою, висунутою кожним замовником, є ефективність отриманої системи теплопостачання. Мета проекту в даному випадку: встановити в будинку ефективну і недорогу систему опалення з мінімальними капітальними витратами. Ситуація складна і багатоваріантна, замовник може просто «ввести в оману» про реальні переваги, що пропонуються для впровадження систем опалення. Позитивним розвитком може стати звернення до компанії, яка не тільки впроваджує сучасне обладнання для опалення та гарячого водопостачання, а й розробляє проекти таких систем. Визнані компанії відповідають за системи, реалізовані на всіх етапах: від проекту до сервісу. Сучасний ринок теплотехніки в Україні досить розвинений, і можна знайти котли або теплові насоси для систем, розрахованих на будь-яке бажання замовника, виходячи з його матеріальних можливостей.

Для того, щоб оцінити той чи інший варіант, проведено дослідження споживання енергії в залежності від вибору джерела генерації тепла, з використанням усіх енергоефективних заходів та без енергоефективних заходів, яке базується на методиці визначення енергетичної ефективності будівель, затвердженої наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11 липня 2018 року № 169, зареєстрованої в Міністерстві юстиції України 16 липня 2018 року за N 822/32274 з урахуванням наказу № 486 від 11.06.2023, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 03 серпня 2023 р. за N 1319/40375 «Про затвердження Змін до деяких нормативно-правових актів Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України».

За розрахунковими даними сформована діаграма залежності спожитої енергії на опалення будівлі медичного закладу від джерела генерації тепла, що представлена на рис. 1.

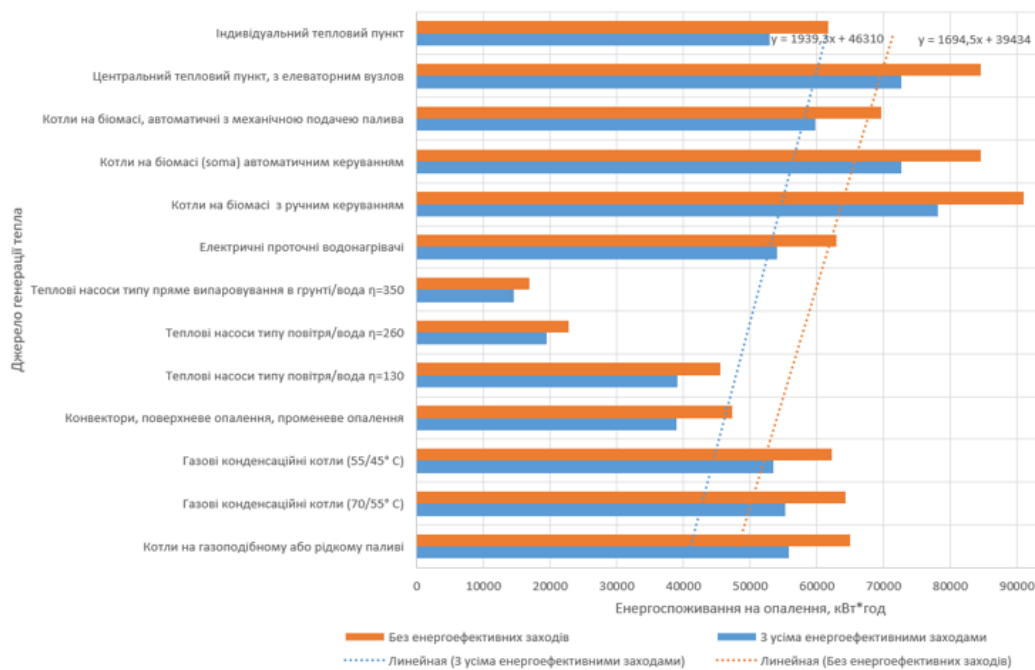


Рис. 1 Діаграма залежності споживання енергії на опалення будівлі від джерела генерації тепла

Виходячі з діаграми, бачимо, що найменші показники енергоспоживання демонструють теплові насоси, сезонної ефективності установки може бути 130%, 260%, 350%. Найбільшими недоліками у порівнянні з іншими установками є:

- високі вимоги до системи електропостачання;
- дуже висока вартість обладнання теплового насоса і внаслідок цього найдовший термін окупності.

УДК 621.311

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ БУДІВЛІ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ НА ЕМІСІЮ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

RESEARCH OF THE IMPACT OF ENERGY EFFICIENCY MEASURES FOR THE EDUCATIONAL INSTITUTION BUILDING ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Магістри *А. О. Барилко, П. Л. Коваленко, М. В. Слободяник, Д. П. Артеменко*
Український державний університет залізничного транспорту

Masters A. O. Barylko, P. L. Kovalenko, M. V. Slobodanyk, D. P. Artemenko
Ukrainian State University of Railway Transport

Паризька кліматична угода передбачає реалізацію амбітного плану щодо обмеження підвищення температури поверхні Землі до 1,5 градусів за Цельсієм.

30 вересня 2015 року Україна повідомила про запланований національний визначений внесок (далі – НСП) та супровідну інформацію щодо викидів та поглинання викидів CO₂-еквіваленту до 2030 року.

У першому НСП були визначені зобов'язання перед міжнародним співтовариством, які полягали в наступному – у 2030 році обсяг викидів парникових газів в еквіваленті CO₂ не перевищить 60% від рівня 1990 року.

Моніторинг викидів парникових газів в Україні забезпечує Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів відповідно до стандарту РКЗК ООН щодо інвентаризації антропогенних викидів із джерел та поглинання поглиначами парникових газів.

Облік викидів парникових газів здійснюється за 5 основними категоріями, аналіз яких представлений у звіті: викиди від енергетики, промисловості, сільськогосподарської діяльності, поводження з відходами та сукупного сектору викидів і поглинання викидів в еквіваленті CO₂ від землекористування, землекористування, зміни та лісокористування.

У червні 2018 року Верховна Рада України прийняла закон № 4941 про «Енергетичну ефективність будівель». Цей закон спрямований на визначення заходів щодо зниження енергоспоживання будівель, то кульмінацією любых енергозберігаючих заходів є зниження емісії парникових газів.

В роботі проведено аналіз впливу запроваджених енергоефективних заходів на зниження емісії CO₂ для будівлі закладу освіти, який розташований в Івано-Франківській області. Результати розрахунків представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Екологічні вигоди від впровадження заходів

Заходи	Економія енергії, МВт·год	Зниження емісії CO ₂ , т/рік
Утеплення стін	31,3	6,9
Утеплення перекриття холодного горища	22,4	4,9
Утеплення підлоги	5,2	1,2
Встановлення балансувальних клапанів	9,6	2,1
Заміна вікон	0,9	0,2
Заміна дверей	0,8	0,2
Встановлення рекуператорів системи вентиляції	5,8	1,3
Заміна трубопроводів системи опалення	5,6	1,2
Встановлення ІТП	12,9	2,8
Разом	94,7	21,0

За результатами розрахунків зниження емісії вуглекислого газу склало 21 тону на рік.

**ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ**

**IMPLEMENTATION OF ALTERNATIVE SOURCES OF HEAT SUPPLY
FOR PUBLIC BUILDINGS**

*Магістри I. В. Рохмаїл, О. В. Кучерявенко, Б. О. Захаренко,
к.т.н., доцент О. В. Василенко
Український державний університет залізничного транспорту*

*Masters I.V. Rokhmail, O.V. Kucheriavenko, B.O. Zakharenko, Ph.D.,
associate professor O.V. Vasylenko
Ukrainian State University of Railway Transport*

Громадська будівля - це будівля або споруда, яка призначена для загального користування громадою або певною групою людей. Такі будівлі можуть включати в себе різноманітні об'єкти, які надають різні соціальні, культурні, освітні, медичні, адміністративні або релігійні послуги. В роботі розглядається можливість використання різноманітних джерел теплопостачання.

Теплопостачання будівель можна забезпечувати за допомогою різноманітних джерел енергії. До них можна віднести: газові котли, електричні системи, сонячні колектори, геотермальні системи, теплові насоси, біомаса, теплові мережі.

Вибір джерел теплопостачання залежить від ряду факторів, таких як доступність ресурсів, екологічні аспекти, ефективність, вартість та інші місцеві умови. традиційне використання комбінації різних джерел енергії для забезпечення надійного та ефективного теплопостачання будівель.

В роботі проведено розрахунки по визначенню оптимального джерела теплопостачання для громадської будівлі в умовах міста Харків. Тепловий насос повітря-повітря є системою, яка використовує теплову енергію зовнішнього повітря для обігріву приміщення чи для охолодження його влітку. Чинники які надають перевагу над іншими джерелами теплопостачання:

- Використання повітря як джерела тепла чи холоду;
- Робота в режимі обігріву і охолодження;
- Енергоефективність;
- Коефіцієнт продуктивності (зазвичай COP для цих насосів коливається в межах 2-4);
- Робота при низьких температурах(-20 °C)

Оскільки ці насоси використовують відновлювальні джерела енергії, вони можуть бути більш екологічно ефективними порівняно з традиційними системами опалення, якщо виробництво електроенергії, яку вони використовують, також здійснюється з використанням відновлювальних джерел енергії. Загалом, теплові насоси повітря-повітря можуть бути

ефективним і зручним рішенням для обігріву та охолодження будівель у помірних кліматичних умовах. В роботі проведенні порівняльні розрахунки які дозволяють зробити висновки що у нашому випадку доцільно встановити тепловий насос (повітря-повітря) який дозволяє повністю забезпечити теплове навантаження в опалювальний період та охолодження в літній період часу.

УДК 658.26

ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ТА РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ОБ'ЄКТА ОБСТЕЖЕННЯ

CONDUCT OF ENERGY AUDIT AND DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT MEASURES FOR THE INVESTIGATION FACILITY

*Magistri M. O. Kucher, T. V. Lysak, V. M. Bezsudnov, R. O. Khardin
Український державний університет залізничного транспорту*

*Masters M. O. Kucher, T. V. Lysak, V. M. Bezsudnov, R. O. Khardin
Ukrainian State University of Railway Transport*

Енергетичний аудит будівлі – це систематичне обстеження та аналіз енергоспоживання будівлі з метою знаходження шляхів оптимізації використання енергії та підвищення енергоефективності. Цей процес включає в себе оцінку всіх аспектів енергоспоживання будівлі, від опалення та кондиціонування повітря до освітлення та електроприладів. Енергетичний аудит може допомогти покращити енергоефективність будівлі, зменшити витрати на енергію та впливати на екологічну стійкість.

В роботі розглядається енергетичний аудит медичного закладу. Метою даного обстеження було визначення реального та базового рівня споживання енергетичних ресурсів, потенціалу економії енергетичних ресурсів розробка енергоефективних заходів, розроблення технічно та економічно обґрунтованих рекомендацій з підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі. Характерні дефекти, які було виявлено при інструментальному обстеженні будівлі:

- Температурні аномалії на фасаді будівлі;
- Температурні аномалії на перекриттях будівлі;
- Температурні аномалії в зоні цоколю;
- Температурні аномалії через кутові та стикові з'єднання зовнішніх стін;
- Дефекти монтажу світлопрозорих конструкцій;
- Нещільності примикання віконних стулок до рами;
- Неефективність роботи системи вентиляції;
- Відсутність ефективною теплоізоляції трубопроводів опалення;
- Нефективність роботи системи опалення.

Для покращення умов перебування людей у будівлі, а також для зменшення витрати енергоресурсів було запропоновано виконання таких енергоефективних заходів: Встановлення індивідуального теплового пункту (ІТП), гідравлічне балансування системи опалення шляхом встановлення автоматичних (балансувальних) клапанів, комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування зовнішніх стін, комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування горіщного перекриття неопалювальних горіщ і суміщеного перекриття, комплекс робіт із теплоізоляції та улаштування плит перекриття над проїздом, заміна зовнішніх дверей заміна світлопрозорих конструкцій, регулювання температури повітря у приміщенні шляхом встановлення термостатичних вентилів на опалюваних приладах, комплекс робіт з модернізації системи опалення, заміна світлопрозорих конструкцій 3-го поверху. В результаті проведеного енергоаудиту було визначено заходи для підвищення енергоефективності будівлі, які розділені на 2 пакети:

- пакет №1: «максимальний», що забезпечує клас енергетичної ефективності будівлі не нижче «С» згідно з ДБН В.2.6-31:2016;
- пакет №2: «рекомендований».

Клас енергетичної ефективності базової моделі «G», клас енергетичної ефективності після впровадження заходів (пакет №1) - «С», загальний обсяг інвестиції - 12485164,0 грн, термін окупності 2,84 роки. Якщо впровадити пакет №2 «рекомендований», то клас енергетичної ефективності після впровадження заходів (пакет №2) - «G», загальний обсяг інвестиції - 565930,2 грн, термін окупності 5,17 роки. Виходячи з цих показників замовник може обрати якій пакет енергоефективних заходів вигідніше.

УДК 697.34

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE DESIGN OF HEAT NETWORKS

*Студенти П. О. Кучми, В. О. Настенко, В. В. Одай, ст.викладач О. В. Панчук
Український державний університет залізничного транспорту*

*Students P. O. Kuchmyda, V. O. Nastenko, I. I. Odai, senior teacher O. V. Panchuk
Ukrainian State University of Railway Transport*

Ефективне використання енергетичних ресурсів є одним з пріоритетних завдань, які постають перед економіками будь-яких країн.

Проблема вичерпності природних копалин стимулює необхідність розробки та втіленню програм з енергозбереження, не тільки в рамках однієї країни, а й

світи в цілому. Значну роль у підвищенні рівня енергетичної ефективності відіграють сучасні матеріали, обладнання та технології, які використовують при новому будівництві та модернізації обладнання у вже збудованих будівлях, а також сучасні методи і підходи до енергозбереження [1].

Тема підвищення енергоефективності є актуальною ще й тому, що стан великої кількості теплових мереж та будівель в Україні мають нижчі показники енергетичної ефективності та й поступаються стандартам при будівництві будинків, які нині діють в Європі.

Українці в переважній більшості витрачають більше в кілька разів теплової енергії, ніж в розвинених європейських країнах. Ще десять років тому така ситуація пояснювалася тим, що в нашій країні була штучно занижена вартість енергоресурсів, тому й не приділялось серйозної уваги до питань енергозбереження [3]. Але в останні роки ціни на комунальні послуги стрімко зросли і будуть підвищуватись надалі. В результаті чого як пересічні громадяни, так і керівництво держави почали замислюватися над економією енергоресурсів та більш ефективним їх використанням [2].

Є декілька причин надмірного споживання теплової енергії в секторі житлового-комунального господарства. По-перше, це дуже високі теплові втрати через зовнішні огорожувальні конструкції будівель; по-друге, - низька енергоефективність існуючих застарілих інженерних систем, і по-третє, - велике споживання теплової енергії, що викликано відсутністю її обліку у кожного споживача. Сьогодні можна досягти значної долі економії паливно-енергетичних ресурсів. Наприклад, за рахунок реконструкції системи централізованого тепlopостачання. Використання залежної схеми тепlopостачання з обліком спожитого тепла та автоматичним обмеженням витрати теплоносія з боку теплової мережі або застосуванням залежної схеми тепlopостачання з обліком спожитого тепла та автоматичним регулюванням витрати теплоносія з боку теплової мережі з урахуванням реальної потреби будинку у теплі. Часто зустрічаються проекти незалежної схеми тепlopостачання з розмежуванням контуру теплової мережі та системи опалення будинку (індивідуальний тепловий пункт). Основною перевагою такої системи є розділення гідравлічних контурів теплової мережі і системи опалення будинку.

Є добрі приклади від наших європейських колег, наприклад, таких як Німеччина та Фінляндія, щодо вирішення труднощів у фінансуванні нового будівництва з використанням енергоефективних технологій. Ці держави ефективно використовують цільові державні програми з енергозбереження та будівництва енергозберігаючих будинків, і можуть з нами багатим досвідом в області стимулювання рівня енергоефективності будівництва житла.

Тому, ефективність використання ПЕР в нашій державі залежить від політики держави, яка планується та частково вже реалізована в цьому напрямі. Наразі є ціла низка законодавчих ініціатив та введених в дію державних стандартів щодо ефективного використання енергоресурсів, наприклад, у 2022

році затвердили декілька ДБН, що стосується теплової ізоляції та енергоефективність будівель, а також питанням присвячених енергозбереженню та енергоефективності будівель і споруд [4, 5].

1 <http://minregion.gov.ua>

2 В.М. Горячкін, О.В. Жевжик, О.Ю. Степура. Оптимізація розмірів трубопроводів системи тепlopостачання. Системні технології, 2 (115), 2018. – с. 44-52.

3 <https://sae.gov.ua/>

4 ДБН В.2.6-31:2021 ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.

5 ДБН В.1.2-11:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність». Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.

УДК 621.31

ДЕЯКІ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

SOME WAYS TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

*Студенти Д. В. Переверзєв, І. В. Дейнека, І. І. Сенюк,
старший викладач О. В. Панчук
Український державний університет залізничного транспорту*

*Students D. V. Pereverzev, I. V. Deineka, I. I. Senyuk,
senior teacher O.V. Panchuk
Ukrainian State University of Railway Transport I*

В результаті посилення негативного впливу на навколишнє середовище, особлива увага приділяється енергетиці, яка б завдавала меншої шкоди навколишньому середовищу.

Розвиток альтернативної енергетики та впровадження ефективних джерел енергії є найактуальнішим питанням на даний момент.

Темпи споживання енергоносіїв в Україні є вищими в декілька разів у порівнянні з середньоєвропейськими показниками, що вкрай негативно впливає на економічну та екологічну ситуацію в країні. Тоді як за рахунок раціонального використання теплоносіїв, можна досягти значного покращення енергетичної, екологічної та економічної ситуації.

Ще на початку 2010-х років як невеличкі громади, так і великі міста України запровадили так звані Проекти термосанації установ [1,2]. Термосанація – це комплекс робіт, які спрямовані на підвищення енергоефективності будівлі.

Серед багатьох напрямків таких робіт можна виділити:

- термосанація будівель бюджетної сфери;

- встановлення обладнання індивідуальних теплових пунктів (ІТП) в закладах бюджетної сфери;
- модернізація обладнання індивідуальних теплових пунктів (ІТП) в закладах бюджетної сфери;
- модернізація системи освітлення закладів бюджетної сфери.

Результатом впровадження таких заходів є досягнення зниження споживання енергоносіїв в системі тепlopостачання будівель та зниження рівня викидів парникових газів в атмосферу [3].

Станом на 2023 рік затверджені та введені в дію ДБН «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [4], в яких встановлюються вимоги до показників енергетичної ефективності будівель, теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій, показників енергетичної ефективності інженерного обладнання будівель; критерії раціонального використання енергетичних ресурсів на опалення та охолодження будівель для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будівель.

Разом з тим можна звернутись ще до одного нормативного документу [5], який говорить про те, що для оптимізації споживання енергії інженерними системами будівель у нормах з теплової ізоляції та енергоефективності будівель встановлюють вимоги щодо загальної енергетичної ефективності будівлі, у нормах з інженерних систем будівель встановлюють вимоги до характеристик цих систем та їх контролю. Вимоги до інженерних систем повинні охоплювати, системи опалення, охолодження, гарячого водopостачання, кондиціонування повітря, механічної вентиляції та системи освітлення.

Таким чином, наразі є всі можливості як для досягнення максимального зниження рівня енергоспоживання будівлями так і для досягнення поставлених цілей до переходу до практики будівництва Near-zero energy buildings (будинків із майже нульовим споживанням енергії), в яких досягаються найвищі стандарти енергоефективності – від ефективного освітлення і домашніх пристроїв до розумних термостатів і щільних вікон, тобто потребувати мінімуму енергії. Крім того, більша частина цієї енергії виробляється з відновлюваних джерел, найкраще – з установлених на самих будівлях чи поблизу. За таким підходом мають будуватися всі громадські і решта будівель в майбутньому.

1 https://ips.ligazakon.net/document/view/MA140253?an=1&ed=2018_07_30

2 https://architect-zt.gov.ua/velike_budivnictvo/kapitalnyi-remont-enerhoefektyvna-termosanatsiia-budivli-himnazii-v-s-hrozyne/

3 <https://opora.rv.ua/opora-dlia-rivnian-iaк-suttievo-ekonomyty-na-komunaltsi/>

4 ДБН В.2.6-31:2021 ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.

5 ДБН В.1.2-11:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність». Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022.

ENERGY SAVING ANALYSIS AND THERMAL PERFORMANCE EVALUATION OF BOILERS

Ph.D I. Redko¹, Ph.D, Y. Burda², S. Zadorozhnyi¹, V. Biriukov¹

1 - Ukrainian state university of railway transport, Kharkiv

2 - Kharkiv National University of Urban Economy, Kharkiv

Abstract. As the global demand for energy efficiency and environmental sustainability continues to rise, the focus on improving the thermal performance of heating systems becomes paramount. This research delves into the energy-saving capabilities and thermal performance evaluation of condensing boilers, aiming to provide a comprehensive understanding of their efficiency, effectiveness, and potential impact on energy conservation.

Introduction. Efficient heating systems are crucial for reducing energy consumption and minimizing environmental impact. This research focuses on condensing boilers, which have gained prominence for their potential to significantly improve energy utilization.

Energy Saving Analysis. Comparing the energy consumption of condensing boilers with traditional non-condensing counterparts to quantify potential energy savings. [1]

Evaluating the seasonal efficiency of condensing boilers under various operating conditions to understand their performance over time. [2]

Analyzing the efficiency of heat transfer mechanisms within the condensing boiler, including the performance of the heat exchanger and other critical components.

Sophisticated control systems are integral to managing the condensing process, optimizing combustion efficiency, and minimizing energy waste. [3]

Investigating the combustion process to determine the efficiency of fuel utilization, examining the impact of air-fuel ratios and combustion stability.

Assessing how variations in heating load affect the efficiency of condensing boilers and identifying optimal operating conditions. [4]



Fig 1. Condensing boilers [8]

Examining the influence of inlet and outlet temperatures on overall thermal performance, with a focus on balancing efficiency and system longevity. [5]

Investigating the role of advanced control systems in optimizing the thermal performance of condensing boilers and adapting to varying conditions. [6]

Exploring the potential synergies between condensing boilers and renewable energy sources to further enhance overall efficiency [7].

Conclusion. This research aims to provide a comprehensive analysis of the energy-saving capabilities and thermal performance of condensing boilers. By evaluating their efficiency, identifying influencing factors, and proposing optimization strategies, this study contributes valuable insights to the ongoing efforts towards sustainable and energy-efficient heating systems. The findings will be beneficial for policymakers, engineers, and stakeholders seeking to make informed decisions in the pursuit of a more sustainable energy future.

1 MenY. et al. A review of boiler waste heat recovery technologies in the medium-low temperature range Energy (2021)

2 FirthA. et al. Quantification of global waste heat and its environmental effects Appl. Energy (2019)

3 WangC. et al. Experimental study on heat pipe thermoelectric generator for industrial high temperature waste heat recovery Appl. Therm. Eng. (2020)

4 YanS.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 TrafczynskiM. et al. Energy saving potential of a simple control strategy for heat exchanger network operation under fouling conditions Renew. Sustain. Energy Rev. (2019)

7 Huan Yang a, Xiaolong Lin a, Hejitian Pan a, Sajie Geng a, Zhengyu Chen b, Yinhe Liu Energy saving analysis and thermal performance evaluation of a hydrogen-enriched natural gas-fired condensing boiler International Journal of Hydrogen Energy Volume 48, Issue 50, 12 June 2023, Pages 19279-19296

8 A.G. Olabi Compressed air energy storage systems: components and operating parameters–A review J Energy Storage (2021)

UDK 697.326

RESEARCH ON THE ENERGY EFFICIENCY OF SOLAR PANELS

Ph.D I. Redko¹, Ph.D, Y. Burda², A. Yeremenko¹, S. Hordiienko¹

1 - Ukrainian state university of railway transport, Kharkiv

2 - Kharkiv National University of Urban Economy, Kharkiv

Abstract. Solar energy is a pivotal component in the global transition towards sustainable power sources. This research aims to provide a comprehensive analysis of the energy efficiency of solar panels, examining various technologies, influencing factors, and potential avenues for improvement. By addressing both technological and environmental considerations, this study contributes to the ongoing discourse on enhancing the performance and sustainability of solar energy systems.

Introduction. Solar photovoltaic (PV) technology has emerged as a leading solution for renewable energy generation. This research focuses on evaluating the energy efficiency of solar panels, considering their role in mitigating climate change and meeting the growing global demand for clean energy.

Solar Panel Technologies. Comparative analysis of different solar panel technologies, assessing their efficiency, cost-effectiveness, and suitability for various applications. [1]

Exploring advanced solar cell technologies, such as tandem and multijunction cells, and their potential to achieve higher efficiency levels. [2]

Investigating the impact of sunlight intensity and the angle of incidence on solar panel performance, considering geographical variations.

Analyzing the benefits and challenges of bifacial solar panels, which can capture sunlight from both the front and rear sides. [3]

Highlighting potential advancements in solar panel technology and innovations that could further enhance energy efficiency.

Discussing the role of supportive policies and market dynamics in promoting the adoption of energy-efficient solar panels. [4]

Examining the influence of inlet and outlet temperatures on overall thermal performance, with a focus on balancing efficiency and system longevity. [5]

Investigating the role of advanced control systems in optimizing the thermal performance of condensing boilers and adapting to varying conditions. [6]

Exploring the potential synergies between condensing boilers and renewable energy sources to further enhance overall efficiency [7].

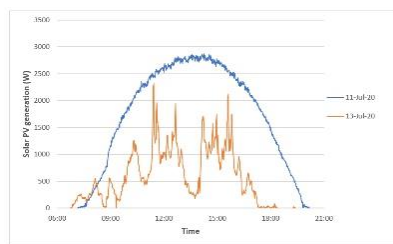


Fig 1. Solar panel activity [8]

Conclusion. This research provides a comprehensive overview of the energy efficiency of solar panels, addressing technological aspects, environmental considerations, and future prospects. The findings aim to inform policymakers, researchers, and industry stakeholders on strategies for improving the efficiency and sustainability of solar energy systems, contributing to the global transition to cleaner and more efficient energy sources.

1 J. Yang et al. Synthesis and application of silver and copper nanowires in high transparent solar cells *Adv. Powder Mater.* (2022)

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 Q. Hou, D. Zhou, J. Feng Coordinate attention for efficient mobile network design *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition, 2021* (2021), pp. 13713-13722

7 Huan Yang a, Xiaolong Lin a, Hejitian Pan a, Sajie Geng a, Zhengyu Chen b, Yinhe Liu Energy saving analysis and thermal performance evaluation of a hydrogen-enriched natural gas-fired condensing boiler *International Journal of Hydrogen Energy* Volume 48, Issue 50, 12 June 2023, Pages 19279-19296

8 A.G. Olabi Compressed air energy storage systems: components and operating parameters—A review *J Energy Storage* (2021)

ANALYSIS OF AN ENERGY-EFFICIENT CONDENSING BOILER DESIGN

Ph.D I. Redko, T. Lavrinov, I. Shukhat, E. Semerynskyi
Ukrainian state university of railway transport, Kharkiv

Abstract. The demand for energy-efficient heating systems has intensified in recent years due to the increasing awareness of environmental sustainability and the rising costs of energy consumption. Condensing boilers have emerged as a promising solution, offering improved efficiency by recovering latent heat from flue gases. This research aims to analyze the design and performance of an energy-efficient condensing boiler, focusing on its key components, operational principles, and environmental impact

Introduction. Traditional boilers often waste a significant amount of energy in the form of latent heat, which is carried away by the flue gases. Condensing boilers address this inefficiency by capturing and utilizing the latent heat, resulting in improved overall efficiency and reduced environmental impact.

Condensing Boiler Technology. Condensing boilers operate by extracting heat from the combustion process, allowing water vapor in the flue gases to condense into liquid form. This latent heat recovery significantly increases the overall efficiency of the boiler. [1]

The condensing boiler's design includes components such as a secondary heat exchanger, a condensate trap, and advanced control systems. Understanding these components is crucial for optimizing performance. [2]

The choice of materials for the heat exchanger and other components plays a vital role in ensuring durability and efficient heat transfer.

Sophisticated control systems are integral to managing the condensing process, optimizing combustion efficiency, and minimizing energy waste. [3]

The increased efficiency of condensing boilers results in lower fuel consumption and, consequently, reduced carbon emissions, contributing to environmental sustainability.

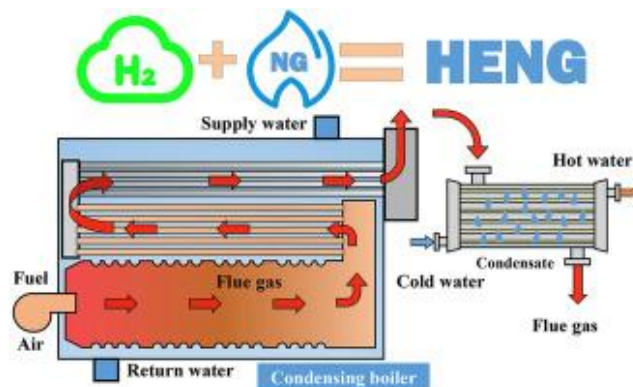


Fig 1. Condensing boilers [8]

An assessment of the entire life cycle of condensing boilers, from manufacturing to disposal, to understand their overall environmental impact. [4]

An economic analysis to evaluate the initial investment required for condensing boilers and the potential long-term energy savings. [5]

Exploration of existing incentives and regulations related to energy-efficient heating systems to provide a comprehensive overview of the economic landscape. [6-7]

Conclusion. This research aims to contribute valuable insights into the design, performance, and viability of energy-efficient condensing boilers. By understanding the operational principles, design features, environmental impact, and economic considerations, stakeholders can make informed decisions regarding the adoption of condensing boiler technology, fostering a more sustainable and energy-efficient future.

1 MenY. et al. A review of boiler waste heat recovery technologies in the medium-low temperature range Energy (2021)

2 FirthA. et al. Quantification of global waste heat and its environmental effects Appl. Energy (2019)

3 WangC. et al. Experimental study on heat pipe thermoelectric generator for industrial high temperature waste heat recovery Appl. Therm. Eng. (2020)

4 YanS.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 MenY. et al. A review of boiler waste heat recovery technologies in the medium-low temperature range Energy (2021)

6 TrafczynskiM. et al. Energy saving potential of a simple control strategy for heat exchanger network operation under fouling conditions Renew. Sustain. Energy Rev. (2019)

7 Huan Yang a, Xiaolong Lin a, Hejitian Pan a, Sajie Geng a, Zhengyu Chen b, Yinhe Liu Energy saving analysis and thermal performance evaluation of a hydrogen-enriched natural gas-fired condensing boiler International Journal of Hydrogen Energy Volume 48, Issue 50, 12 June 2023, Pages 19279-19296

8 S. Mathur et al. Industrial decarbonization via natural gas: a critical and systematic review of developments, socio-technical systems and policy options Energy Res Social Sci (2022)

УДК 621.1

ВИБІР РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПОТУЖНОСТІ КОТЕЛЬНОЇ ЗАВОДУ

CHOICE OF A SOLUTION TO INCREASE THE POWER OF THE BOILER PLANT

*Магістри О. О. Дорофєєв, А. В. Вовна, ст. викладач В. Є. Кадневський
Український державний університет залізничного транспорту, Харків*

*Masters O. O. Dorofeev, A. V. Vovna, Senior Lecturer V. E. Kadnevskyi
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv*

На промислових підприємствах є котельні установки, що доповнюють технологічні агрегати, у яких пара виробляється за рахунок теплоти газу, що спалюється. Устаткування котельної установки умовно розділяють на основне і допоміжне. Допоміжними називають устаткування і пристрої для подачі

палива, живильної води і повітря, для видалення продуктів згоряння, очищення димових газів, видалення золи і шлаку, паропроводи, водопроводи й ін.

На сьогоднішній день котельна техніка розвивається по наступній напрямкам: це збільшення одиничної потужності котельних агрегатів і підвищення параметрів пари, що знижує капітальні витрати. Зменшує питома витрата палива на вироблення електроенергії в паротурбінних установках, а при використанні пари як теплоносія інтенсифікують технологічні процеси.

Спеціалізація котлів по призначенню, у тому числі для технологічних агрегатів, а також по паливу, що дає можливість забезпечити оптимальні техніко-економічні показники їхньої роботи в даних конкретних умовах.

Застосування більш якісних і нових матеріалів при виготовленні котлів, удосконалювання і модульна уніфікація елементів котлів і допоміжного устаткування, що підвищує надійність їхньої роботи і зменшує капітальні витрати на устаткування.

Застосування раціональних конструкцій топкових пристроїв і процесів спалювання палива, систем пилоприготування і тягодуттьових установок, що знижує теплові втрати котлів і витрати електроенергії на власні нестатки.

Використання більш досконалих систем золоуловлювачів і установок для очищення продуктів згоряння від оксидів сірки й азоту, що дає можливість зменшити шкідливі викиди в атмосферу.

Підвищення теплової економічності котельних установок за рахунок використання схованої теплоти паротворення при зниженні температури газів, що ідуть.

Подальший розвиток застосування систем з ЕОМ для комплексної автоматизації роботи котлів, що сприяє підвищенню їхньої надійності й економічності роботи.

Застосування надалі кисню при спалюванні палива, що інтенсифікує процеси горіння і теплообміну, знижує витрати металу на казани і підвищує їхню теплову економічність.

Основні принципи організації експлуатації котелень полягають у тім, щоб забезпечити надійну, економічну і безаварійну роботу устаткування.

Для цього потрібно доручити обслуговування котельні навченому персоналові і періодично підвищувати його кваліфікацію. Забезпечити обслуговуючий персонал "Виробничою інструкцією з обслуговування устаткування котельні" і іншими службовими інструкціями.

Організувати постійний контроль роботи всього устаткування котельні, створити систему технічного обліку, звітності і планування роботи.

Правильно використовувати все устаткування в найбільш економічних режимах, підтримуючи в справності теплову ізоляцію гарячих поверхонь нагрівання і використовувати інші міри для збереження палива, тепла й електроенергії.

Складати і точно виконувати річні графіки попереджувального і капітального ремонтів всього устаткування котельні, маючи необхідну кількість запасних частин, ремонтних і допоміжних матеріалів. Вести

постійний контроль за справним станом працюючого устаткування і вчасно виправляти несправності.

В доповіді наведені рішення, що до вибірну заходів підвищення потужності котельні.

УДК 621.1

ПІДВИЩЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ КОКСОВОГО ГАЗУ ЯК ПАЛИВА ТЕЦ

INCREASING THE USE OF COKE GAS AS THE FUEL OF THE CHP

*Магістри Р. В. Ткаченко, Р. Г. Шупіло, ст. викладач В. Є. Кадневський
Український державний університет залізничного транспорту, Харків*

*Masters R. V. Tkachenko, R. G. Shipilo, Senior Lecturer V. E. Kadnevskyi
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv*

Коксовий газ є основним видом палива коксохім заводів і метзаводів і є побічним продуктом коксування вугілля. Вихід газу відповідає 20-25 % по масі або 400-450 м³/т одержуваного коксу. Коксовий газ вміщує відносно невелику кількість балансу: вміст азоту і вуглекислоти складає 8-16 %.

Висока теплота згорання коксового газу $Q_{гн} = 16000/18000$ кДж/м³ робить його цінним паливом для тепловикористовуючих установок.

Середній склад коксового газу:

- водень (H₂) – 57,9 %;
- метан (CH₄) – 22,5 %;
- важкі вуглеводи (C_n H_m) – 1,9 %;
- вуглекислий газ (CO₂) – 2,3 %;
- окис вуглецю (CO) – 6,8 %;
- азот (N₂) – 7,8 %;
- кисень (O₂) – 0,8 %.

За даними виробничого відділу коксохімічного заводу збиток коксового газу складає приблизно 185 тис. нм³/год, при цьому 60/70 тис. нм³/год використовується в якості палива на ТЕЦ. Але широке використання коксового газу на ТЕЦ ускладнюється інтенсивною низькотемпературною корозією «хвостових» поверхонь нагріву повітря підігрівача і водяного економайзера.

Звісно, що при спалюванні коксового газу (при вмісті H₂S = 2,7 г/нм³) утворюється сірчаний ангідрид SO₂.

У доповіді наведені шляхи зменшення брудного впливу спалювання коксового газу.

СЕКЦІЯ 3

ТЯГОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

УДК 629.4.053

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВІДЕО КОНТРОЛЮ ВЗАЄМОДІЇ ТОКОПРИЙМАЧА З КОНТАКТНОЮ МЕРЕЖОЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

AN AUTOMATED VIDEO CONTROL SYSTEM INTERACTIONS OF THE CURRENT RECEIVER WITH THE CONTACT NETWORK OF AN ELECTRIC ROLLING STOCK

*Д.т.н., Ю. Є. Калабухін, докторант О. В. Артеменко
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*Yu. Ye. Kalabukhin, Dr. Sc. (Tech.), O. V. Artemenko, doctoral student
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

У процесі експлуатації електричного рухомого складу, особливо при високих швидкостях руху, виникає ризик серйозного пошкодження струмознімальних пристроїв в наслідок утворення перешкод та дефектів на контактних проводах, а саме розрегулювання вузлів контактної підвіски, обрив кріплень, зносу елементів контактної мережі або виходу з ладу струмоприймача, дефектів з обох сторін може бути безліч, що призводить до аварійної ситуації з пошкодження контактної мережі або виходу з ладу самого струмоприймача рухомого складу. Для запобігання таким аваріям необхідно забезпечити безперервний контроль стану вузлів струмоприймача та характер його взаємодії з контактною підвіскою. Безперервний контроль стану струмоприймачів у процесі експлуатації забезпечує якісний та надійний струмозйом, а також дозволяє запобігти перервам у русі поїздів та зменшити матеріальні витрати, спричинені руйнуванням струмознімальних пристроїв та контактної мережі.

Для реалізації безперервного контролю взаємодії струмоприймача та контактної мережі пропонується автономний пристрій контролю за взаємодією струмоприймача з контактним проводом, шляхом автоматичної оцінки стану струмоприймача та елементів контактної підвіски шляхом формування аналізу та дешифрування відеозображення в реальному часі з достовірним визначенням географічних координат місць дефектів.

Дана система встановлюється безпосередньо на тяговий рухомий склад, що діє, і є системою експрес-діагностики роботи струмоприймача в реальних умовах експлуатації рухомого складу в будь-який час доби і року. Це забезпечує практично постійне діагностування стану струмоприймача та контактної мережі на лініях, що охоплюються маршрутами поїздів. Є можливість налаштувати систему для контролю різних типів та конструкцій струмоприймачів.

Основним вузлом системи є блок електроніки обладнаний знімним накопичувачем інформації, блок має внутрішнє автономне джерело живлення від акумуляторної батареї напругою 12 В, є можливість підключення зовнішнього джерела живлення (бортове живлення від рухомого складу) через перетворювач напруги з гальванічної розв'язкою. Системою живлення пристрою керує мікроконтролер, встановлений у блоці електроніки. При цьому рішенні електроживлення, забезпечується автономність і безперебійність роботи системи. Також до складу входять відеокамери зовнішньої установки високої роздільної здатності кольорового зображення (FullHD 1920x1080 30 кадр). підсвічуванням для зйомки у темний час доби (4 шт.), модуль GSM/GPS з комбінованою антеною.

Розроблено та випробувано на електровозі серії ВЛ11 прототип автоматизованої системи типу «ВІЗИР-4» для моніторингу стану струмоприймача та контактної мережі з використанням програмно-апаратного комплексу.

Застосування системи дозволило своєчасно виявляти відхилення у положенні контактного дроту у горизонтальній та вертикальній площині, несправності обладнання ЛЕП та струмоприймача, своєчасно передати сигнал попередження оператору на сервер для прийняття рішень з усунення дефектів відповідними службами.

Дана система є повністю автономною, дозволяє встановлювати її на електровоз будь-якої серії.

УДК 629.08: 338.18.78

ВИРОБНИЧА ЛОГІСТИКА КОМПАНІЇ ALSTOM TRANSPORT ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ

*д. техн. наук О. В. Устенко, к. філос. наук В. І. Павлов
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

PRODUCTION LOGISTICS OF THE ALSTOM TRANSPORT COMPANY AND FEATURES OF ITS IMPLEMENTATION

*O. V. Ustenko, D. of Engineering, V. I. Pavlov, PhD
Ukrainian State university of railway transport (Kharkiv)*

За останні десятиріччя визнаним лідером виробництва електричного обладнання – французькою компанією *Alstom* – був розбудований парк високошвидкісних локомотивів (TGV), який налічує понад 500 одиниць, кожен з яких має щорічний пробіг 450,0 тис. км з збільшенням обсягів перевезень на 40%. Досягти таких показників компанії-виробнику вдалось завдяки впровадженню низки інноваційних технологій, серед яких головною є поступовий відхід електричного рухомого складу від тягових електричних двигунів (ТЕД) постійного струму до новітніх асинхронних двигунів, що дозволяє використовувати всі мережі електричної напруги, які використовуються у Європі.

Якість експлуатації локомотивів, що забезпечується компанією-виробником *Alstom*, ґрунтується на суворому виконанні вимог обслуговування ЕРС. Головна мета політики обслуговування – виробництво, надання і заміна (у випадку необхідності) матеріалів (запчастин, агрегатів тощо), які відповідають вимогам оперативної сумісності і безпеки.

Обслуговування рухомого складу в компанії поділяється на два типи - планове і корегувальне, між якими виробник прагне досягти найбільшої ефективності.

Планове обслуговування ЕРС запроваджується у відповідності до наперед заданих критеріїв, метою яких є уникнення несправностей і невідповідності функцій обладнання встановленим стандартам. До цих критеріїв відносять системність (що враховує нормативну довжину пробігу локомотиву, загальну кількість перевезених пасажирів та вантажів, кількість здійснених операцій з перевезення, тощо) та умовність (залежність від певних подій експлуатації або стану обладнання локомотиву, аналізу інформаційних показників датчиків, нормативів зносу певних запчастин та агрегатів). Втім, планове обслуговування не може повністю виключити корегувальне втручання, оскільки внаслідок непередбачених та випадкових факторів вже на цієї стадії можуть виявитися значні невідповідності стандартним вимогам експлуатації.

Корегувальне обслуговування складається з технічного обслуговування (виправлення чи усунення невеликих ушкоджень) і позапланового (неочікуваного) ремонту (роботи над значними ушкодженнями).

Основна мета виробничої логістики компанії *Alstom* не обмежується виключно оптимізацією засобів ТО і ПР (раціональним використанням необхідного обладнання та запасів матеріалів) і запобіганням непродуктивних виробничих операцій, але і прагне до постійного пошуку можливостей вдосконалення технічного утримання парку локомотивів. Досягнення цієї мети забезпечується завдяки попередньому програмуванню можливих несправностей, які залежать від своєчасності і якості обслуговування ЕРС. Загальна інтерпретація програмування можливих несправностей ЕРС компанією *Alstom* наведена на рис. 1.

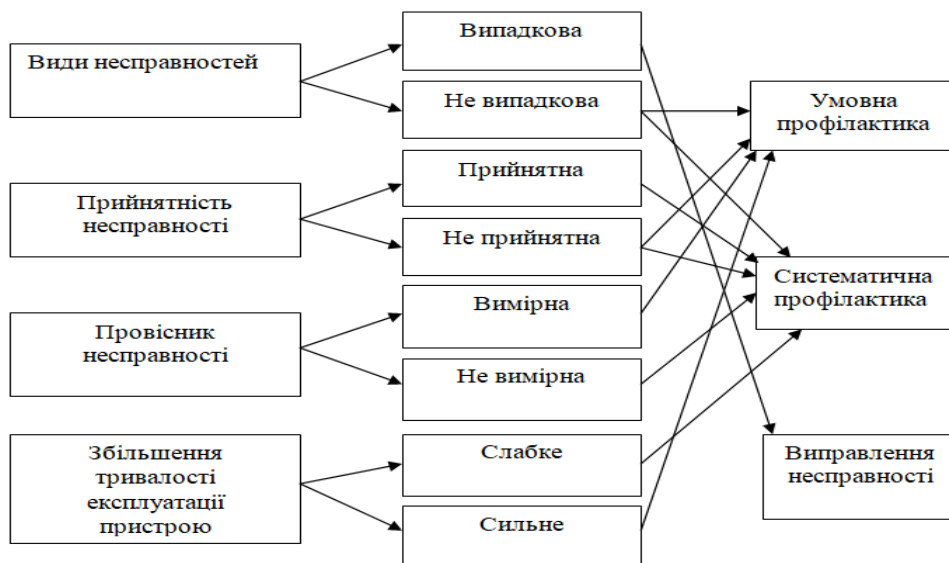


Рис. 1. Схема виробничої логістики компанії *Alstom*

Виробнича логістика компанії *Alstom* об'єднує 28 Центрив постачання (в тому числі 5 Центрив TGV, що обслуговують високошвидкісні потяги) і 10 майстерень, 3 з яких спеціалізуються безпосередньо на проведенні ТО і ПР TGV). Всі вони функціонують на базі підприємств Національної компанії залізниць Франції (SNCF).

Призначення Центрив постачання (ЦП) ґрунтується на виконанні функцій проектування, виробництва і здачі в експлуатацію нових локомотивів, зміни їх модифікацій, складання планів і програм обслуговування, проведення КР і ПР найвищої складності, контролю якості, безпеки руху, витрат тощо. На них також покладається відповідальність по забезпеченню майстерень необхідними матеріалами для обслуговування ЕРС.

ЦП також здійснюють роботи по встановленню й обслуговуванню обладнання майстерень SNCF, контролюють їх відповідність затвердженим стандартам.

Майстерні SNCF спеціалізуються на проведенні технічного контролю парку рухомого складу. При безпосередньому керівництві ЦП вони організують ТО і ПР незначної складності та сприяють оптимізації взаємодії «обслуговування-експлуатація», а саме забезпечують переміщення допоміжних транспортних засобів, збирання і підготовку рухомого складу до відправлення, своєчасне надання їх користувачам.

УДК 621.316.1

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ

NEURAL NETWORK MODEL FOR MONITORING THE STATE OF LOCOMOTIVE TRACTION ENGINES

*Д.т.н., О. М. Ананьєва, д.т.н., М. М. Бабаєв, к.т.н., М. Г. Давиденко,
к.т.н., В. В. Панченко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*О. М. Ananieva, Dr .Sc. (Tech), М. М. Babaiev, Dr .Sc. (Tech),
М. Н. Davydenko, PhD (Tech.), V. V. Panchenko, PhD (Tech.)
Ukrainian state university of railway transport (Kharkiv)*

Основна частина парку локомотивів, що експлуатуються на залізничному транспорті України, мають низьку економічність та не можуть забезпечити належного підвищення швидкостей руху вантажних і пасажирських поїздів. Частина потенційно активного локомотивного парку знаходиться в непрацездатному стані та потребує значного відновлення. Спостерігається стійка динаміка збільшення експлуатаційних витрат на утримання наявного

парку локомотивів. У короткостроковій перспективі неможливо оновити необхідну кількість активного парку електровозів та тепловозів, тому в АТ «Укрзалізниця» запропоновано відповідні «Базові проекти» їхнього відновлення і модернізації [1].

Для підвищення надійності функціонування локомотивів необхідно мати достовірні відомості про технічний стан їхніх окремих вузлів. Статистичні дані щодо надійності обладнання тягового рухомого складу (ТРС) показують, що велика частка відмов припадає на тягові двигуни (ТЕД) і вона зростає зі збільшенням терміну експлуатації. Ресурс багатьох ТЕД вироблений чи перебуває у стані, наближеному до виробленого. Відмови ТЕД у процесі роботи можуть призвести до незапланованих простоїв та коштовного технічного обслуговування, якщо вони не будуть своєчасно виявлені. Затримки поїздів при пошкодженнях ТЕД призводять до значних економічних збитків. У зв'язку з цим виникає необхідність розроблення нових методів діагностики ТЕД на основі контролю фактичного стану, що істотно підвищить надійність їхньої роботи.

Без регулярної діагностики неможливо повноцінно оцінити стан залишкового ресурсу двигуна. Перед повною відмовою в ТЕД зазвичай виникають несправності, що зароджуються. Вони мають незначний вплив на роботу двигуна, але в кінцевому підсумку призводять до його повного виходу з ладу. Якщо ці несправності будуть виявлені якомога раніше, можна запланувати планове технічне обслуговування, яке запобігатиме будь-яким незапланованим зупинкам. Отже, в умовах фізичного старіння ТРС, моніторинг та впровадження сучасних методів і засобів діагностування ТЕД на основі контролю їхнього фактичного стану у реальному часі є актуальною науково-прикладною проблемою [1, 2].

Складні умови експлуатації ТЕД привели до створення значної кількості різних систем моніторингу їхнього стану на всіх етапах роботи, що є найважливішим аспектом підтримки їхньої надійності. Моніторинг стану включає в себе безперервний контроль різних параметрів та умов для виявлення будь-яких потенційних проблем чи відхилень у роботі ТЕД, що дає змогу оптимізувати їхню роботу, розширити тривалість життя та мінімізувати час простою [3-5].

Для вирішення поставленої проблеми розроблено багатошарову нейронну мережу з прямою передачею сигналу і зворотним розповсюдженням помилки.

Розглянуто її архітектуру, принципи побудови, навчання, перевірки на адекватність. Запропонована нейромережева модель дає змогу контролювати працездатний стан ТЕД постійного струму та визначати їх пошкодження у реальному часі.

[1] Концепція (прогнозна) роботи з парком локомотивів АТ «Укрзалізниця» до 2033 року. URL: <https://www.railway.supply/wp-content/uploads/2021/08/konczepczyia-2033.-yak-ukrzalizniczya-planu%D1%94-zabezpechuvati-sebe-lokomotivami.pdf>

[2] Математична модель процесу розповсюдження високочастотних сигналів у колах живлення тягових двигунів постійного струму / С. В. Панченко, О. М. Ананьєва, М. М. Бабаєв, М. Г. Давиденко, В. В. Панченко. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. № 1. С. 3-10. DOI: <https://doi.org/10.18664/iksz.v28i1.276286>.

- [3] He, X., Ju, Y., Liu, Y., Zhang, B. (2017). Cloud-Based Fault Tolerant Control for a DC Motor System. *Journal of Control Science and Engineering*, 2017, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/5670849>
- [4] S. Munikoti, L. Das, B. Natarajan and B. Srinivasan. Data-Driven Approaches for Diagnosis of Incipient Faults in DC Motors. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. Vol. 15, No. 9, pp. 5299-5308, Sept. 2019, doi: 10.1109/TII.2019.2895132.
- [5] S Zhang, J., Zhan, W., & Ehsani, M. (2018). On-line diagnosis of inter-turn short circuit fault for DC brushed motor. *ISA Transactions*, 77, 179-187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2018.03.029>

УДК 621.314

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ З ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ

INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH FREQUENCY CONVERTER

К.т.н., В. П. Нерубацький, аспірант Д. А. Гордієнко

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

V. P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), D. A. Hordiienko, Postgraduate student

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

На сучасному залізничному тяговому рухомому складі широко використовуються асинхронні електродвигуни (АД). Найбільш часто для регулювання швидкості та обертового моменту АД використовуються перетворювачі частоти, які працюють з синусоїдальною або просторово-векторною широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ) [1, 2].

Підвищення енергоефективності асинхронного електроприводу є важливим напрямком розвитку електротехніки та електромеханіки. Підвищення ККД асинхронних електродвигунів пов'язано зі збільшенням полюсів, зниженням опору обмоток та збільшенням коефіцієнта потужності [3, 4]. Крім того, для забезпечення максимального ККД асинхронного двигуна раціональним є його використання з повним (номінальним) навантаженням.

Важливим також є підвищення ККД перетворювачів частоти в асинхронному електроприводі [5, 6]. Зниження втрат потужності в системі «перетворювач частоти – асинхронний двигун», крім конструктивних методів, може бути досягнуто за рахунок застосування алгоритмічних методів (системи керування або режими роботи). Більшість загальнопромислових перетворювачів частоти мають можливість конфігурації та завдання частоти модуляції. При збільшенні частоти модуляції збільшуються втрати потужності в силових ключах автономного інвертора напруги (АІН). У той же час при збільшенні частоти комутації покращується синусоїдальність фазного струму інвертора, внаслідок чого знижуються додаткові втрати потужності в обмотках АД від вищих гармонік.

Спотворення фазного струму з коефіцієнтом гармонічних спотворень 50 % спричиняє збільшення втрат потужності в електричній мережі приблизно на

25 %. Таким чином, одним із шляхів покращення енергоефективності асинхронного електроприводу з перетворювачем частоти є оптимізація частоти комутації силових ключів.

Імітаційну модель автономного інвертора напруги з асинхронним двигуном, розроблену у програмному середовищі Matlab, наведено на рис. 1. Моделювання роботи системи АІН–АД виконано при номінальній навантаженні двигуна (номінальному постійному моменті опору і номінальній швидкості).

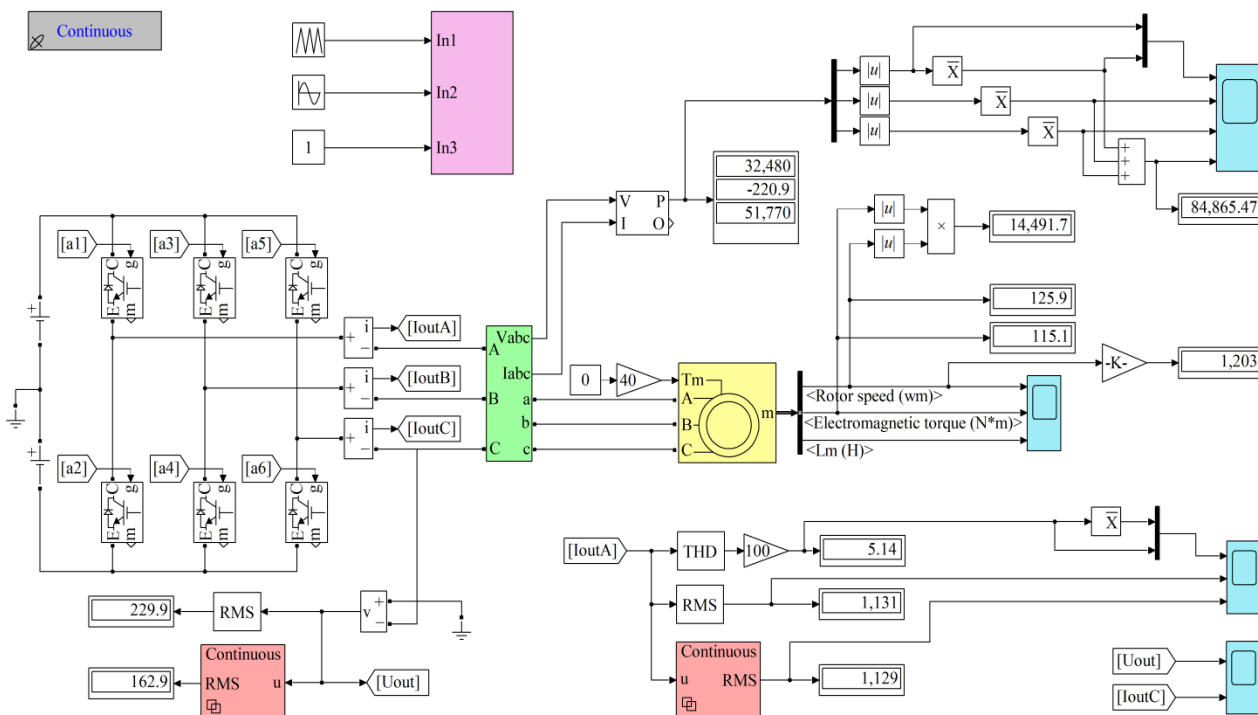


Рис. 1. Імітаційна модель системи АІН–АД

В процесі моделювання змінювалась лише частота модуляції ШІМ і, відповідно, частоти комутації силових ключів. За результатами моделювання величина першої гармоніки вихідної напруги та вихідного струму від зміни частоти модуляції практично не змінюється, проте вміст вищих гармонік з ростом частоти ШІМ знижується, внаслідок чого знижується середньоквадратичне значення фазного струму і, відповідно, знижуються втрати потужності в активному опорі обмоток двигуна.

Виходячи з проведених досліджень АІН на силових транзисторах типу PS21A79 та АД потужністю 3,7 кВт оптимальною частотою модуляції в ШІМ є частота 1200 Гц. При цьому варто зазначити, що в діапазоні частот від 1 кГц до 2 кГц сумарні втрати потужності ростуть несуттєво. В діапазонах частот нижче 1 кГц та вище 2 кГц втрати потужності зростають.

[1] Radchenko, N., Nekrasov, A., Latyshev, K., Hrytsai, O. (2022). Research of energy efficiency of start-up of asynchronous electric drives with scalar frequency control. 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), 1–6. DOI: 10.1109/MEES58014.2022.10005656.

[2] Khomenko, I. V., Nerubatskyi, V. P., Plakhtii, O. A., Hordiienko, D. A., Shelest, D. A. (2023). Research and calculation of the levels of higher harmonics of rotary electric machines in active-adaptive networks. 4th International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF-2023). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1254. 012040, 1–15. DOI: 10.1088/1755-1315/1254/1/012040.

[3] Ion, C., Peter, I. Manufacturing of induction motors with super premium efficiency. 2022 International Conference

- and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE). 2022. P. 47–50. DOI: 10.1109/EPE56121.2022.9959834.
- [4] Nerubatskyi, V. P., Plakhtii, O. A., Hordiienko, D. A., Karpenko, N. P. (2021). Simulation of power losses in the frequency converter. *Modern engineering and innovative technologies*, 16, 1, 44–57. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-16-01-035.
- [5] Yao, K., Xiao, H. Analysis of frequency control system in single-phase asynchronous motor. (2020). 2020 IEEE 1st China International Youth Conference on Electrical Engineering (CIYCEE), 1–7. DOI: 10.1109/CIYCEE49808.2020.9332777.
- [6] Plakhtii, O., Nerubatskyi, V., Hordiienko, D. (2022). Efficiency analysis of DC-DC converter with pulse-width and pulse-frequency modulation. 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 571–575. DOI: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926762.

UDC 621.33

FEATURES OF THE USE RECUPERATION BRAKING ON ELECTRIC ROLLING STOCK OF DC RAILWAYS

*V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), D.A. Hordiienko, Postgraduate student
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Recuperation braking in railway transport is the process of converting the kinetic energy of train movement into electrical energy by traction electric motors operating in generator mode. The generated electrical energy is transmitted to the contact network, unlike rheostat braking, in which the generated electrical energy is extinguished on the braking resistors, that is, it is converted into heat and dissipated by the cooling system [1, 2].

Recuperation braking is used to slow down electric rolling stock in cases where it is going down a relatively gentle slope and the use of an air brake is irrational. That is, recuperation braking is used to maintain a set speed when the electric rolling stock moves downhill. This type of braking provides significant energy savings, as the generated electrical energy is transferred to the catenary network and can be used by other electric rolling stock on this section of the catenary network [3, 4].

One of the disadvantages of DC substations is that they cannot return recovery energy from the DC network to the AC network unless the substation has recuperation inverters. Recuperation electric brakes can only work when the braking electric rolling stock is simultaneously accelerated by another electric rolling stock. Since the protection control of the on-board converter depends on the voltage of the catenary network on the pantograph, the functioning of the recuperation braking under such conditions cannot be guaranteed. When the recuperation braking force is insufficient, mechanical pneumatic braking is additionally used to compensate for the braking force. The energy absorbed by the mechanical brake is lost due to heating and wear of the brake disk, which requires periodic maintenance of the rolling stock. The concept of pure electric braking creates a strategy for making the most efficient use of recuperation electric braking [5, 6].

In railway traction, there are two challenges to making full use of recuperation electric braking:

– determining the speed of movement at slow speeds is difficult, therefore electrical braking is replaced by mechanical braking at very low speed;

– sufficient braking force cannot be generated at high speed range according to field weakening.

In Fig. 1 shows the proposed concept of electric braking on an electrified DC railway. To eliminate the first drawback, speed determination using a digital observer with double sampling is proposed in order to stabilize the control of traction force at low speeds. The best use of electric brakes is to start with less braking force and stop with maximum effort at low speed.

To solve the second drawback, as well as for a better exchange of electrical energy with other electric rolling stock, it is necessary to change the driving mode: it is necessary to constantly apply only a small braking force at high speeds. This driving mode is called a "constant power braking scheme". However, the braking mode is complicated with manual control by the train driver. Therefore, it is advisable to use automatic electric rolling stock stop control or automatic drive mode, which is well suited for such a braking mode.

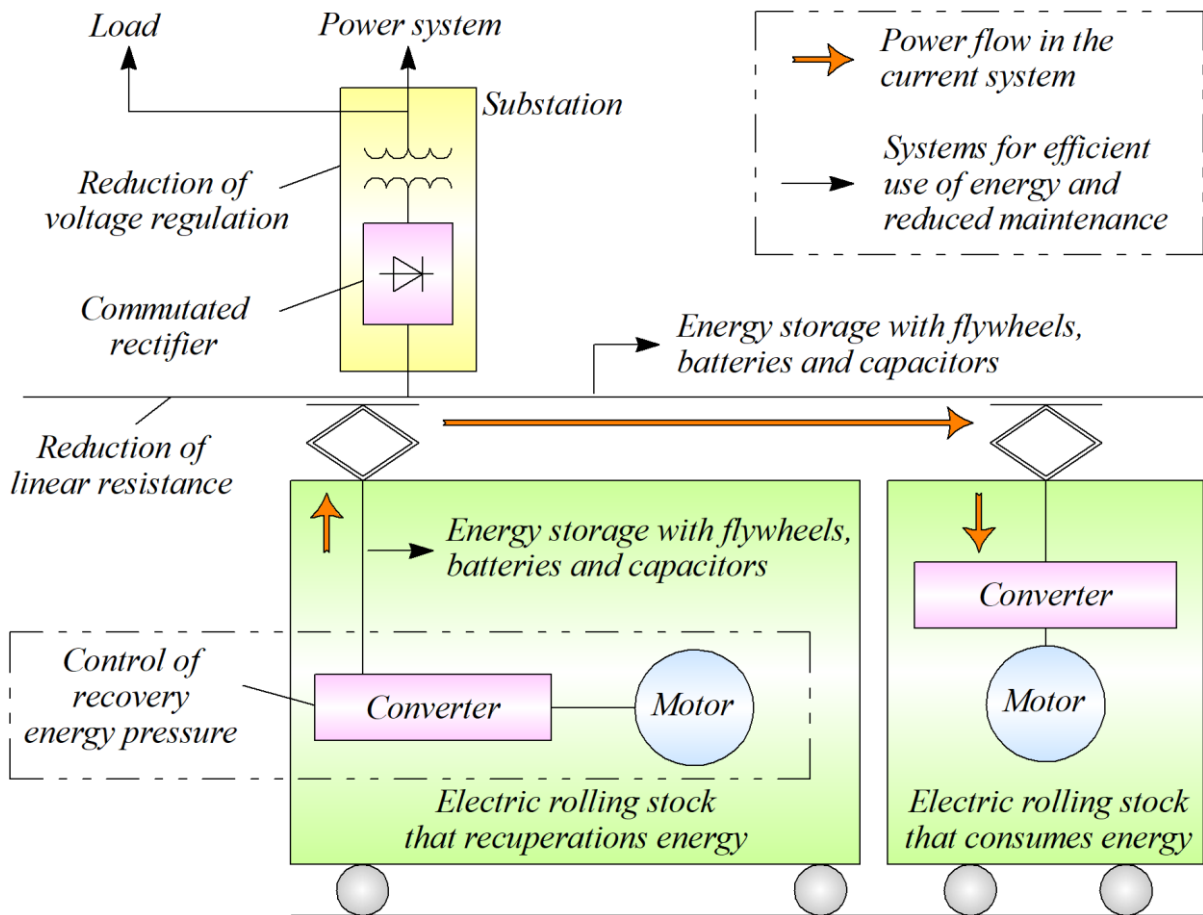


Fig. 1. Energy flow during recuperation braking

Control of the protection of the on-board converter from low voltage, as well as the introduction of the continuous recuperation mode on the on-board inverters ensure an effective increase of the recuperation energy in the contact network during the electrification of DC railways. And the introduction of DC recuperation substations is one way to guarantee recuperation braking.

- [1] Diab, I., Mouli, G., Bauer, P. (2023). Increasing the braking energy recuperation in electric transportation grids without storage. 2023 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC), 1–5. DOI: 10.1109/ITEC55900.2023.10186994.
- [2] Nerubatskyi, V., Plakhtii, O., Hordiienko, D., Podnebenna, S. (2021). Synthesis of a regulator recuperation mode a DC electric drive by creating a process of finite duration. 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 272–277. DOI: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575792.
- [3] Khodaparastan, M., Mohamed, A., Brandauer, W. (2019). Recuperation of regenerative braking energy in electric rail transit systems. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 20, 8, 2831–2847.
- [4] Nerubatskyi, V. P., Plakhtii, O. A., Hordiienko, D. A., Syniavskiy, A. V., Philipjeva, M. V. (2022). Use of modern technologies in the problems of automation of data collection in intellectual power supply systems. Modern engineering and innovative technologies, 19, 1, 38–51. DOI: 10.30890/2567-5273.2022-19-01-058.
- [5] Menicanti, S., Benedetto, M., Lidozzi, A., Solero, L., Crescimbeni, F. (2020). Recovery of train braking energy in 3 kV DC railway systems: a case of study. 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 589–594. DOI: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161912.
- [6] Plakhtii, O., Nerubatskyi, V., Hordiienko, D. (2022). Efficiency analysis of DC-DC converter with pulse-width and pulse-frequency modulation. 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 571–575. DOI: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926762.

УДК 629.08:338.18.78

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ

DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED MOVEMENT

д. т. н. О. В. Устенко, магістри О. О. Гончар, А. І. Григоров
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

O. Ustenko, D.Sc. (Tech.), O. Gonchar, A. Grigorov, master students
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Натепер у світі розробляються концепції, та виготовляються дослідні зразки тягового рухомого складу для експлуатації на шляхах високої швидкості. Світові виробники зорієнтовані на підвищення швидкості електрорухомого складу при одночасному зменшенні шкідливих викидів в атмосферу.

Нині можна розглянути наступні види тягового рухомого складу:

- CRH-380A (швидкісний поїзд Китаю) максимальна швидкість 380 км/год
- ICE (Німеччина) максимальна швидкість 330 км/год
- Сінкансен (Японія) максимальна швидкість 320 км/год
- TGV (Франція) максимальна швидкість 320 км/год
- Alta Velocidad Española (Іспанія) максимальна швидкість 300 км/год
- Українська залізнична швидкісна компанія (УЗШК) максимальна швидкість 200 км/год.

Найбільш перспективним напрямком розвитку тягового рухомого складу є розвиток тягового рухомого складу на альтернативних джерелах енергії. В якості альтернативних джерел ряд світових виробників пропонують наступні концепції:

- Alstom Coradia iLint (Німеччина): Цей поїзд був представлений компанією Alstom у Німеччині та став першим у світі комерційним поїздом на водневих паливних елементах. Він почав експлуатуватися у Нижньосаксонському регіоні Німеччини.

- JR West's Hydrogen Liner (Японія): У Японії компанія JR West розробляє водневі поїзди, включаючи модель Hydrogen Liner, призначену для регіональних маршрутів.

- Coradia Polyvalent iLint (Франція): Компанія Alstom також представила водневий поїзд Coradia Polyvalent iLint у Франції.

На наш погляд, найбільш перспективними вважають високошвидкісні поїзди на водневому паливі, або поїзди з технологією магнітної левітації.

Так високошвидкісні поїзди та експериментальні проекти можуть використовувати водень як паливо для водневих паливних елементів або водневих двигунів внутрішнього згорання, а високошвидкісні поїзди з технологією магнітної левітації зазвичай використовують електроенергію для створення магнітного поля, що підтримує поїзд у повітрі, та для створення тягового зусилля.

При впровадженні в Україні поїздів на водневому паливі ми зменшимо викиди вуглецю та зменшення залежності від традиційних джерел енергії та значно зможемо збільшити швидкість поїзда.

Переваги водневих поїздів включають:

- Екологічність: Поїзди на водні не виділяють шкідливі викиди під час експлуатації, оскільки основним відходом є вода.

- Зменшення залежності від нафти: Водень можна виробляти з різних джерел, включаючи відновлювані енергії, що зменшує залежність від нафти та сприяє диверсифікації енергетичних джерел.

- Тиша та комфорт: Електричні поїзди, включаючи водневі, зазвичай більш тихі та комфортабельні, порівняно з поїздами, які використовують традиційні двигуни внутрішнього згорання.

- Висока енергетична щільність: Водень має високу енергетичну щільність, що означає, що він може забезпечувати високий рівень енергії при малій вазі. Це особливо важливо для залізничного транспорту, де вага палива є критичним фактором ефективності.

- Дальність поїздки: Транспорт на водневому паливі має більшу дальність поїздки, порівнянну з дизельним паливом.

Водневе паливо в Україні може поступово витіснити дизельне на неелектрифікованих ділянках залізниці, які розташовані у віддалених районах країни. Потяги курсують такими маршрутами лише кілька разів на день. Тому витрати на електрифікацію цих ділянок значно перевищують вартість закупівлі поїздів на водневому паливі.

Укрзалізниця – це готовий майданчик для енергетичної трансформації та місткий ринок збуту для вітчизняних виробників водневого палива. Мотивація така сама – відсутність викидів, низький рівень шуму, вище швидкість та дальність і той факт, що це значно дешевше, ніж тягнути електрику у віддалені регіони.

Для поступового введення поїздів на водневому паливі потрібно буде підготувати інфраструктуру:

- Оптимізувати технології виробництва зберігання та транспортування водню для України

- Розробити стандарти безпеки, зберігання, транспортування та застосування.

[1] Сертифікація, експлуатація та обслуговування рухомого складу високошвидкісних магістралей / Скрєбков Олексій Валентинович, Олександр Вікторович Устенко, Treuil Jean Louis // [Текст], 2018. - №1 – л. 170

УДК 629.423.2:681.518.54

КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОЛІСНО-РЕДУКТОРНОГО БЛОКУ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА МЕТОДОМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

CLASSIFICATION OF THE TECHNICAL CONDITION FOR THE TRACTION GEARBOXES OF ELECTRIC TRAIN USING A MACHINE LEARNING TECHNIQUE

*д. т. н. В. Г. Пузир, к. т. н. С. В. Михалків, аспірант О. Ю. Саутін
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*V. Puzyr, D.Sc. (Tech.), S. Mykhalkiv, PhD (Tech.), O. Sautin, graduate student
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Відповідно до правил ТО й ПР електропоїздів і електросекцій ЦТ-0046 упродовж потокового ремонту ПР-1 необхідно за попередньо складеним графіком здійснити прослуховування фонендоскопом від 4 до 6 колісно-редукторних блоків (КРБ) в електропоїзді, зокрема прослухати тяговий редуктор, моторно-якірні й буксові підшипники. У разі виявлення сторонніх шумів та наявного осьового розбігу валу шестерні більше 1,2 мм здійснити ревізію тягового редуктора КРБ. Для цього провести демонтаж ТЕД та транспортувати КРБ до колісно-редукторного відділення для подальшого розбирання.

Однак неодноразово траплялись випадки, коли візуальний огляд або прослуховування КРБ на оглядовому стійлі визнавало тяговий редуктор непридатним до експлуатації та ухвалювалося рішення відправки в ремонт, проте після розбирання жодної несправності виявлено не було, що призводило до втрати багато часу (викочування КРБ з-під вагону з подальшим транспортуванням та розбиранням КРБ триває біля 4 годин при відведеній нормі часу на весь ПР-1 — 12 год). Тому впровадження вібродіагностування дозволить визначати технічний стан КРБ з високою достовірністю та позбавляти потреби здійснювати зайві трудомісткі операції [1].

Традиційні спектральні методи вібродіагностування, які полягають в побудові широкосмугових спектрів вібрації і спектрів обвідної вібрації зазнають невдачі у виділенні ознак несправностей елементів підшипників кочення, що пов'язано зі специфікою випробувань КРБ на стенді, коли згідно з технічними картами КРБ слід встановлювати на стенд зі злитим з тягового редуктора мастилом. Подальше розкручування шестерні справного КРБ на

випробувальному стенді відбувалось до частоти обертання 742 хв^{-1} та провадилась реєстрація віброприскорень віброакселерометром. Розрахований широкосмуговий спектр вібрації містив сильно виражені дві гармоніки зубозачеплення $f_z = 267 \text{ Гц}$ і $2 \cdot f_z = 534 \text{ Гц}$ та сильний резонансний сплеск у діапазоні частот $6 — 9 \text{ кГц}$ (рис. 1 а). На спектрі обвідної вібрації, отриманому в діапазоні $6 — 9 \text{ кГц}$ наявні два сильно виражених імпульси на частотах 100 Гц і 200 Гц , які не належать жодній розрахованій частоті обертання елементу підшипника кочення або зубчастого зачеплення в оточенні яких розташовані бічні смуги з шириною 12 Гц , що відповідає частоті обертання шестерні f_{061} (рис. 1 б).

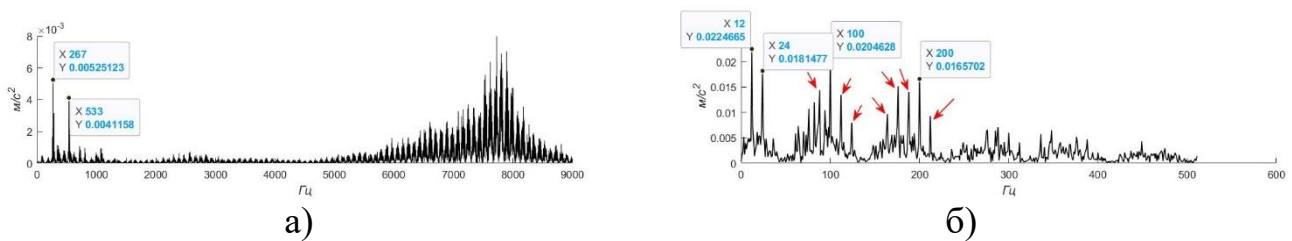


Рис. 1. Широкосмуговий спектр та спектр обвідної вібрації ТЗП

Аналогічні дослідження провадились для КРБ з пошкодженою шестернею (відкол зуба) та підшипника кочення (руйнування внутрішнього кільця). Широкосмуговий спектр вібрації містив одну сильновиражену гармоніку f_z , а спектр обвідної вібрації на відміну від аналогічного для справного КРБ носив повністю випадковий характер із вираженою гармонікою f_{061} .

Отже, згідно з [2] наявність на широкосмугових спектрах вібрації гармонік зубозачеплення свідчить про незадовільне змащення, що відповідає згаданим технологічним вимогам стосовно випробувань КРБ на стенді, однак поява гармонік частот обертання шестерні kf_{061} на спектрі обвідної вібрації означає наявне пошкодження шестерні, що не відповідає дійсності й спотворює результати діагностування, а значущість спектральних методів перетворюється на другорядну.

Далі обчислювались статистичні індикатори в часовому просторі вібрації для справного й несправного КРБ. Середньоквадратичне значення вібрації (RMS) $\text{RMS}_{\text{справний}} = 0,039 \text{ м/с}^2$, $\text{RMS}_{\text{несправний}} = 0,068 \text{ м/с}^2$; хрест-фактор (Crest) $\text{Crest}_{\text{справний}} = 1,272$, $\text{Crest}_{\text{несправний}} = 1,327 \text{ м/с}^2$; ексцес (Skew) $\text{Skew}_{\text{справний}} = -0,094$, $\text{Skew}_{\text{несправний}} = 0,102$; ексцес (Kurt) $\text{Kurt}_{\text{справний}} = 5,49$, $\text{Kurt}_{\text{несправний}} = 43,41$. Серед перелічених індикаторів найвищу чутливість до зміни технічного стану продемонстрував ексцес, однак через потребу в розробці порогових значень технічного стану відповідних типів обладнань ефективно використовувати згадані індикатори не вдається.

Зважаючи на перелічені особливості та недоліки традиційних методів, запропоновано здійснювати бінарну класифікацію технічного стану КРБ упродовж випробувань методом машинного навчання з учителем, а саме методом опорних векторів (SVM). Для навчання попередньо формувались чотири набори даних розрахованих статистичних індикаторів: Skew і Kurt; Kurt

i Crest; RMS i Crest; Kurt i RMS. В усіх наборах точність навчання дорівнювала 100 %, що визначає прийнятність методу SVM провадити бінарну класифікацію технічного стану КРБ у згаданих несприятливих обставинах.

[1] Бульба В. І. Удосконалення технології вібродіагностування тягових редукторів електропоїздів: дис. ... канд. техн. наук. Харків, 2021. 186 с.

[2] Randall R. B. (2021). *Vibration-based condition monitoring*. NJ: John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 978-1-119-47755-6

УДК 629.4.083

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗБУДЖЕННЯ ЗБУДЖУВАЧА ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА ТЕПЛОВОЗІВ СЕРІЇ 2ТЕ116

IMPROVEMENT OF THE EXCITATION SYSTEM OF THE TRACTION GENERATOR EXCITER OF DIESEL LOCOMOTIVES OF THE 2TE116 SERIES

*д. т. н. В. Г. Пузир, к. т. н. О. М. Обозний,
аспірант А. С. Залата*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*V. Puzyr, D.Sc. (Tech), O. Obozny, PhD (Tech.),
A. Zalata, graduate student
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Витрати енергії на збудження синхронного тягового генератора складаються із витрат енергії на збудження самого синхронного генератора та синхронного збуджувача [1]. Збуджувач призначений для живлення (через напівкерований випрямляч) постійним струмом обмотки збудження тягового генератора. Він відноситься до допоміжних тягових електричних машин і є однофазним синхронним генератором підвищеної частоти, захищеного виконання, з самовентиляцією.

Основним завданням збуджувача є підтримка напруги на вході регулятора збудження тягового генератора залежно від частоти обертів колінчатого валу дизеля.

Система збудження збуджувача реалізує це за допомогою завдання струму збудження збуджувача панелями опорів і компенсації струму навантаження збуджувача за допомогою трансформатора струму.

Дана система має ряд недоліків:

1. Завдання струму за допомогою резисторів не може забезпечити підтримку напруги збуджувача у всьому діапазоні частот обертання дизеля через нелінійність характеристики намагнічення збудника, технологічного розкиду його параметрів та температурної зміни опорів як задаючих резисторів, так і обмотки збудження збуджувача.

2. Вимагає періодичної перевірки та обслуговування регульованих елементів (задаючих панелей опорів).

3. Живлення обмотки збудження збуджувача здійснюється від бортової мережі або акумуляторної батареї тепловоза.

Для усунення цих недоліків пропонується розробити та впровадити блок регулювання напруги збуджувача типу ВС-650У2 – БРН-В.

Блок регулювання напруги збудника має забезпечувати:

- гальванічну розв'язку між вхідною та вихідною напругою на рівні не менше 1000 В;

- самозбудження збуджувача у всьому робочому діапазоні обертання колінчатого валу дизеля;

- підтримання напруги збудника залежно від частоти вхідної напруги в нормальному режимі роботи тепловоза;

- підтримка напруги збуджувача в залежності від частоти вхідної напруги в аварійному режимі роботи тепловоза;

- обмеження струму збудження збуджувача на рівні $1,15I_{ном}$ за сигналом із шунта RS10;

- швидкодіючий захист від вихідних струмів короткого замикання, що перевищують $1,25I_{ном}$;

- індикацію режимів роботи та захисту як на лицьовій панелі блоку за допомогою світлодіодів, так і зовнішню (індикатори на панелі машиніста).

При розробці блоку необхідно передбачити два виконання як з цифровою локомотивною мережею (блок обладнаний каналом зв'язку типу CAN), так і зі стандартною (релейно-контакторна схема управління).

[1] Курилкін Д.М. Визначення витрат енергії на збудження тягового генератора за даними мікропроцесорних систем управління для прогнозування тягової характеристики локомотива // Бюлетень результатів наукових досліджень. - 2022. - Вип. 1. - С. 103-117. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-1-103-117

УДК 629.42.016.2

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ПОЇЗДІВ

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE USAGE OF HIGH- SPEED TRAINS

*д. т. н. Д. С. Жалкін, магістри С. Л. Вальков,
К. О. Москвицький, С. Л. Ткаченко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*D. Zhalkin, D.Sc. (Tech.), S. Valkov, K. Moskvitskyi,
S. Tkachenko, master students*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

У всьому світі розвиток високошвидкісного руху тягне за собою обов'язковий розвиток регіону, який виражається у створенні нових робочих місць, регіональному розвитку прилеглих територій, освоєнні та розвитку інноваційних технологій, загальної задоволеності населення якістю та безпекою

транспортного забезпечення, збільшенні пасажирообігу та вантажообігу всередині країни та за її межами.

Закордонний досвід показує, що досягнення вищезазначених цілей можливе на основі організації комплексного підходу до створення інфраструктури та застосування сучасних технічних засобів, матеріалів та технологій для реалізації швидкісного та високошвидкісного руху.

Зниження енерговитрат на може бути досягнуто декількома шляхами: методами енергооптимального нормування, розробкою та впровадженням систем енергооптимального автоматичного ведення поїзда, підвищенням енергоефективності тягового рухомого складу, підвищенням енергоефективності джерел електропостачання тощо.

Важливим напрямом зменшення енерго-ресурсоспоживання та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище є впровадження енергоощадних режимів руху. При вирішенні задачі енергооптимального автоматичного ведення поїзда використовуються різні методи оптимізації: класичне варіаційне літочислення, принцип максимуму Л.С. Понтрягіна, дискретний варіант методу динамічного програмування, чисельні методи нелінійного програмування, методи штучних нейронних мереж (ШНС).

Для отримання найбільшого ефекту тягова система моторвагонного рухомого складу має будуватися з використанням енергоефективного тягового електрообладнання. На сьогодні найпоширенішим є застосування тягових асинхронних електродвигунів. У дослідній експлуатації знаходиться рухомий склад, обладнаний тяговими синхронними електродвигунами з постійними магнітами [3].

Щодо перетворювальної техніки, то покращення її енергетичних показників пов'язане як із застосуванням сучасної елементної бази, так і удосконаленням схемотехнічних рішень та алгоритмів управління, що в цілому впливає на енергетичні показники тягового електроприводу [5].

Ключовою технологією для зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів є рекуперація енергії при електродинамічному гальмуванні. На електропоїздах та дизель-поїздах з електричною передачею потужності інтеграція накопичувача енергії до тягової системи здійснюється достатньо просто [4]. Для дизель-поїздів в гідравлічній передачі необхідно застосування допоміжного обладнання, наприклад, системи Hybrid PowerPack від MTU [2].

Застосування бортових накопичувачів дозволяє:

- виключити роботу первинного джерела енергії у режимах з високою витратою паливно-енергетичних ресурсів чи неякісним споживанням енергії;
- збільшити потужність силової енергетичної установки без збільшення потужності первинного джерела енергії;
- здійснити автономний рух з непрацюючим первинним джерелом енергії, включаючи повне його виключення зі складу тягової системи.

Специфікою електричного транспорту є підведення енергії через ковзний контакт між струмоприймачем і контактною підвіскою, тому з підвищенням швидкостей руху збільшується потужність рухомого складу, виникають

резонансні коливання, при цьому значення струмів, що знімаються полозом, зростають (особливо при постійному струмі), що вимагає вдосконалення існуючих елементів та вузлів струмоприймачів.

На підставі проведеного аналізу конструкцій відомих швидкісних струмоприймачів електрорухомого складу виявлено такі шляхи підвищення їх здатності витримувати механічні та електричні навантаження:

- підресорювання окремих рядів контактних елементів;
- збільшення числа контактних елементів на полозах;
- поліпшення електричних і динамічних властивостей контактних елементів струмоприймачів;
- покращення умов відведення струму, що знімається, з контактних елементів і каркасів полозів та охолодження контактних елементів.

Таким чином, для підвищення енергоефективності наявного моторвагонного рухомого складу необхідне застосування сучасного обладнання та бортової системи накопичення енергії, а також впровадження енергоощадних алгоритмів стратегій та алгоритмів управління тяговою системою та рухом поїзду.

[1] Leska, M. Comparative calculation of the fuel-optimal operating strategy for diesel hybrid railway vehicles: / M. Leska, H. Aschemann, M. Melzer, M. Meinert // Appl. Math. Comput. Sci. 2017. -Vol. 27. No. 2. P. 323-336.

[2] MTU HYBRID POWERPACK. MTU. URL: <https://www.mtusolutions.com/cn/en/applications/rail/railcar-powerpacks/hybrid-powerpack.html> (дата звернення: 13.11.2023)

[3] Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM). Toshiba. URL: <https://www.global.toshiba/ww/products-solutions/railway/rolling-stock/pmsm.html> (дата звернення: 13.11.2023).

[4] Hybrid Locomotive Equipped with Energy-Saving Electrical Equipment for European Market. Toshiba URL:[https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/infraolution/www/infrastructure/en/railway/assets/pdf/Toshiba%20Review%20\(Hybrid%20Locomotive\).pdf](https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/infraolution/www/infrastructure/en/railway/assets/pdf/Toshiba%20Review%20(Hybrid%20Locomotive).pdf) (дата звернення: 09.11.2023).

[5] Hou-Tsan Lee, Li-Chen Fu, Su-Hau Hsu Adaptive SPR speed/position control of induction motor / IFAC Proceedings Volumes, Volume 35, Issue 1, 2002, P. 513-518.

УДК 629.42.016.2

ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ

INCREASING OF THE FUEL ECONOMY AND RELIABILITY OF OPERATION FOR THE SHUNTING LOCOMOTIVES

*д. т. н. Д. С. Жалкін, магістри С. М. Карачун,
М. С. Романченко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*D. Zhalkin, D.Sc. (Tech.), S. Karachun,
M. Romanchenko, master students*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Для всіх умов експлуатації маневрових тепловозів характерна тривала робота силової установки при невеликому навантаженні та на холостому ході. Це пояснюється специфікою роботи маневрового тепловоза, що характеризується тривалою роботою в режимі прогріву та підтримки робочої

температури теплоносіїв при зміні зовнішнього повітря і великим відносним часом роботи дизеля на перехідних режимах. Це призводить до збільшення витрат на паливно-енергетичні ресурси, технічне обслуговування та ремонт, а також неефективного використання ресурсу дизельного двигуна. Тому вкрай важливою задачею є адаптація характеристик тепловозів до умов експлуатації та усунення непродуктивних режимів роботи його обладнання.

Відомі три групи заходів за напрямом підвищення енергоефективності маневрових тепловозів:

- технічні;
- технологічні;
- організаційні.

Технічні заходи спрямовані на підвищення економічності та надійності роботи всіх вузлів та агрегатів тепловозів. До основних вузлів і апаратів дизеля, які безпосередньо впливають на витрату палива, відноситься головним чином паливна апаратура. Велику роль економічному витраті палива грає циліндро-поршнева група. Відомо, що від зношування циліндрових гільз, поломки або пригорання поршневих кілець погіршується щільність циліндрів, знижується тиск стиснення, внаслідок чого порушується нормальний процес згоряння палива. Крім того, від такого стану циліндро-поршневої групи збільшується витрата дизельної оливи, зменшується надходження повітря в циліндри, погіршується його продування. При всіх випадках порушення нормального процесу згоряння палива погіршується економічність дизеля та збільшується димність випускних газів.

Досягнути зниження витрат палива можливо також можна шляхом застосування наступних технічних рішень [1-3]:

- гібридних силових енергетичних установок;
- енергоефективного тягового електроприводу на основі електродвигунів змінного струму;
- оптимального управління енергетичними потоками у гібридній силевій енергетичній установці та тяговому електроприводі;
- рекуперації енергії при електродинамічному гальмуванні;
- оптимізації роботи допоміжних систем.

Технологічні заходи пов'язані з оптимізацією роботи всієї системи експлуатації та ремонту тепловозів. На даний момент у багатьох підприємствах використовуються системи - моніторингу технічного стану тепловозів. Дані комплекси дозволяють, також реєструвати та в подальшому аналізувати низку параметрів руху тепловоза.

Впровадження подібних систем дозволить знизити:

- трудовитрати інженерно-технічних працівників локомотивного депо за рахунок автоматизації обліку, нормування та аналізу витрати палива;
- витрати палива за рахунок підвищення точності обліку при розрахунку витрати за зміну та при заправці, що дозволить встановити винуватців його нецільового використання;

- витрати палива за рахунок застосування обґрунтованих норм контролю теплотехнічного стану тепловозів, з визначенням та вилученням з експлуатації локомотивів, що постійно перепалюють паливо;

- витрати палива за рахунок поліпшення планування використання локомотивів на різних ділянках роботи, зменшення часу прогріву.

Організаційні заходи. До таких заходів можна віднести: навчання персоналу правильній (економічній) роботі, розробку системи мотивації (демотивації) персоналу за зекономлені (нераціонально витрачені) матеріальні ресурси (паливо, вода, пісок тощо), запровадження посади відповідального за енергозбереження в організації, який би здійснював безперервний контроль витрачання ПЕР.

Таким чином, для підвищення ефективності використання маневрових тепловозів необхідне застосування новітніх підходів для забезпечення високих тягово-енергетичні показників. Необхідне як застосування енергоефективного обладнання, так і інтелектуальне управління системами експлуатації та ремонту.

[1] Meinert, M. Energy storage technologies and architectures for specific diesel-driven rail duty cycles: Design and system integration aspect / M. Meinert, P. Prenleloup, S. Schmid, R. Palacin //Applied Energy. 2015. - 157. P. 619-629.

[2] Hybrid Locomotive Equipped with Energy-Saving Electrical Equipment for European Market. Toshiba URL:[https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/infrasolution/www/infrastructure/en/railway/assets/pdf/Toshiba%20Review%20\(Hybrid%20Locomotive\).pdf](https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/infrasolution/www/infrastructure/en/railway/assets/pdf/Toshiba%20Review%20(Hybrid%20Locomotive).pdf) (дата звернення: 09.11.2023).

[3] Alstom Platform H3/H4 SBB Aem 940 Locomotive. Alstom. https://tstsuisse.ch/wcms/ftp/t/tst-suisse.ch/uploads/sbbaem940_vortrag_tst_20160609mw.pdf (дата звернення: 09.11.2023)

УДК 629.4.083

ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ПРИСКОРЕНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ В УМОВАХ УКРАЇНИ

FORMATION OF AN ADAPTIVE SYSTEM OF ACCELERATED ROLLING STOCK MAINTENANCE UNDER THE CONDITIONS OF UKRAINE

*д. т. н. О. С. Крашенінін, к. т. н. О.М. Обозний,
О.О. Анацький*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*О. Krashenin, D.Sc. (Tech), O. Obozny, PhD (Tech),
O. Anatsky*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Запровадження швидкісного пасажирського руху на залізницях України потребує розбудови сучасної ремонтної інфраструктури на фоні значного скорочення обсягів перевезень і наявністю локомотивних депо, які не мають сучасної ремонтної інфраструктури. Різноплановий ПРС, що експлуатується на залізницях України, в першу чергу потребує вирішення питання, де і яким чином організувати його ТО, ПР. Тобто організація прискореного руху потребує необхідної адаптації ремонтної інфраструктури локомотивних депо з

урахуванням реального технічного стану ПРС, який контролюється вбудованою системою діагностики окремого обладнання, і проведення комплексу профілактичних і відновлювальних робіт, які забезпечують високу надійність і безпеку експлуатації ПРС.

На державному і галузевому рівнях прийнята програма з реформування і оновлення залізничного складу України [1, 2], в якій прийняті стратегічні напрямки розвитку залізничної галузі. Реалізація цих завдань знайшла розвиток у серії заходів з закупівлі нового ТРС та у багатьох дослідженнях, які направлені на удосконалення роботи залізничного транспорту, науковому обґрунтуванні вибору стратегії і тактики ТО, ПР ТРС в тому числі з вибору оптимального життєвого циклу (ЖЦ) ТРС [3, 4]. Конкретні дослідження надійності закордонного ТРС приведені в роботі [5], де проведено порівняння експлуатаційних показників тепловозів серії 2ТЕ116 та ТЕ33АС з метою аналізу впливу експлуатаційних факторів на систему організації ремонту локомотивів.

За період від початку експлуатації до завершення нормативного періоду експлуатації для електропоїздів НRCS2 виробництва Hyundai Rotem виконується технічне обслуговування в обсязі ТО-3: $n_{ТО-3} = 160$, поточних ремонтів в обсязі ПР-1: $n_{ПР-1} = 16$, в обсязі ПР-2: $n_{ПР-2} = 8$, в обсязі ПР-3: $n_{ПР-3} = 4$, два капітальні ремонти (КР) в обсязі КР-1 і один в обсязі КР-2: $n_{КР-1} = 2$, $n_{КР-2} = 1$.

За весь період експлуатації до завершення нормативного терміну експлуатації сумарні планові витрати при планово-попереджувальній системі складатимуть

$$\sum C_{ni} = \sum_{K1}^{160} C_{ТО-3} + \sum_{K2=1}^{16} C_{ПР-1} + \sum_{K3=1}^{8} C_{ПР-2} + \sum_{K4=1}^{4} C_{ПР-3} + \sum_{K5=1}^{2} C_{КР-1} + C_{КР-2} \quad (1)$$

Разом з цим, як показує практика, в міжремонтний період виникають, так звані, позапланові ремонти (НР), які для різних серій тягового рухомого складу можуть складати за кількістю до 30% від кількості технічних обслуговувань ТО-3, а витрати в розмірі (20÷40%) $C_{ТО-3}$. Зважаючи на це, сумарні витрати на ТО-3, ПР_i, КР_i орієнтовно можна прийняти як

$$\sum C_i = \sum_{i=1}^6 C_{ni} + \sum_{i=1}^{30} C_{НР} \quad (2)$$

Для опису відмов доцільно використовувати експоненціальний закон розподілу. Разом з цим для обладнання, яке в процесі експлуатації зношується і одночасно на нього діють інші фактори доцільно використовувати розподіл Вейбула-Гнеденка.

З урахуванням цього цільову функцію сумарних витрат при використанні адаптивної системи утримання ПРС (на прикладі ТО-3) представимо таким чином:

$$Z_{ТО-3}^a = \sum_{j=1}^{n_1=12} m_j \times C_{НРj} \times P_j(S) + \sum_{i=1}^{n_2=2} (H_i(S) \times m_i C_{НРi} P_i(S) + m_i C_{ідіагн.}) + C_{прост.лок.}^{ТО-3} \rightarrow \min \quad (3)$$

Математична модель адаптивної системи утримання ПРС в якості цільової функції включає сумарні витрати на проведення ремонтних заходів з урахуванням технічного стану обладнання за результатами з вбудованої системи діагностування ПРС, комплексу даних діагностичного обладнання в стаціонарних умовах локомотивного депо і заходів, що забезпечують контроль і відновлення показників безпеки системи ПРС.

[1] Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010 – 2019 роки (затверджена Постановою КМУ від 16.12.2000 р. № 1390 зі змінами від 26.01.2011 р. № 1106)

[2] Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008 – 2020 роки (затверджена наказом МТЗУ від 14.10.2008 р. № 1259)

[3] Тартаковский Э.Д., Грищенко С.Г., Калабухин Ю.Е. и др. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: монография. Луганск: «Ноулидж», 2011. 174 с.

[4] Крашенінін О.С., Пузир В.Г., Крамчанін І.Г., Фалендиш А.П. Організація технологічних процесів ремонту ТРС із застосуванням засобів діагностування. Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2004. Вип. 57. С. 31-34.

[5] Б.Є. Бондар, О. Б. Очкасов, Є. Б. Бондар, Д.В. Бобир, М.В. Очеретнюк Дослідження впливу системи обслуговування тепловозів на організацію роботи локомотивного депо. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2020, № 5 (89). С. 32-44.

УДК 629.4.083

ОБГРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ НА ОСНОВІ НАЯВНИХ РЕСУРСІВ

JUSTIFICATION OF LOCOMOTIVE REPAIR ORGANIZATION STRATEGY BASED ON AVAILABLE RESOURCES

*д. т. н. О. С. Крашенінін, к. т. н. О. О. Шапатіна, магістри
М. О. Калитинська, Я. В. Лихолім, Р. М. Галюк
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. Krashenin, D.Sc. (Tech.), O. Shapatina, PhD (Tech.), M. Kalitinska,
Y. Lihole, R. Galuk, master students
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

В умовах дефіциту ресурсів сучасного обладнання, дефіциту кваліфікованих і професійних спеціалістів, слабого розвитку сервісу виникає необхідність обґрунтування оптимальних заходів з організації ремонту з урахуванням наявних ресурсів.

На залізницях України експлуатується як вітчизняний, так і закордонний тяговий рухомий склад (ТРС) [1-3].

Прийнята планово-попереджувальна система ремонту, яка довгий час була домінуючою для вітчизняного ТРС, вже майже вичерпала свої ресурси і практично не дозволяє підтримувати високий рівень ефективності вітчизняного і закордонного ТРС як по обсягу, так і по глибині оцінки його технічного стану [4]. Спроба забезпечити підтримку технічного стану власними силами важко реалізується, хоча і є досить цікаві наробки і технології. Але в цілому на

практиці ще досі не проведені ремонти великого обсягу, що робить доцільним запровадження адаптивної системи ремонту, базуючись на окремих чинниках, що визначають ефективність ремонтних заходів.

В якості показників ефективності $\{W_i\}$ розглядаються деякі плани $\{u_i\}$ [5]. Плани $\{u_i\}$ характеризуються рядом показників. Для рішення задачі з дискретною кінцевою множиною стратегій використано однокроковий метод. Визначається

$$u^* : \max_{u \in U} \sum_{i=1}^m \gamma_i W_i(u); \quad (1)$$

де γ_i – будь-яке позитивне число;

$$\gamma_i = \frac{1}{\delta_i} \sum_{j=i+1}^m \gamma_j \Delta_j, \quad i = m-1, m-2, \dots, 2, 1; \quad (2)$$

δ_i – нижня оцінка максимально можливого приросту значення i -го показника, що визначається за умови:

$$0 < \delta_i \leq \min \{W_i(u) - W_i(v)\}, \quad u, v \in U, \quad W_i(u) \neq W_i(v); \quad (3)$$

Δ_i – верхня оцінка максимально можливого приросту значення i -го показника, що визначається за умови:

$$\Delta_i = \max_{u \in U} W_i(u) - \min_{u \in U} W_i(u). \quad (4)$$

За цією методикою розроблено алгоритм і визначено показники ефективності для обраної стратегії організації ремонтних заходів: імовірність своєчасного і якісного проведення технічного обслуговування (ТО), поточного ремонту (ПР) локомотива, кількість необхідного обладнання для проведення ТО, ПР локомотивів, обсяг додаткових резервів для проведення ТО, ПР локомотивів, що обумовлені обмеженістю ресурсів і потужностей депо.

[1] Закон України «Про залізничний транспорт України» від 06.09.2019 за № 1196-1. URL: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=66737 (дата звернення: 13.11.2023).

[2] Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки (затверджена Постановою КМУ в 16.12.2000 №1390 із змінами від 26.10.2011 року №1106. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009-%D0%BF#Text> (дата звернення: 13.11.2023).

[3] Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки (затверджена наказом МТЗУ від 14.10.2008 №1259). К.: ДНДЦ Укрзалізниці, 2009. 299 с.

[4] Тартаковський Е.Д., Уманець М.Г., Аулін Д.О. Визначення життєвого циклу тягового рухомого складу (ТРС). Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2006. №72. С. 82-86.

[5] Gurov S.V., Utkin L.V. Reliability and optimization of systems withh periodic modifications in the probability and possibility contects, Microelectron. Reliab., Vol. 37, No. 5, pp. 801-808, 1997.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСАХ РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN LOCOMOTIVE REPAIR PROCESSES

*к. т. н. О. М. Обозний, магістри О. С. Галущенко,
Є. А. Манько, В. Ю. Іванов, Д. В. Онищенко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*О. Oboznu, PhD (Tech.), O. Galuschenko,
E. Manko, V. Ivanov, D. Onyschenko, master students*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Залізниця, як вид транспорту, має велику історію, але зараз стикається з викликами, пов'язаними з підвищенням вимог до швидкості, безпеки, і ефективності обслуговування рухомого складу. Використання інформаційних технологій у ремонті локомотивів може відповісти на ці вимоги, забезпечуючи більш точний та швидкий ремонт, а також зменшення часу простою локомотивів.

Інформаційні технології у сфері ремонту локомотивів не лише сприяють швидшому виявленню та усуненню поломок, але і дозволяють забезпечити безпеку, підвищити ефективність використання ресурсів, та зменшити витрати на обслуговування [1].

У сучасному світі, де швидкість та ефективність – ключові показники конкурентоспроможності, ремонт та обслуговування тягового рухомого складу, який забезпечує перевезення вантажів та пасажирів, має велике значення. Інформаційні технології дозволяють не тільки автоматизувати рутинні процеси, але і виявляти проблеми на етапі їх виникнення, що робить можливим планування ремонтів та запобігання випадковим відмовам. Актуальність теми полягає в тому, що вона відкриває можливості для вдосконалення систем обслуговування, зменшення витрат та підвищення надійності локомотивів.

Сучасні локомотиви оснащені великою кількістю датчиків, які стежать за різними параметрами роботи. Датчики вимірюють такі показники як тиск, температура, частоту обертання валів та інші характеристики роботи локомотива. За допомогою аналізу даних можливо виявляти аномалії та передбачати можливі поломки. Це дозволяє вчасно виконувати профілактичний ремонт та уникати виникнення аварій.

Аналіз великого обсягу даних, зібраних від датчиків та інших джерел, дозволяє ефективно прогнозувати витрати на ремонт локомотивів. Застосування

алгоритмів машинного навчання дозволяє побудувати моделі, які оцінюють стан обладнання та рекомендують оптимальний графік технічного обслуговування.

Використання систем управління ремонтними процесами стає невід'ємною частиною оптимізації обслуговування локомотивів. Інтегровані системи можуть автоматизувати планування графіка технічного обслуговування, враховуючи попередні дані про стан локомотивів. Це дозволяє підтримувати рівномірну роботу локомотивів, зменшуючи витрати, пов'язані з простоями.

Інформаційні технології дозволяють ефективно використовувати ресурси ремонтних депо та заводів. Автоматизація процесів та оптимізація графіків роботи дозволяють підтримувати високу продуктивність при мінімальних витратах. Застосування технологій управління ресурсами також дозволяє вчасно замовляти необхідні запасні частини та матеріали, що робить ремонтне виробництво більш ефективним та гнучким [2].

Повна інтеграція інформаційно-технічних рішень передбачає співпрацю з системами моніторингу та діагностики. Це дозволяє автоматично отримувати дані про технічний стан локомотивів та вживати необхідні заходи в найкоротший термін.

З інтенсивним впровадженням цифрових технологій у ремонтні процеси з'являються нові виклики в області інформаційної безпеки. Зловмисники можуть спробувати зламати системи моніторингу, зловживати доступом до даних про стан локомотивів або впливати на системи автоматизації.

Для забезпечення безпеки інформації у ремонтних підприємствах необхідно вживати комплекс заходів. Це включає в себе захист мережі від несанкціонованого доступу, шифрування конфіденційних даних, регулярні аудити систем безпеки та навчання персоналу щодо збереження безпеки в інформаційному середовищі.

Інформаційна безпека у сфері ремонту локомотивів є важливим аспектом, який вимагає постійного вдосконалення та вивчення новітніх методів захисту даних. Правильно впроваджені та дотримані заходи забезпечення інформаційної безпеки дозволяють забезпечити високий рівень надійності і конфіденційності в процесах ремонту локомотивів.

Інтеграція IT-рішень у систему управління ремонтними процесами піднімає ефективність, даючи змогу розглядати весь цикл робіт як єдиний процес. Це не тільки забезпечує економію часу та ресурсів, але й підвищує якість обслуговування та ремонтних робіт.

[1] Обозний, О. М. Удосконалення процесів передрейсової підготовки локомотивів на основі електронного паспорту: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Обозний Олександр Миколайович. – Х., 2021. – 162 с. – Бібліогр.: с. 138-153.

[2] Дацун, Ю. М. Розвиток наукових основ формування інтелектуалізованої системи ремонту локомотивів: дис. ... докт. техн. наук : 05.22.07 / Дацун Юрій Миколайович. – Х., 2021. – 354 с. – Бібліогр.: с. 291-322.

**АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ТЯГОВОГО ТА
МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ**

**ANALYSIS OF WAYS OF IMPROVING TRACTIONAL AND MOTOR
ROLLING STOCK TRAFFIC SAFETY**

*к. т. н. О. М. Обозний, магістри Т. В. Крикунова,
Д. М. Дзюбчук, А. А. Сиров*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*О. Obozny, PhD (Tech.), T. Krykunova,
D. Dzyubchuk, A. Syrov, master students*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Сучасний розвиток залізничного транспорту вимагає постійного удосконалення систем безпеки для запобігання інцидентам та забезпечення безпеки всіх учасників руху. Аналіз поточного стану підкреслив необхідність активного впровадження інновацій та сучасних технологій у цю сферу. З огляду на зростання обсягів перевезень і важливість залізниць у глобальному транспортному виробництві, актуальність питання безпеки руху залізничного транспорту стає особливо важливою. Аналізуючи поточний стан безпеки на залізницях, можна визначити декілька ключових аспектів, що вимагають уваги та вдосконалення.

Статистика нещасних випадків на залізницях за останні роки свідчить про наявність проблем. Інциденти та аварії вимагають системного підходу до встановлення причин та усунення наслідків. Подальший аналіз типів інцидентів та їхніх обставин дозволить точно визначити пріоритети вдосконалення систем безпеки [1].

Другий аспект – ефективність існуючих систем безпеки. Деякі з них можуть бути застарілими або недостатньо адаптованими до сучасних викликів. Оцінка роботи існуючих технологій та процедур забезпечення безпеки є критичною для здатності системи виявляти та управляти потенційними ризиками.

Одним з важливих аспектів є також аналіз поведінки користувачів системи – працівників локомотивного господарства та пасажирів. Розуміння факторів, які спричиняють небезпеку, може допомогти вдосконалити програми навчання та взаємодії з пасажирами для зменшення людських факторів ризику.

Ефективне навчання та підготовка персоналу є ключовими елементами для забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті. Розробка програм навчання, що враховують сучасні вимоги та технологічні інновації, визначається як основний фактор успіху в управлінні безпекою руху [2].

Для машиністів та персоналу залізниць важливо вдосконалювати навички та реагування на різні сценарії. Використання сучасних тренажерів та симуляторів

дозволяє створити реалістичне відтворення ситуацій, що допомагає підготувати персонал до екстрених випадків та підвищує рівень їхньої готовності.

Важливим є розвиток ініціатив у галузі навчання та обміну досвідом між різними залізничними компаніями та країнами. Створення міжнародних платформ для обміну найкращими практиками дозволяє вивчати досвід інших країн і впроваджувати ефективні методи власної системи безпеки.

Ефективне використання передових технологій, таких як штучний інтелект та автоматизовані системи, може суттєво покращити системи моніторингу та управління рухом. Рекомендується активно впроваджувати ці інновації для максимального виявлення та управління ризиками.

Інший аспект стосується необхідності системного підходу до управління ризиками на різних етапах експлуатації рухомого складу. Розробка та впровадження інтегрованих стратегій, які враховують географічні, технічні та соціально-економічні аспекти, допоможе створити комплексні та ефективні системи безпеки руху.

Слід зазначити також важливість інтеграції інновацій, системного підходу та постійного навчання для досягнення вищих стандартів безпеки на залізничному транспорті. Рекомендації слід реалізовувати як частину стратегій розвитку та модернізації залізничної інфраструктури для забезпечення безпеки руху.

Перспективи розвитку безпеки руху на залізницях полягають у використанні передових технологій та постійному вдосконаленні стратегій. Впровадження цих ініціатив сприятиме підвищенню безпеки та надійності залізничного транспорту, а також сприятиме створенню більш стійкої та інноваційної галузі.

[1] Brusentsov, V., Puzyr, V., Vorozhii, M., Ivashchenko, M., Datsun, Y. Higher efficiency of control over functional status of locomotive crew members. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, DOI: 10.1088/1757-899X/985/1/012041

[2] Brusentsov, V., Puzyr, V., Datsun, Y., Brusentsov, O. The Effect of the Human Personality of a Locomotive Driver on the Professional Integrity Level (2022) Transport Means - Proceedings of the International Conference, 2022, pp. 186-189

УДК 629.4

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ У ЛОКОМОТИВНОМУ ДЕПО

INCREASING THE EFFICIENCY OF USE OF ENERGY RESOURCES IN THE LOCOMOTIVE DEPOT

*к. т. н. А. Л. Сумцов, Д. Є. Пилипишин, О. О. Мірчевський
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*A. Sumtsov, PhD (Tech.), D. Pylypyshyn, O. Mirchevskyi
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасний досвід підвищення ефективності виробництва в промислових комплексах і на підприємствах автомобільного та залізничного транспорту показує, що успіху можна досягти лише завдяки системному підходу, який

мінімізує витрати матеріальних, енергетичних, трудових, інформаційних та фінансових ресурсів [1].

Формування вимог до ресурсозбереження базується на таких основних принципах: системність, комплексність, обґрунтованість лімітів, взаємопов'язаність, безперервність та обов'язковість виконання.

Основними завданнями у сфері енергоспоживання є розробка системи показників, характеристик і стандартів, а також оцінка енергоефективності (енергоємності, енергетичних еквівалентів).

Енергозбереження (рис.1) — це процес зменшення необхідної кількості на одиницю кінцевого корисного ефекту від використання енергетичних ресурсів. Енергозбереження передбачає як економію енергії, так і максимізацію ефективності її споживання. Однак саме поняття енергозбереження є економічно обмеженим і неадекватним. Тому більш точним поняттям, що описує якісні процеси в енергетичному секторі, є енергоефективність.

Одним із пріоритетних напрямів спрямованих на покращення енергоефективності у локомотивному депо є реформування системи збору та утилізації відпрацьованих нафтопродуктів.

Моторна олива класифікується як небезпечні відходи і може спричинити забруднення навколишнього середовища. Її не можна виливати в сміттєві баки, каналізацію або на землю. Відпрацьована олива нерозчинна, хімічно стійка і може містити токсичні хімічні сполуки та важкі метали. У природних умовах розкладання оливи займає багато часу.

Утилізація відпрацьованої моторної оливи є одним з найактуальніших завдань. Організація та утримання пунктів збору, зберігання, транспортування та утилізація вимагають фінансових витрат. Насправді, лише невелика частина відходів спалюється, а більша частина все одно зливається в землю, водойми та каналізацію.



Рисунок 1 - Реалізація процесу енергоефективності

У сучасному розумінні процес регенерації відпрацьованої моторної оливи включає видалення колоїдних речовин, кислот, бітумних відкладень,

механічних частинок і хімічних відкладень, видалення газів, конденсату і надання відновленому продукту початкового кольору і запаху.

У процесі регенерації утворюються фракції двох або трьох різних базових олив, з яких шляхом додавання сполук і присадок отримують товарні оливи. Регеновані моторні оливи використовуються як трансмісійні, гідравлічні оливи, охолоджувальні рідини та мастила, а також застосовуються у виробництві бітумів.

Першим етапом процесу регенерації зазвичай є механічне видалення вільної води і твердих частинок. Потім слідує термічна стадія випарювання і вакуумної дистиляції.

На наступному етапі регеновану нафту піддають мікрофільтрації і пропускають через мембрани з різним ступенем як продуктивності, так і термостабільності.

Кінцевою метою регенерації є отримання нафти з властивостями, що перевищують властивості вихідного продукту. Це можливо, але вимагає застосування методів хімічної регенерації, які передбачають використання складного обладнання та збільшення витрат, на додаток до описаних вище етапів підготовки оливи. На практиці очищені оливи мають достатній запас експлуатаційних характеристик, щоб їх можна було використовувати для деталей і вузлів машин з низькими навантаженнями.

В даний час існує технологія, яка базується на процесі гідрофобної абсорбційної сепарації. Цей метод очищає і освітлює мінеральні моторні оливи без використання кислот або лугів і дозволяє повністю відновити масляну основу з мінімальними витратами.

[1] Гордієнко О.С. Енергоефективність транспортних підприємств як результат процесів енергозбереження. *Науково-технічний збірник Харківської Національної академії міського господарства*. Харків. 2011. №97. С. 268 – 271.

УДК 629.4

УЛЬТРАЗВУКОВЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

ULTRASONIC DIAGNOSTIC OF BRAKES OF HIGH-SPEED ROLLING STOCK

к. т. н, А. Л. Сумцов, М. С. Сидоренко

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A. Sumtsov, PhD (Tech.), M. Sydorenko

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Акціонерне товариство "Укрзалізниця" виражає свої наміри розвивати залізничне сполучення з країнами Європейського Союзу. Наразі Єврокомісія

виражає готовність вкладати інвестиції у розвиток залізничного сполучення та запуску високошвидкісного руху між ключовими містами України, такими як Львів і Київ. Це вимагає розширення наявного парку високошвидкісних потягів та гарантування їх високої надійності.

Високошвидкісний залізничний транспорт в сучасному світі стає все більш важливим елементом глобальної мережі перевезень. Здатний до руху зі швидкістю понад 200 км/год, цей вид транспорту вимагає не лише технологічно вдосконаленого рухомого складу, але й ефективних методів діагностики для забезпечення безпеки та надійності [1, 2]. Однією з ключових складових систем високошвидкісних поїздів є гальмівна система, яка несе великі навантаження та відповідає за забезпечення безпеки пасажирів і вантажу. Традиційні методи діагностики, такі як фізичний огляд з використанням шаблонів, виявляються недостатньо ефективними в сучасних умовах. Тут на допомогу приходить діагностування.

Для підвищення якості технічного обслуговування і ремонту в країнах Євросоюзу застосовують ультразвукову дефектоскопію деталей [3]. Ультразвукова діагностика гальм високошвидкісних поїздів є передовим методом, який дозволяє невразливо та ефективно виявляти дефекти та пошкодження. Використання височастотних звукових хвиль дозволяє проникати в матеріали гальмів та виявляти навіть мікроскопічні дефекти, які можуть призвести до серйозних проблем у роботі системи.

Один із ключових аспектів ультразвукової діагностики - це можливість проводити неінвазивне обстеження без розбирання системи гальм. Це забезпечує мінімальний час простою та зберігає ефективність транспорту [4, 5].

Використання ультразвукової дефектоскопії гальм високошвидкісних поїздів має численні переваги, що стають важливими факторами для забезпечення безпеки, ефективності та економічної вигідності транспортної системи [2]. Ось кілька ключових переваг цього методу:

- Ультразвукова дефектоскопія дозволяє виявляти навіть найменші дефекти та пошкодження в матеріалах гальмів. Висока чутливість дозволяє виявляти мікрофракції та інші дрібні дефекти, які можуть бути непомітними за допомогою інших методів.

- Ультразвукова діагностика дозволяє виявляти дефекти на ранніх стадіях їх розвитку, що дає можливість уникнути серйозних проблем у майбутньому. Раннє виявлення покращує технічний стан гальм та забезпечує планове технічне обслуговування.

- Ультразвукова техніка дозволяє отримувати точні та надійні результати дефектоскопії. Це допомагає в ідентифікації реальних проблем, зменшує ймовірність помилок та забезпечує впевненість у здатності системи працювати на максимальному рівні.

- Ультразвукова дефектоскопія не впливає на експлуатаційні властивості матеріалів гальм, що робить цей метод безпечним та невразливим.

До недоліків застосування такого виду діагностування можна віднести:

– потреба в кваліфікованому персоналі, який проходив навчання з користування та розшифрування сигналів дефектоскопа;

– вартісна апаратура;

– для діагностування потрібна відставка рухомого складу від експлуатації.

Загалом, ультразвукова дефектоскопія гальм високошвидкісних поїздів визначається високою ефективністю та надійністю, сприяючи безпеці та ефективності роботи залізничного транспорту в умовах високих швидкостей та великих навантажень.

Застосування ультразвукової технології в діагностиці гальм високошвидкісних поїздів також покращує економічні показники, оскільки раннє виявлення потенційних проблем дозволяє уникнути витрат на ремонт та забезпечує планове технічне обслуговування.

Ультразвукове діагностування гальм високошвидкісних поїздів стає важливим кроком у напрямку поліпшення безпеки та надійності залізничного транспорту. Цей метод дозволяє вчасно виявляти та усувати потенційні небезпеки, забезпечуючи безпечний рух високошвидкісних поїздів.

[1] Курган Н. Передумови створення високошвидкісних магістралей в Україні / Н.Курган // Українські залізниці, № 5-6 (23-24).-2015.-С. 16-21.

[2] Rashid A 2014 *International J. of Vehicle Noise and Vibration* 10(2014) 257.

[3] Ghazaly N M, El-Sharkawy M and Ahmed I 2014 *J. of Mechanical Design and Vibration* 15.

[4] Muñoz-Paniagua, J.; García, J. Aerodynamic drag optimization of a high-speed train. *J. Wind. Eng. Ind. Aerod.* 2020, 204, 104215.

[5] Бабаєв, А.М. Принцип дії, розрахунки та основи експлуатації гальм рухомого складу залізниць [Текст] : навч. Посібник / А.М. Бабаєв, Д.В. Дмитрієв. – Київ : ДЕТУТ, 2007.

УДК 629.4

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРС ШЛЯХОМ УПРАВЛІННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СИСТЕМИ КОЛЕСО-РЕЙКА

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF TRACTION ROLLING STOCK BY MANAGING THE TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE WHEEL-RAIL SYSTEM

к. т. н. П. О. Харламов, С. С. Клинковський
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

P. Kharlamov, PhD (Tech.), S. Klynkovskyi
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Енергія конвертована енергетичною установкою локомотиву реалізується в контакті колеса з рейкою, і ефективне використання цієї енергії залежить, головним чином, від якості зчеплення між колесом і рейкою.

Водночас, вимоги до самого процесу взаємодії колеса з рейкою в різних зонах контакту суперечливі. З одного боку, зчеплення між колесом і рейкою має бути таким, щоб опір руху поїзда був мінімальним. З іншого боку, необхідно забезпечити високий і стабільний рівень зчеплення коліс локомотива все з тією ж поверхнею рейки, щоб реалізувати необхідне тягового зусилля [1].

Крім того, створення тягового зусилля (гальмівної сили) передбачає виникнення ковзання коліс відносно рейок. Таким чином, значна частина потужності локомотива витрачається на нагрівання і руйнування (знос) поверхонь контакту, а не на тягу. До 20% потужності, що підводиться до коліс, може втрачатися в точці контакту колеса з рейкою. Тому сучасний підхід до оптимізації фрикційної взаємодії колеса і рейки в умовах експлуатації полягає в забезпеченні стабільно високого коефіцієнта зчеплення в зоні контакту між поверхнею кочення колеса і рейкою при мінімізації величини опору ковзанню і переміщенню і, в той же час, коефіцієнт тертя в зоні контакту між гребенем колеса і боковиною головки рейки необхідно максимально зменшити.

Забезпечення високого коефіцієнта зчеплення в зоні контакту колеса з рейкою сприяє максимізації тягового зусилля, тоді як зменшення коефіцієнта зчеплення в зоні гребеня колеса з рейкою збільшує міжремонтний період для бандажів і підвищує можливу швидкість руху і безпеку залізничного транспорту в цілому.

Управління величиною контакту колеса з рейкою є складним завданням. Вивченню та встановленню закономірностей процесів, пов'язаних зі зчепленням колеса з рейкою, присвячено багато теоретичних та експериментальних досліджень.

До методів підвищення коефіцієнта зчеплення відносять очищення (механічне, хімічне, струменями води, сухим льодом, пневматичними імпульсами, джерелами високої енергії (лазер, мікрохвильова піч, УФ, плазма)) та активацію тертя (електричний струм, магнітне поле, подача сипучих матеріалів: кварцовий пісок, керамічні компоненти). Крім того, методи зменшення тертя в контакті колесо-рейка включають застосування мастил (колісні рейки) і антифрикційних покриттів (покриття на основі мінеральних порошків, полімерні антифрикційні матеріали).

Перше завдання оптимізації фрикційної взаємодії колеса і рейки (забезпечення стабільно високого коефіцієнта зчеплення в зоні контакту колесо-рейка) можна вирішити двома способами: або очищенням поверхні контакту, або введенням різних речовин (активаторів) в зону контакту.

В даний час основним джерелом втрат енергії в механічній частині тягового приводу залізничних локомотивів є контакт колеса з рейкою. Шляхом розробки протибуксовочних пристроїв нового покоління, які контролюють фізичні властивості на контактні колеса з рейкою, втрати енергії на ділянці контакту колеса з рейкою можуть бути значно зменшені. Зокрема, відомо, що застосування магнітного поля до сталевих деталей покращує їх експлуатаційні характеристики, особливо зносостійкість, а використання підсилювачів магнітного зв'язку може мати синергетичний ефект.

[1] Ноженко В.С. Поліпшення триботехнічних характеристик двоточкового контакту «колесо-рейка» активацією поверхонь: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. Северодонецьк, 2016. 152 с.

**ВИЯВЛЕННЯ РЕЗЕРВІВ ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГОВИТРАТ В
ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

**IDENTIFICATION OF THE ENERGY CONSUMPTION RESERVES
IN THE LOCOMOTIVE INDUSTRY**

*О. О. Анацький, Є. О. Васенко, М. О. Гуленко,
А. Р. Нежувака, Ю. А. Степаненко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*O. Anatskyi, E. Vasenko, M. Gulenko,
A. Nezhuvaka, Yu. Stepanenko*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Залізничний транспорт традиційно є пріоритетним при перевезенні вантажів і пасажирів як в дальньому сполученні, так і приміському. Разом з цим за останні роки його привабливість для користувачів стає все меншою. Застарілий рухомий склад, низький рівень послуг і комфорту для пасажирів не відповідають сучасним вимогам.

Загальні економічні труднощі в економіці та повільність в прийнятті рішень по зміні в роботі залізничного транспорту, зокрема, своєчасного відновлення рухомого складу, модернізації ремонтної бази, запровадження сервісу і сучасного діагностичного обладнання відбуваються дуже повільно.

Разом з цим ціни на енергоносії зросли в рази, що ще більше позначалося на роботі залізниць України в плані реалізації надання динаміки економічної ефективності залізничного транспорту. Локомотивне господарство витрачає значні енергетичні ресурси як на організацію експлуатації рухомого складу (ТРС), так і на забезпечення і відновлення надійності при виконанні технічних обслуговувань і поточних ремонтів (ТО, ПР).

При цьому необхідно впровадження світових практик використання альтернативних джерел енергії на фоні запровадження заходів з всілякої економії витрат і відновлення енергії [1]. Рациональний за витратами паливно-енергетичних ресурсів режим ведення поїзда повинен передбачати оптимальне використання потужності локомотива за умовами нагрівання тягового електроустаткування, зчеплення коліс із рейками на підйомах ділянки, що лімітують. Неодмінною умовою ощадливої витрати дизельного палива при тепловозній тязі є також високоякісні реостатні випробування після планового ремонту з регулюванням паливної апаратури, електричних апаратів і машин відповідно до діючих вимог [2].

Значний резерв економії електроенергії закладений у застосуванні рекуперативного гальмування поїздів. Як показують розрахунки й дослідні

поїздки, а також підтверджує практика роботи залізниць, розширення полігона застосування рекуперації електроенергії дає велике зниження її витрати

Складовими елементами раціональних режимів водіння поїздів є: використання максимальної можливої сили тяги, реалізація високих значень коефіцієнта зчеплення й раціональне використання запасів кінетичної енергії для подолання підйомів, правильний вибір швидкості початку гальмування, уміле регулювання сили тяги із застосуванням ослаблення збудження тягових двигунів при оптимальному температурному режимі обмоток електричних машин і дизеля.

Реалізація цих заходів можлива лише за умови широкого запровадження мікропроцесорних систем управління і діагностування технічного стану обладнання ТРС. У деяких країнах для розв'язку проблеми зменшення питомих витрат енергоресурсів на тягу поїздів планується широкомасштабне впровадження систем автоматизованого ведення поїздів, регулювання потужності тягового й допоміжного устаткування електровозів і тепловозів, систем обліку параметрів роботи електровозів і витрати дизельного палива тепловозами.

Комплекс заходів у стаціонарній енергетиці передбачає введення в експлуатацію систем тепlopостачання об'єктів залізниць на ресурсозберігаючих технологіях, ефективних систем освітлення виробничих приміщень, платформ, станцій, вокзалів, залізничних мостів з використанням світлодіодної техніки.

Економія ресурсів передбачається також за рахунок впровадження стаціонарних і пересувних шляхових рейкозмащувачів, вагонів-рейкозмащувачів і ряд інших технологій, що сприяють продовженню строку служби коліс і рейок. Ще необхідно запровадження енергоаудиту будівель локомотивних депо, яке дозволить отримати наступні дані:

- дослідити втрати тепла в системах водопостачання, каналізації, опалення, вентиляції й кондиціонування;
- дослідити втрати тепла через елементи конструкції будинку;
- дослідити системи електропостачання й автоматики.

Енергоаудит зазвичай супроводжується термографією будинку. Ціль термофотографування будинку – виявити витоки тепла й перевірити якість стиків панелей, вікон і т.і. За допомогою термокамери (тепловізора) можна також виявити місця холоду усередині стін та виробити стратегію термомодернізації депо [3].

[1] Сергієнко, М. І. Основні напрямки роботи Укрзалізниці з енергозбереження та її результати [Текст] / М. І. Сергієнко // Локомотив-інформ. – 2010. – №4. – С. 24-26.

[2] Настанова по економному використанню дизельного палива при експлуатації тепловозів: ЦТ-0198: офіційний текст: [затв. наказом Укрзалізниці від 29 жовт. 2010 р. №161-ЦЗ]. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2011. – 102 с.

[3] Рекомендації з організації ресурсозберігаючих заходів на об'єктах локомотивного господарства Укрзалізниці: ЦТ-0202: офіційний текст: [затв. наказом Укрзалізниці від 24 груд. 2010 р. №215-ЦЗ]. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2011. – 88 с.

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ТЕПЛОВОЗА

WAYS OF IMPROVING THE TECHNOLOGY OF DIESEL ENGINE REPAIR

*О. О. Анацький, Ю. Д. Дрига, В. О. Лисенко,
Ю. М. Муzychuk, О. М. Озмитель*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*O. Anatskyi, Yu. Dryga, V. Lysenko,
Yu. Muzychuk, O. Ozmitel*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Відсутність нового рухомого складу, залишає вкрай актуальною темою забезпечення процесу перевозок існуючим парком тягового рухомого складу.

Одним з можливих шляхів підтримання застарілого парку у робочому стані – це постійне удосконалення технологічних процесів у ремонті. Це дасть можливість підвищити продуктивність праці у локомотивному депо, підтримати рівень собівартості одиниці ремонту [1].

При пошуках шляхів удосконалення технології ремонту дизелів тепловозів необхідно провести наступні кроки:

1. Аналіз поточної технології ремонту, а саме провести огляд і оцінити процеси ремонту дизельного тепловоза та виявити слабкі місця і можливі зони оптимізації.
2. Впровадження новітніх методів діагностики - використання сучасних систем діагностики для швидкого виявлення проблем. Впровадження технологій моніторингу стану агрегатів.
3. Оптимізація процесу ремонту - вдосконалення робочих процесів та розробка чітких кроків від діагностики до відновлення. Впровадження автоматизованих систем для зменшення людського фактору та підвищення точності робіт.
4. Навчання та підготовка персоналу - організація навчальних курсів та тренінгів для механіків та технічного персоналу. Запровадження стажування та обміну досвідом між фахівцями.
5. Впровадження екологічно чистих технологій - розробка та застосування екологічно чистих матеріалів та методів у ремонті.
6. Контроль якості та постійне вдосконалення - створення системи контролю якості кожного етапу ремонту. Постійний аналіз результатів та впровадження змін для подальшого вдосконалення.
7. Тестування та оцінка ефективності - проведення тестів на практиці для перевірки нових методів. Оцінка показників ефективності, зокрема,

зменшення часу ремонту, збільшення надійності роботи тепловоза та економія коштів

8. Впровадження у виробництво - після успішного тестування необхідне впровадження нових методів у робочий процес. Поступове масштабування та підтримка удосконаленої технології ремонту на всій мережі тепловозних депо.

При аналізі цих восьми кроків можна виділити оптимізацію процесу ремонту, а саме удосконалення процесу ремонту дизелів за рахунок зменшення часу та затрат на обслуговування. Це може бути досягнуто за допомогою автоматизації певних етапів ремонту або впровадження більш ефективних методів роботи.

Також необхідно приділяти увагу постійному навчанню персоналу. Тобто забезпечення безперервного навчання працівників, які займаються ремонтом дизелів. Важливо, щоб вони були озброєні необхідними знаннями і навичками для використання нових технологій та методів.

[1] Удосконалення механізмів реформування та розвитку залізничного транспорту в контексті реалізації структурних реформ в галузі. [Електронний ресурс] : Аналітична записка / Національний інститут стратегічних досліджень. – Режим доступу : <http://www.niss.gov.ua/articles/1662/>

УДК 629.424.3

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВІВ

INCREASING THE RESOURCE OF LOCOMOTIVE PARTS

Клименко О. В., Фролов В. В., Савчук Д. С.

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

O. Klymenko, V. Frolov, D. Savchuk

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Завдання підвищення ресурсу машин полягає в підвищенні опору деталі руйнуванню при різних видах експлуатаційного навантаження, що може бути досягнуто технологічними методами поверхневого зміцнення. Більшість деталей машин працює в умовах, при яких експлуатаційне навантаження сприймається головним чином їх поверхневим шаром. Тому зносостійкість залежить від опору поверхневого шару руйнуванню. Підвищення статичної міцності деталей за рахунок їх виготовлення з високоміцних матеріалів не завжди ефективно, оскільки при змінних навантаженнях вони чутливі до концентрації напружень і різного роду дефектів поверхні, що викликають зниження опору втомі.

Для деталей, руйнування яких починається з поверхні, розроблений ряд методів поверхневого зміцнення, заснованих головним чином на нанесенні покриттів або зміні стану поверхні.

У першому випадку зміцнення деталі досягається осадженням на її поверхні матеріалу, який має підвищену зносостійкість. При зміні стану поверхневого шару відбуваються фізико-хімічні зміни в металі, що підвищують його опір руйнуванню.

Вибір того чи іншого методу поверхневого зміцнення залежить, з одного боку, від виду експлуатаційних навантажень, а з іншого, визначається економічними міркуваннями.

Поверхнєве пластичне деформування – це обробка тиском, при якій пластично деформується лише поверхневий шар оброблюваної деталі. До методів статичного поверхневого деформування відносяться методи накочування, вигладжування і протягування, що відрізняються стабільністю форми і розмірів оброблюваної деталі в стаціонарній фазі процесу.

Наряду з цими методами в машинобудуванні існують методи ППД, засновані на динамічному (ударному) впливі обробного інструменту на поверхню деталі перпендикулярно профілю поверхні або під деяким кутом до неї. Численні удари, що наносяться інструментом по поверхні деталі, залишають на ній велику кількість локальних пластичних відбитків. Розміри осередку деформації залежать від матеріалу деталі, розмірів і форми інструменту і від енергії удару по поверхні.

До методів ударного ППД слід віднести вібраційну і ультразвукову обробку, карбування та ін. Пластичне деформування призначене для:

- деформаційного зміцнення поверхневого шару;
- зменшення шорсткості поверхні;
- створення в поверхневому шарі стискаючих залишкових напружень;
- утворення певної макро- і мікрогеометричної форми.

Формування механічних властивостей поверхневого шару є важливою проблемою для зміцнюючої обробки. В результаті зміцнення поверхневого шару підвищуються міцність деталей в 1,3-2,2, довговічність в 3-6 разів, зносостійкість, контактна витривалість та інші експлуатаційні характеристики деталі.

Поверхневий шар деталі відрізняється від основного її металу структурою, хімічним і фазовим складом. У науковій і інженерній практиці стан поверхневого шару оцінюється параметрами, які характеризують:

- геометричні параметри нерівностей поверхні;
- фізичний стан;
- хімічний склад;
- механічний стан.

У процесі пластичної деформації, яка супроводжує механічну обробку, всі характеристики механічного стану поверхневого шару змінюються: показники опору деформації збільшуються, а показники пластичності зменшуються, тобто відбувається деформаційне зміцнення або наклеп. Деформаційне зміцнення поверхневого шару в більшості випадків визначають виміром твердості або мікротвердості, що характеризують опір металу пластичних деформацій. Ступінь зміцнення δ визначається за формулою:

$$\delta = \frac{(H_2 - H_1)}{H_1}, \quad (1)$$

де H_1 і H_2 – відповідно твердість (мікротвердість) метала до і після обробки.

Ступінь деформаційного зміцнення залежить не лише від методу і режимів обробки, але і від здатності матеріалу до зміцнення.

В роботі були отримані наступні висновки:

1. Пластичне деформування поверхні деталей сприяє формуванню їх поверхневого шару, що сприятливо позначається на підвищенні їх довговічності в процесі експлуатації.

2. Інтенсивність зношування деталей після вібраційного зміцнення в 2,29-2,95 рази вище, ніж при звичайному деформації.

[1] Полевой С.Н., Евдокимов В.Д. Упрочнение металлов. М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.

[2] Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. М.: Машиностроение, 1981. – 376 с.

УДК 6.62.621.5

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ЛОКОМОТИВНИХ ГАЛЬМІВНИХ КОМПРЕСОРИВ КТ6, КТ7

INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE CYLINDER-PISTON GROUP OF LOCOMOTIVE BRAKE COMPRESSORS KT6, KT7

В. І. Коваленко

Український державний університет залізничного транспорту, (м. Харків)

V. Kovalenko

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv

Аналіз парку магістральних локомотивів які функціонують в межах залізниць України свідчить про те що близько 80% загальної кількості вантажних тепловозів та більшість електровозів обладнані поршневыми трициліндровими W-подібними пневматичними компресорами КТ6, та його модифікаціями КТ7, КТ6Ел. Компресор є основним агрегатом, що забезпечує локомотив та ведений ним склад стисненим повітрям, необхідним для функціонування систем гальмування, протипожежної та пісочної автоматики, а в деяких випадках для запуску дизеля. Від надійної роботи пневматичних компресорів значно залежить безпека руху та ефективність функціонування пневматичного обладнання локомотивів.

Слід відзначити, що надійність та продуктивність компресорів поршневого типу в значній мірі залежить від інтенсивності зношування основних елементів циліндро-поршневої та шатунно-поршневої груп, а саме пар тертя: робоча поверхня втулки циліндра-робоча поверхня поршневих компресійних кілець; робоча поверхня шатунної шийки колінчастого валу-робоча поверхня шатунних

вкладишів; робоча поверхня втулки пальця шатуна-робоча поверхня пальця шатуна.

В практиці ремонту локомотивних компресорів, наприклад, для відновлення герметичності камери стиску вдаються до заміни або розточування робочих циліндрів та заміни зношених компресійних кілець на нові відповідного ремонтного розміру з подальшим процесом припрацювання пар тертя, що призводить до збільшення трудомісткості і вартості ремонтів за життєвий цикл пневматичного агрегата.

Аналіз досліджень показує, що коефіцієнт тертя є універсальною характеристикою тертя і визначає швидкість зношування деталей на 55 - 60 %. Інша частина зниження інтенсивності зношування залежить від таких факторів як зниження шорсткості поверхонь тертя, кращого втримання мастильного матеріалу, кращого захисту поверхні тертя від окислювання й проникнення водню до структури металу й ін.

Цікавим напрямком зменшення тертя циліндро-поршневої групи локомотивних пневматичних компресорів КТ6, КТ7 є застосування методу епіламування робочих поверхонь циліндрових втулок, поршневих кілець, шатунних шийок колінчастого валу та пальців шатунів, наприклад, при виконанні поточного ремонту в умовах депо.

Епіламування – спосіб остифікулоного оброблення поверхонь деталей, який полягає у використанні технології нанесення плівок епіламу, що представляють розчини складних поліефірів (перфторполиефірів) карбонових кислот у легколетючих хладачах на робочі поверхні деталей пар тертя.

Епіламування забезпечує:

- значне зменшення коефіцієнта тертя до 2,5 разів;
- зменшення шорсткості поверхні за рахунок плівки епіламу, нанесеної на поверхню, яка заповнює мікрозападини й мікронерівності, формуючи тим найкращу для умов тертя шорсткість;
- утримання мастильного матеріалу на поверхнях тертя, яке відбувається за рахунок того, що при епіламуванні формується шар орієнтованих молекул радикально змінюючий енергетичні впливи, поверхні твердого тіла.

Молекули ПАР (поверхнево-активної речовини), утворюють структури Ленгмюра у вигляді спіралей з нормально спрямованими до поверхні матеріалу вісями. В результаті адсорбції ланцюг полімеру складається з ділянок, які безпосередньо контактують з поверхнею і витягнутих у простір петель і хвостів, що значно зменшує інтенсивність зношення поверхонь деталей у парах тертя [1].

Тобто застосування методу епіламування, при виконанні поточних ремонтів дозволить зменшити інтенсивність зношення робочих поверхонь втулок циліндрів, компресійних кілець, шатунних шийок та поршневих пальців компресорів типу КТ6, КТ7, що в цілому, призведе до збільшення їх надійності та зниження експлуатаційних витрат.

[1] Potekha V.L. The application of epilamen composition for improvement of tribological characteristics of material surface layers. In. Proceed. Of INTERTRIBO-90, Ceskoslovensko, 1990. 104 p.

[2] Лисіков, Є.М. Підвищення темпу інженерних робіт при виконанні службово-бойових завдань ВВ МВС України шляхом модернізації гідроприводу машин інженерного озброєння. Зб. наук. праць. АВВ МВС України. Харків, 2010. Вип. 2. С. 19-22.

ЕФЕКТИВНІСТЬ СТАТИСТИЧНИХ ІНДИКАТОРІВ У ВИЗНАЧЕННІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

THE EFFICIENCY OF THE STATISTICAL INDICATORS IN IDENTIFICATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF ROLLING BEARINGS

магістри О. В. Бабіченко, О. О. Гореславський

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

O. Babichenko, O. Horeslavskyi, master students

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Технологія вібродіагностування передбачає реєстрацію та аналіз вібраційних реалізацій підшипника кочення, який перебуває у різних технічних станах. Досі актуальним лишається підхід, який полягає в розрахунку статистичних індикаторів у часовому просторі вібраційних сигналів. Здебільшого на часових формах вібрації справного підшипника й підшипника з пошкодженням на ранній стадії відсутні сильні сплески і явно виражені дискретні резонансні складові, що унеможлиблює візуальну фіксацію відмінностей. Для кількісного оцінювання відмінностей вібраційних характеристик слід обчислити відповідні статистичні ознаки, які будуть обрані, як індикатори технічного стану [1].

Середньоквадратичне значення (СКЗ) зареєстрованої вібрації, м/с^2

$$\text{СКЗ} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (v_j)^2} \quad (1)$$

де v_j — відлік часової форми вібрації, м/с^2 ;

N — довжина часової реалізації.

Четвертий центральний момент (коефіцієнт ексцесу)

$$\gamma = \frac{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (v_j - \mu)^4}{\left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (v_j - \mu)^2 \right)^2}, \quad (2)$$

де μ — математичне сподівання, м/с^2 .

У табл. 1 зведені розрахунки СКЗ та коефіцієнту ексцесу для підшипників кочення, які перебувають у різних технічних станах.

Таблиця 1 — Розраховані величини СКЗ і коефіцієнта ексцесу

Стан підшипника	СКЗ, м/с ²	γ
Справний	0,00061	2,41
Раковина внутрішнього кільця	0,025	13,24
Тріщина зовнішнього кільця	0,047	33,07

Отже, обчислення статистичних ознак часових форм вібрації підшипників кочення дозволяє виявити кількісну відмінність однієї реалізації від іншої. Недоліком цих результатів є неспроможність виявити вид відмови й потребу побудови порогу переходу справного стану в несправний.

[1] Randall R. B. (2021). Vibration-based condition monitoring. NJ: John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 978-1-119-47755-6

УДК 629.4

**ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ КОЛІСНО-
МОТОРНОГО БЛОКУ ЕЛЕКТРОВОЗУ ВЛ11 ЗА РАХУНОК
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАЛОПЛАКУЮЧИХ МАСТИЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ**

**INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF ELEMENTS OF THE WHEEL-
MOTOR UNIT OF ELECTRIC LOCOMOTIVE VL11 DUE TO THE USE OF
METALCOATING LUBRICANTS**

М. С. Бугайов

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

М. Бухайов

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Збільшення величини міжремонтного пробігу тягового рухомого складу є одним з найважливіших питань, пов'язаних як з економічною ефективністю, так і з безпекою руху в залізничній галузі.

Багаторічні наукові дослідження в області тертя і зносу дозволили розробити ряд передових технологій і матеріалів для залізничного транспорту.

Вже сьогодні існують технічні рішення, які дозволяють нам вирішувати ці проблеми, і особливе значення має суттєва економія експлуатаційних витрат.

Розробка наукових програм з проблеми зносостійкості визначається економічною значимістю цього питання. Знос є основною причиною відмови від механічного обладнання, і втрати можуть бути знижені за рахунок раціонального використання методів, заснованих на трибології, науці про тертя.

У процесі тертя вирішальну роль відіграють не абразивні частинки, а водень. Водень в атомарному виді виділяється в зоні тертя, насичуючи поверхневий шар сталі і буквально розриваючи його зсередини. Відповідно до цього механізму зношуються всі поверхні тертя машин і механізмів, виготовлених з феросплавів. Саме так зношуються підшипники, шестерні в коробці передач, деталі циліндро-поршневої групи, абразивні частинки, що потрапляють в зону тертя, тільки прискорюють процес виділення воденю (рис.1) [1].

Тертя представлено не тільки як природне руйнівне явище (тертя при граничному змащенні), але і за певних умов тертя стає самоорганізованим формуючим процесом — вибірконим перенесенням (ВП).

Для реалізації ВП в парах тертя сталь-сталь, чавун-сталь і ін. що не утримують плівкоутворюючі матеріали, використовують металоплакуючі мастильні матеріали. Вони включають в себе порошки плівкоутворюючих матеріалів, або оксиди металів, відновлені тертям, або металоорганічні сполуки, які виділяють метали при розкладанні в зонах тертя. У цьому випадку поверхнево-активна речовина повинна зберігатися або утримуватися в базовому мастильному матеріалі під час розкладання металоорганічної сполуки.



а)



б)

а — бандаж колісної пари; б — головка рейки

Рис.1. Приклади зносу деталей залізничного транспорту

Металоплакуюче змащення — клас мастильних матеріалів з добавками (по масі від 0,1-3 і більше відсотків): метали, сплави та їх оксиди, солі та комплексні сполуки металів, порошки металоорганічних сполук. При використанні металоплакуючих мастил досягається ефект ВП, і це пов'язано з тим, що під час тертя на контактній поверхні деталі що третяся, утворюється сервовитна плівка, яка важко піддається окисленню. Плівка складається з металу, введеного в мастило. Товщина плівки коливається від декількох атомарних шарів до 1-2 мкм і більше.

Механізм утворення плівки наведений на рис.2.

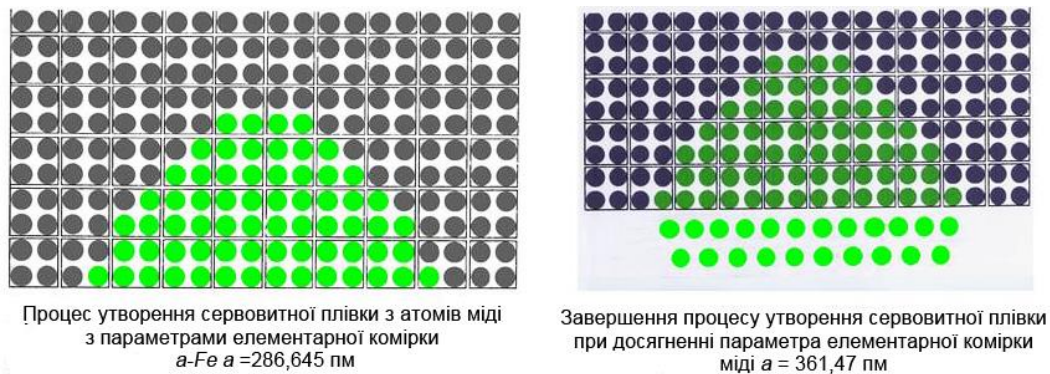


Рис.2. Модель утворення сервовитної мідної плівки на поверхні тертя, що ушкоджена дифузією водню

Використання мастильних матеріалів з металевим покриттям дозволяє збільшити довговічність вузлів тертя (в 2-3 рази), знизити втрати на тертя (на 20%), підвищити ефективність роботи машин і обладнання, знизити витрату мастильних матеріалів (в 2-3 рази) і збільшити період між операціями мастила (до 3 разів).

[1] Эжиев Г.И., Тихоненко Е.А., Мамыкин С.М. Преодоление износа машин и механизмов. *Локомотив-информ.* 2006. №3. С. 27-29.

УДК 629.4

УПРОВАДЖЕННЯ В ПРОЦЕС РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ПАР ЕЛЕКТРОВОЗІВ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄМНО-ПОВЕРХНЕВОГО ЗАГАРТУВАННЯ БАНДАЖІВ

IMPLEMENTATION OF VOLUME-SURFACE HARDENING OF BANDAGES INTO THE REPAIR PROCESS OF ELECTRIC LOCOMOTIVE WHEEL PAIRS

Р.С. Запорожець

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

R. Zaporozhetsi

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv

Ресурс бандажа впливає не тільки на процес експлуатації ТРС. У випадку значного зносу бандажа, колісно-моторний блок необхідно викочувати та повністю розбирати — це не тільки залишає залізницю без працюючого локомотива на період ремонту, але і додає роботи ремонтним цехам.

Крім того, ресурс бандажа колісної пари є одним з обмежень при установці величини міжремонтних пробігів — неможливо продовжити період

міжремонтного пробігу між поточними ремонтами ПР-3 без відповідного збільшення ресурсу бандажів КП.

Серед можливих причин високого зносу КП та рейок можна виділити наступні:

- зменшення поперечного розбігу КП електровозів через зменшення ширини колії з 1524 мм до 1520 мм;

- порушення стандартів утримання колії за шириною колії, рівнем та напрямком в плані;

- зміна жорсткості колії через перехід на більш важкі рейки типу Р65 та Р75;

- масовий перехід на використання залізобетонних шпал;

- використання об'ємно-загартованих рейок, твердість яких у 1,5 рази перевищує твердість коліс;

- зменшення вимог щодо якості обслуговування колії;

- зміна конструкції та збільшення потужності ходової частини локомотивів;

- погіршення якості технічного обслуговування рейкового рухомого складу в процесі експлуатації;

- зниження якості мастильних матеріалів, що використовуються для змащування.

Домінуюче значення в сумі кожної причини зносу змінюється з часом, що унеможливорює встановлення впливу кожної причини.

Три із вищеприведених причин безсумніву мають зв'язок із співвідношенням твердості поверхні кочення колеса (бандажа) з твердістю поверхні рейки.

Отже, одним із способів значного зниження інтенсивності зносу бандажів КП є підвищення твердості поверхні кочення бандажа до рівня твердості сучасних рейок.

Прогресивним методом для досягнення цієї мети є метод об'ємно-поверхневого загартування бандажу КП [1].

Суть цього підходу полягає у підвищенні конструктивної міцності виробу за рахунок створення напружено-зміцненого стану на всіх поверхнях деталі. На відміну від методів нагріву, що традиційно використовуються для деталей з геометрично складними поверхнями, де індукційному нагріву піддаються шари металу, що трохи перевищують глибину загартування, в даному випадку деталь нагрівається по всіх поверхнях, включаючи внутрішні, а потім охолоджується. В результаті виходить загартований шар по контурах бандажа і виріб з високою конструкційною міцністю.

При цьому типі гартування в загартованому виробі можна отримати три зони: зону загартування з твердістю 57 HRC min, де мікроструктура являє собою дрібний голчастий мартенсит, або середній голчастий мартенсит; зону зміцнення з мікроструктурою тороостового мартенситу, торооститу або сорбіту зони проміжного перетворення, де твердість поступово знижується від 57 HRC

до 32-30 HRC; зони металу, що зазнають структурного перетворення при прискореному охолодженні, де мікроструктура — сорбіт і пластинчастий перліт, з твердістю 34-26 од. HRC [2].

За умови отримання подібного розподілу загартованого шару на поверхні деталі цей метод зміцнення можна розглядати як альтернативу хіміко-термічній обробці, в першу чергу цементації, яка широко застосовується на машинобудівних підприємствах. При цьому даний метод забезпечує аналогічні, а в деяких випадках і вищі, міцнісні та експлуатаційні характеристики і одночасно пропонує значні економічні переваги завдяки трьом факторам: матеріалам, технології та обладнанню.

[1] Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тяго-вого рухомого складу залізниць України колії 1520 мм [Текст] : ВНД 32.0.07.001-2001 : Наказом Укрзалізниці від 29.05.2001 № 305-Ц з змінами та доповненнями затвердженими наказами Укрзалізниці від 16.11.2004 № 863-ЦЭ, від 18.12.2007 № 598-Ц та від 20.04.2010 № 046-ЦЗ. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2001. – 168 с.

[2] ДСТУ ГОСТ 398:2016. Бандажі черновые для железнодорожного подвижного состава. Технические условия. [Чинний від 01.09.2016] Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ» 2016. 16 с.

УДК 629.423.2:681.518.54

ВИКОРИСТАННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЧАСТОТ ЗУБОЗАЧЕПЛЕННЯ ТЯГОВОГО РЕДУКТОРА

APPLICATION OF THE SPECTRAL METHODS FOR THE IDENTIFICATION OF MESH FREQUENCIES FOR THE TRACTION GEARBOXES

*магістри В. О. Клименко, А. В. Івненко,
О. О. Миргородський, Я. Я. Світленко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*V. Klymenko, A. Ivnenko, O. Myrhorodskiy,
Y. Svitlenko, master students*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Тягова зубчаста передача є потужним джерелом збурень, що передаються на елементи тягового приводу. Дослідження зубчастих передач здебільшого провадяться з метою оцінки амплітуд вібрацій при різних похибках у зачепленні. Частотні властивості передачі впливають на характер спектра вібрації і зрештою визначають рівень вібрації. Аналіз структури спектру кутових швидкостей зубчастих коліс і деформацій сил еквівалентного пружного контакту зубчастих коліс здійснюють, реалізуючи різні рівні крутних моментів у передачі, аж до значень, які відповідають граничному моменту по зчепленню

що реалізується колісною парою. Величини осьового розбігу часто обирають для дослідження їх впливу на характер спектрів вібрації для номінальної зубчастої передачі і передачі з порушенням величини згаданого параметру. При цьому допускають, що профілі зубів ідеальні й не мають похибок кроків [1].

Спектри амплітуд вібрацій визначаються для середньої величини з діапазону швидкостей руху електропоїзда 40 — 60 км/год. Спектри обчислювались для 8192 відліків часової реалізації алгоритмом швидкого перетворення Фур'є у середовищі пакета Octave.

При перевищенні допустимого значення осьового розбігу (2 мм) і при швидкості руху електропоїзда 46,875 км/год частота зубозачеплення дорівнює 254 Гц і відповідна частотна складова з'являється на широкосмуговому спектрі вібрації. Зі збільшенням частоти на спектрі є друга, третя, четверта й вищі гармоніки. Складові спектра в області 1100 Гц і 1350 Гц мають підвищені амплітуди, що пояснюється резонансними взаємодіями гармонік від збурень при переспряженні зубів і власних частот коливань зубчастої передачі на одній з її форм. Після резонансної зони амплітуди гармонік різко зменшуються, але їхні складові простягаються до 5 кГц. Зі збільшенням величини бічного зазору між зубами у спектрі з'являються складові на частоті рівній половині частоти першої гармоніки процесу при переспряженні зубів. Ця частота проявляється на всьому частотному спектрі з інтервалом 125 Гц. При збільшенні осьового розбігу ця частота залишається і проявляється на всіх спектрах. При більших величинах розбігу, наприклад 2,75 мм, збуджуються власні коливання зубчастих коліс, зокрема шестірні, із власною частотою 480 Гц із широким підйом спектра в зоні 480 Гц. Подальше збільшення розбігу практично не змінює розташування частотних складових, дещо змінюється їх взаємне розташування. На спектрах контактних деформацій чітко виділяється частотна зона до 1000 Гц [1].

При величинах розбігу 0,5 мм, 2 мм, 2,75 мм у спектрах з'являються низькочастотні складові від 0 до 100 Гц, що обумовлюються постійною складовою від моменту, що навантажує, і появою низькочастотних коливань шестерні при циклічній зміні моменту, що навантажує, через розбіг.

При розбігу 2 мм з'являються власні коливання шестерні із частотою 480 Гц, що обумовлена коливаннями шестерні відносно зубчастого колеса.

Високочастотна частина спектра в зоні протифазних коливань зубчастих коліс 1100 Гц практично не змінюється за рівнем амплітуд зі збільшенням величини осьового розбігу. Це дозволяє зробити висновок про те, що зазори впливають на спектр у частотній смузі до 500 Гц.

Отже, спектральні методи здатні виявляти динаміку змін складових зубозачеплення залежно від зміни величин осьового розбігу.

[1] Randall R. B. (2021). *Vibration-based condition monitoring*. NJ: John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 978-1-119-47755-6

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ ЧМЕЗ ШЛЯХОМ ЗАМІЩЕННЯ ЧАСТИНИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ВОДНЕМ

INCREASING THE EFFICIENCY OF CHME3 SHUNTING DIESEL LOCOMOTIVES BY REPLACING PART OF THE DIESEL FUEL WITH HYDROGEN

В.Л. Красовський

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

V. Krasovsky

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Відповідно до бурхливого розвитку глобальних світових трендів, одним із яких є «зелена енергетика», у транспортному секторі економіки багатьох країн світу все частіше і досить гостро стали підніматися питання економії паливно-енергетичних ресурсів та застосування різноманітних видів альтернативних палив. Це головним чином пов'язане з перманентними коливаннями цін на світових ринках нафти та, як наслідок, постійним подорожчанням традиційних палив, а також погіршенням екологічної ситуації.

Серед альтернативних замінників дизельного палива (горючих газів, метанолу, метану, пропану, етанолу, біогазу та інших) водень займає особливе місце, насамперед своєю необмеженістю та відновлюваністю, а також екологічною чистотою, унікальними моторними властивостями та можливістю покращення експлуатаційних показників дизельних двигунів тепловозів. Водень має чудові енергетичні характеристики, згоряння протікає без помітного забруднення довкілля. В даний час водень, завдяки його необмеженим ресурсам, високій енергонасиченості, технологічній гнучкості та екологічній чистоті процесів перетворення енергії за його участю, слід розглядати як найбільш перспективний енергоносіє для автономного тягового рухомого складу.

У порівнянні з паливами, переваги водню в якості енергоносія визначаються його наступними характеристиками:

- в рази більша теплотворна здатність на одиницю маси;
- значно ширші концентраційні межі поширення полум'я, що дозволяють використовувати збільшений робочий інтервал коефіцієнта надлишку повітря;
- висока швидкість згоряння, що підвищує ККД ДВЗ;
- екологічна чистота та можливість довготривалого зберігання;
- високий коефіцієнт дифузії.

Водень є одним із найбільш енергоємних палив. У перерахунку 1 т водню еквівалентна 4,1 т умовного дизельного палива. Він у 8 разів легший за природний газ. Температура зрідження водню становить $-252,8^{\circ}\text{C}$, при атмосферному тиску значно нижче, ніж метану $-82,5^{\circ}\text{C}$. Водень більш

вибухонебезпечний, утворюючи з повітрям вибухонебезпечні суміші у значно більшому діапазоні концентрацій (від 4 до 75 об. % у повітрі), ніж природний газ, проте внаслідок малої щільності він швидко випаровується у відкритих обсягах [1].

Найпростіший спосіб зберігання водню – у балонах під високим тиском. Однак велика питома маса металевих балонів на 1 кг водню, що досягає величини 150:1 - 120:1, обмежує широке застосування балонної системи зберігання на борту автономного тягового рухомого складу. До того ж, підвищений тиск сильно ускладнює їх заправку, потрібні спеціальні компресорні станції, знижуються терміни зберігання заправлених балонів і значно знижується ступінь безпеки. Зберігання водню в зрідженому стані могло б вважатися перспективним завдяки високому вмісту палива в речовині (у рідкому стані його щільність 70 кг/м^3), якби не його низька температура кипіння. Однак зберігання водню в рідкому стані також є вибухонебезпечним. Незважаючи на всі вищезгадані недоліки, застосування водню на транспорті є досить перспективним напрямом. Переведення тепловозів на водень являє собою складний соціально-економічний процес, для здійснення якого буде потрібна велика перебудова низки виробничих галузей, тому на першому етапі доцільно застосування в процесі дизелів тепловозів добавок водню або експлуатації локомотивів на водневонасиченому паливі [2].

Отже, застосування водню на транспорті, зокрема на тепловозах, на даному етапі розвитку водневої енергетики доцільно шляхом заміщення частини дизельного палива воднем, що дозволить підвищити їхню паливну економічність і, як наслідок, ефективність.

[1] Дмитрієв, А.Л. Економічні та технічні проблеми розвитку водневого транспорту з метою покращення екологічного стану навколишнього середовища [Текст] / О.Л. Дмитрієв // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology» ISJAEE №1(9), 2004. С. 14 – 18.

[2] Jeremy Rifkin. The third industrial revolution. – New York, 2011. - P. 291.

УДК 629.424.1-82.003

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕВАГ ГІДРОРЕВЕРСИВНОЇ ПЕРЕДАЧІ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ

DEFINITION OF THE ADVANTAGES OF THE TURBO REVERSAL TRANSMISSION FOR SHUNTING LOCOMOTIVES

магістр Я. С. Прутян

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

Y. Prutian, master student

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Область раціонального й перспективного застосування гідродинамічних передач (ГДП) визначився за часів колишнього радянського союзу переважно на

промислових і маневрових тепловозах, як дістались у спадок Україні. ГДП дозволяють здійснювати роботу тепловоза при малих "повзучих" швидкостях руху необмежено довго, що часто є першочерговим для промислового транспорту, забезпечують безступінчасту (плавну) зміну дотичної сили тяги, мають найкращі серед різних типів передач масогабаритні показники, меншу вартість на одиницю потужності, високу експлуатаційну надійність, низьку витрату кольорових металів.

До гідродинамічних передач (ГДП) висуваються такі вимоги із тягових, економічних показників, а також із надійності:

— висока експлуатаційна надійність;

— забезпечення заданих тягових характеристик при оптимальному використанні потужності дизеля, які у свою чергу характеризуються:

1) загальним діапазоном регулювання;

2) коефіцієнтом прозорості;

3) коефіцієнтом використання потужності дизеля;

— висока економічність передачі, що характеризується:

1) середнім ККД у робочому діапазоні регулювання;

2) коефіцієнтом віддачі потужності;

— мінімальна вага й габарити;

— стійка робота при часткових навантаженнях;

В Україні та за кордоном набули широкого застосування три види ГДП:

— ГДП із проміжним валом;

— ГДП із загальним турбінним валом;

— гідрореверсивні передачі (ГРП) (лише за кордоном).

Численний закордонний досвід експлуатації промислових і маневрових тепловозів з ГРП довів економічну доцільність застосування таких передач на тепловозах.

Порівняно з ГДП з механічним реверсом ГРП дають можливість:

— підвищити продуктивність тепловозів;

— знизити знос гальмових колодок у 20 — 30 разів, знос бандажів коліс на 15 %, у зв'язку з чим зменшуються експлуатаційні витрати на забезпечення екіпажної частини локомотивів;

— підвищити безпеку руху у зв'язку з наявністю додаткових засобів гальмування — гідродинамічного гальма;

— зменшити забруднення металевим пилом колійних засобів централізації та блокування й підвищити надійність їх роботи;

— підвищити експлуатаційну надійність тепловозів;

— підвищити безпеку роботи тепловозів на пожежо- й вибухобезпечних лініях, де застосування механічних колодкових гальм обмежено.

До недоліків тепловозів з ГРП слід віднести підвищені витрати палива (на 2 — 5 %) і підвищення маси передач (на 25 %) [1].

Отже, упродовж модернізації маневрово-вивозних тепловозів заміна застарілої ГДП із проміжним турбінним валом на сучасну ГРП є заходом, який дозволить реалізувати перелічені переваги.

[1] Voith-Antriebstechnik. 100 Jahre Föttinger-Prinzip. Hrsg. von Hermann Schweickert im Auftrage von Voith-Turbo GmbH & Co. KG. VOITH - Schweickert Hermann (Hrsg.): Verlag: Berlin ; Heidelberg ; New York : Springer, 2005. — p. 320.