

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ

ОСЬМАК ВІКТОР ЄВГЕНІЙОВИЧ



УДК 629.463.122

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КРИТИХ
ВАГОНІВ З ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЇХ
ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО СТАНУ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник

кандидат технічних наук, доцент,
Іщенко Вадим Миколайович,
Державний економіко-технологічний університет транспорту, кафедра «Вагони та вагонне господарство», доцент.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор
Фалендиш Анатолій Петрович,
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра «Теплотехніка та теплові двигуни», завідувач кафедри;

- кандидат технічних наук, доцент
Могила Валентин Іванович,
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра «Залізничний транспорт», завідувач кафедри.

Захист відбудеться 18 жовтня 2016 р. об 10⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.820.01 при Державному економіко-технологічному університеті транспорту за адресою: 03049, м. Київ, вул. М. Лукашевича, 19, ауд. №305а.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного економіко-технологічного університету транспорту за адресою: 03049, м. Київ, вул. М. Лукашевича, 19.

Автореферат розіслано 14 вересня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради К 26.820.01,
к.т.н., доц.

Твердомед В.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Перевезення вантажів залізничним транспортом здійснюється різними типами рухомого складу. Швидкопсувні вантажі та вантажі, що потребують захисту від атмосферного впливу і різких перепадів температур, перевозяться в ізотермічному рухомому складі. Парк ізотермічного рухомого складу Філії «Рефрижераторна вагонна компанія» ПАТ «Укрзалізниця» в теперішній час структурований відповідно обсягів, номенклатури та умов перевезення вантажів і містить: 87,1% - криті вагони з утепленим кузовом переобладнані з рефрижераторного рухомого складу; 7,7% - вагони-термоси моделі ТН-4-201 побудови заводу «Дессау» Німеччини; 5,2% - рефрижераторні 5-вагонні секції. Обсяги перевезення вантажів в ізотермічному рухомому складі за останні 5 років складають: 91% - криті вагони з утепленим кузовом переобладнані з рефрижераторного рухомого складу; 2,8% вагони-термоси; 6,2% - рефрижераторні 5-вагонні секції. Для перевезення значних обсягів вантажів перевагу мають криті вагони з теплоізоляцією, які здатні забезпечити необхідний захист та умови зберігання при транспортуванні.

Для виготовлення і постачання на залізницю даного типу вагонів відбувається їх розробка, випробування, виробництво та дослідження, що спрямовані на подальше удосконалення теплотехнічних властивостей огороження кузова і методів оцінки їх теплозахисних якостей.

Впровадження в практику вагонного господарства нових підходів підвищення ефективності використання критих вагонів з теплоізоляцією шляхом удосконалення методів експериментального визначення параметрів теплотехнічного стану кузова в умовах експлуатації, свідчать про актуальність обраного напрямку дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту в період 2008-2016р.р. відповідно до Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, затвердженою наказом Мінтрансв'язку України від 14.10.2008р №1259. Наукові результати отримані при виконанні держбюджетних та госпрозрахункових науково-дослідних робіт ДЕТУТ «Розробка методики проведення діагностики холодильного обладнання рухомого складу залізниць України, що працює на альтернативному холодоагенті» ДРН№0107U000736, 2008р., «Розробка пропозицій удосконалення критих з утепленим кузовом вагонів з метою покращення їх теплотехнічних якостей» ДРН№0109U006605, 2009р., «Розробка технологічного процесу капітального ремонту вагона – термоса моделі ТН-4-201 побудови вагонобудівного заводу Дессау» за договором №29/143 АЛ ЦВ РЕФЮЦ від 30.04.2014р. У виконанні вказаних науково-дослідних робіт автор безпосередньо брав участь як виконавець і співавтор наукових звітів.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розв'язання наукового завдання удосконалення методів експериментального та теоретичного

визначення параметрів теплотехнічного стану критих вагонів з теплоізоляцією та підвищення ефективності їх використання в експлуатації шляхом розробки відповідних технологічних та організаційних заходів, математичних моделей.

Для досягнення зазначеної мети в дисертації поставлені і вирішені наступні задачі:

- аналіз показників експлуатаційної роботи, структури і класифікації парку ізотермічних вагонів, обсягів та умов перевезення вантажів, що потребують захисту від атмосферного впливу та різких перепадів температур навколишнього середовища;
- аналіз особливостей конструкції кузовів критих вагонів з теплоізоляцією та методів їх теплотехнічних випробувань;
- розробка математичної моделі для роздільного визначення показників тепломасообміну огороження кузова вагона, істинного коефіцієнта теплопередачі \bar{K} та площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$, за результатами теплотехнічних випробувань;
- розробка процедури визначення істинного коефіцієнта теплопередачі \bar{K} та площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$ з використанням математичної моделі та комп'ютерних програмних пакетів;
- розробка математичної моделі теплотехнічного стану критого вагона з теплоізоляцією на умови перевезення вантажу, на підставі істинного коефіцієнта теплопередачі \bar{K} та площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$;
- визначення залежностей зміни температури вантажу на умови транспортування з урахуванням істинного коефіцієнта теплопередачі \bar{K} , площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$ кузова вагона, теплового еквіваленту вантажу та атмосферного впливу;
- удосконалення стенду для проведення випробувань з визначення показника герметичності кузова ізотермічного вагона в умовах вагоноремонтного підприємства;
- проведення експериментальних досліджень з визначення відповідності розроблених теоретичних положень;
- подальший розвиток методичних основ паспортизації критих вагонів з теплоізоляцією в умовах ремонтних підприємств вагонного господарства;
- визначення економічної ефективності від впровадження розроблених пропозицій з удосконалення та раціонального використання експериментального контролю теплотехнічних властивостей критих вагонів з теплоізоляцією.

Об'єкт дослідження – процес використання критих вагонів з теплоізоляцією в умовах експлуатації.

Предмет дослідження – теплотехнічний стан критого вагона з теплоізоляцією та його вплив на умови перевезення вантажів в експлуатації.

Методи дослідження. Поставлені в дисертації задачі вирішені із застосуванням наступних сучасних наукових методів. Аналіз показників експлуатаційної роботи ізотермічних вагонів виконувався методом статистики. Дослідження

конструктивних особливостей огороження кузова ізотермічних вагонів виконувались методом ієрархічності та декомпозиції. Дослідження процесів тепло-масообміну при теплотехнічних випробуваннях та визначення теплотехнічного стану критого вагона з теплоізоляцією на умови перевезення вантажу, базувались на рівняннях теплопередачі та теплового балансу. Визначення теплотехнічних показників в реальному тепловому процесі виконувалось експериментальним методом з використанням комп'ютерного забезпечення в режимі он-лайн.

Достовірність отриманих в дисертації наукових результатів, висновків і рекомендацій є обґрунтованими, підтверджуються коректністю прийнятих припущень, теоретичного аналізу, збігом результатів теоретичних та експериментальних досліджень (похибка не перевищувала 5-10%), та апробаціями і матеріалами міжнародних науково-технічних конференцій, в т.р. закордонних (Гомель - Білорусь, Хайдусобосло - Угорщина).

Наукова новизна отриманих результатів

Вперше:

- формалізовано процес теплотехнічного стану ізотермічного вагона при випробуванні у вигляді математичної моделі, яку подано як сумарні балансові рівняння, системою обмежень, що враховує показники передачі теплоти кондукцією, істинний коефіцієнт теплопередачі \bar{K} та герметичності, площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$.
- визначені залежності зміни температури вантажу при транспортуванні в критих вагонах з теплоізоляцією з використанням розробленої математичної моделі і комп'ютерного забезпечення, які на відміну від існуючих враховують істинний коефіцієнт теплопередачі \bar{K} , площу еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$, тепловий еквівалент вантажу та перепади температур атмосферного повітря.

Удосконалено:

- класифікацію сучасного парку ізотермічних вагонів, яка на відміну від існуючих враховує вид, тип, модель та загальний коефіцієнт теплопередачі кузова, що дозволяє на підставі теплотехнічних показників забезпечити раціональний вибір і підвищення ефективності використання рухомого складу;
- реєстрація та обробка результатів при теплотехнічних випробуваннях методом нагрівання повітря за рахунок використання автоматизованої системи в режимі он-лайн, шляхом впровадження цифрових датчиків вимірювання температури, мікропроцесора для накопичення інформації та передачі її до розробленої комп'ютерної програми, що значно зменшує трудомісткість та підвищує точність вимірів.

Набула подальшого розвитку:

- методичні основи паспортизації критих вагонів з теплоізоляцією в умовах вагоноремонтного підприємства з урахуванням теплотехнічних показників огороження кузова, що характеризують теплозахисні якості та забезпечують раціональне використання вагона в залежності від умови перевезення і властивості вантажу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- на підставі проведених досліджень удосконалено стенд для проведення випробувань з визначення показника герметичності кузова ізотермічного вагона в умовах вагоноремонтного підприємства;
- на основі комплексу теоретичних та експериментальних досліджень розроблений науковий підхід роздільного визначення показників тепло-масообміну, істинного коефіцієнта теплопередачі \bar{K} та еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$, що дозволяє оцінити теплозахисні якості огороження кузова вагона з урахуванням передачі теплоти кондукцією і повітрообміну з навколишнім середовищем за результатами теплотехнічних випробувань;
- за результатами виконаних досліджень запропоновано нові технічні рішення з використанням сучасних засобів цифрової вимірювальної техніки та персонального комп'ютера, які на підставі розробленої комп'ютерної програми дозволяють визначити, фіксувати та обробляти теплотехнічні показники кузова вагона в режимі он-лайн в процесі виконання теплотехнічних випробувань в умовах вагоноремонтного підприємства;
- основні результати дисертаційної роботи реалізовані при виконанні науково-дослідних робіт і впроваджені в Філії «Рефрижераторна вагонна компанія» ПАТ «Укрзалізниця» для проведення випробувань на підставі розробленої програми та методики і удосконалення стенда з визначення герметичності кузова ізотермічних вагонів в умовах вагоноремонтного підприємства, та складання теплотехнічного паспорту вагона, в Випробувальному центрі «Азовмаштест» при виконанні теплотехнічних випробувань для визначення середнього коефіцієнту теплопередачі в стаціонарному тепловому режимі засобами цифрової вимірювальної та комп'ютерної техніки, в навчальному процесі на кафедрі «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту при підготовці студентів за напрямом 6.070105 «Рухомий склад залізниць», спеціальності 7(8).0710502 «Вагони та вагонне господарство», викладанні дисциплін «Теплотехніка та теплопередача», «Енергоохолодильні системи вагонів та їх технічне обслуговування», «Технологія виробництва та ремонту вагонів», дипломному проектуванні та виконанні магістерських атестаційних робіт.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені у додатках до дисертації

Особистий внесок здобувача. Постановка мети і задач дослідження виконано спільно з науковим керівником. Провів теоретичні та експериментальні дослідження. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Наукова публікація [6] опублікована без співавторів. У працях, опублікованих у співавторстві, дисертанту належать:

- виконання аналізу теплозахисних якостей огороження кузова критого вагона з теплоізоляцією на підставі даних теплотехнічних випробувань [1, 8, 12];
- розроблення фізичної моделі кузова критого вагона, яка забезпечує подібність процесів, які відбуваються під час теплотехнічних випробувань [2];

- запропоновано математичної моделі з роздільного визначення показників тепло-масообміну крізь огороження кузова вагона в реальному тепловому процесі при теплотехнічних випробуваннях [3, 5, 9, 14];
- сформульовано нові технічні рішення з оцінки теплотехнічних властивостей локальних ділянок огороження кузова вагона [4, 16];
- формалізовано структурований опис конструкції кузова критого вагона з теплоізоляцією, виділення теплозахисних груп огороження та аналіз їх впливу на загальні теплотехнічні якості [7];
- запропонована комп'ютерна програма для визначення та обробки показників при теплотехнічних випробуваннях в режимі он-лайн [10, 15];
- вдосконалено методичні основи створення теплотехнічного паспорту критого вагона з теплоізоляцією в умовах вагоноремонтного підприємства [11];
- розроблення техніко-технологічних заходів з контролю теплотехнічного стану і технічного діагностування огороження кузова критого вагона з теплоізоляцією в умовах вагоноремонтного підприємства [13].

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертації доповідалися, обговорювалися і отримали схвалення на:

- V, VI Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» Державний економіко-технологічний університет транспорту (Київ, 2011, 2013рр.)
- VI, VII Международная научно-практическая конференция «Проблемы безопасности на транспорте» Белорусский государственный университет транспорта. (Білорусь, Гомель, 2012, 2015г.)
- XLII, XLIII, XLIV Науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Залізничний транспорт: сучасні проблеми науки» Державний економіко-технологічний університет транспорту (Київ, 2012, 2013, 2014рр.)
- IV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Інноваційні технології на залізничному транспорті» Донецький інститут залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. (Донецьк, 2013 р).
- V Международная научно-практическая конференция «Наука и образование» Национальный Совет Украины по Машиноведению, Хмельницкая областная организация Союза научных и инженерных объединений Украины, Хмельницкий национальный университет. (Венгрия, Хайдусобосло, 2014г.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладені в 16 науково-технічних працях, з них: 6 статей у фахових виданнях України; 1 стаття у виданні, що включене до міжнародних науково-метричних баз SCOPUS, Index Copernicus, eLibrary (в тому числі без співавторів); 9 тез доповідей та матеріалів конференцій.

Структура і об'єм дисертації

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

Повний обсяг дисертації містить 164 сторінки, у тому числі 128 сторінки основного тексту, 36 рисунків (з них 10 на окремих сторінках), 10 таблиць, список використаних джерел з 101 найменування на 10 сторінках, 4 додатки на 14 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, їх зв'язок з науковими програмами, вказані методи досліджень, достовірність отриманих результатів, визначено наукову новизну дисертації, практичне значення та особистий внесок автора, наведено дані про апробацію результатів роботи і публікації.

У першому розділі дисертації приводиться огляд наукових публікацій за темою, проведено аналіз структури парку, експлуатаційних показників ізотермічного рухомого складу (ІРС), класифікації ізотермічних вагонів (ІВ), функціонування критичних вагонів з теплоізоляцією (КВТ) в сучасних умовах експлуатації.

У вирішенні теоретичних та практичних задач удосконалення і ефективності використання ІРС, дослідженню процесів тепло-масообміну та теплотехнічних характеристик огороження кузова ІВ, методів випробувань, контролю та діагностики в різні роки займалися: Є.Т. Бартош, В.М. Васильєв, О.А. Ворон, К.В. Іванов, Б.М. Китаєв, М.Е. Лисенко, А.В. Моргунов, С.М. Науменко, В.М. Панферов, С.О. Сапожніков, М.М. Тертеров, Н.С. Таймуразов, В.М. Черкез, а також вітчизняні науковці: В.М. Бубнов, О.Г. Дуганов, В.М. Іщенко, В.О. Мазур, І.Е. Мартинов, В.К. Мироненко, В.І. Могила, А.П. Фалендиш та інші фахівці та інженери.

Завдяки існуючим теоретичним та експериментальним розробкам є можливість комплексного дослідження процесів тепло-масообміну крізь огороження кузова при перевезенні вантажів, а також при проведенні теплотехнічних випробувань. Це дозволяє отримати достатньо загальну інформацію про теплотехнічний стан ІВ та рівень основних експлуатаційних факторів впливу на теплозахисні властивості огороження кузова.

Однак, відомі розробки не розглядають можливість роздільного визначення показників передачі теплоти кондукцією та повітрообміном крізь отвори фільтрації огороження кузова вагона, оскільки використання виключно розрахункових підходів значно ускладнено і досить велика розбіжність розрахункових та фактичних значень отриманих експериментально при випробуваннях. Для роздільного визначення показників тепло-масообміну необхідно мати данні теплотехнічних випробувань та розробити процедуру для розрахунку їх значення.

Проведений аналіз попередніх досліджень дозволив обґрунтувати доцільність роздільного визначення показників передачі теплоти кондукцією і герметичності, які дають можливість удосконалення методів контролю теплозахисних властивостей

вагона та більш ретельно дослідити вплив експлуатаційних факторів на теплотехнічні характеристики огороження кузова.

В дисертаційній роботі це досягається шляхом удосконалення методів експериментального визначення параметрів теплотехнічного стану ІВ та запропонованих теплотехнічних розрахунків з роздільного визначення показників тепло-масообміну.

Аналіз парку ІРС Філії «Рефрижераторна вагонна компанія» ПАТ «Укрзалізниця», номенклатури, умов та об'ємів перевезення вантажів за останні 5 років дає підстави для подальшого удосконалення та оновлення парка критих вагонів з теплоізоляцією.

Нормативи, які регламентують експлуатаційно-технічні показники ІРС залізниці під час перевезення вантажів, встановлюють, що одним з ключових показників, який характеризує в цілому теплотехнічні властивості кузова ІВ є загальний коефіцієнт теплопередачі - K . На підставі виду, типу, моделі вагона та загального коефіцієнту теплопередачі кузова вагона K , удосконалена класифікація парку ІВ. Згідно розробленої класифікації до КВТ відносяться вагони з звичайною ізоляцією, що переобладнані з рефрижераторного рухомого складу (РРС) і з посиленою ізоляцією, вагони-термоси. Це дозволяє у відповідності тепलोзахисних властивостей огороження кузова забезпечити раціональний вибір вагона для перевезення вантажу з урахуванням його властивостей і умов транспортування.

На залізницях України діє система технічного обслуговування та ремонту вагонів, яка базується на застосуванні комбінованого критерію при направленні вагонів в плановий ремонт, що складається з критерію календарної тривалості (в роках) і критерію фактичного виконання об'єму робіт (тис.км. пробігу).

При існуючій системі технічного обслуговування та ремонту функціонування КВТ можливо описати випадковим процесом $x(\tau)$, що характеризує його стан в довільний момент часу τ та приймає наступне значення.

$$x(\tau) \begin{cases} S_0 - \text{коли в момент часу } \tau \text{ КВТ працездатний;} \\ S_1 - \text{коли в момент часу } \tau \text{ виконується ТО;} \\ S_2 - \text{коли в момент часу } \tau \text{ виконується ТОД;} \\ S_3 - \text{коли в момент часу } \tau \text{ виконується ПР;} \\ S_4 - \text{коли в момент часу } \tau \text{ виконується ДР;} \\ S_5 - \text{коли в момент часу } \tau \text{ виконується КР;} \\ S_6 - \text{коли в момент часу } \tau \text{ виконується КРП.} \end{cases}$$

Можливі переходи процесів $x(\tau)$ при функціонуванні КВТ приведені на рисунку 1.

Аналіз функціонування КВТ з урахуванням діючої структури технічного обслуговування та ремонту з видом та характером відновлювальних робіт показав, що в процесі експлуатації теплотехнічні випробування з визначення загального коефіцієнту теплопередачі огороження кузова виконуються тільки при капітальних

ремонтах, визначення герметичності кузова при деповському та капітальних ремонтах і значення цих показників не відображається в технічному паспорті вагона.

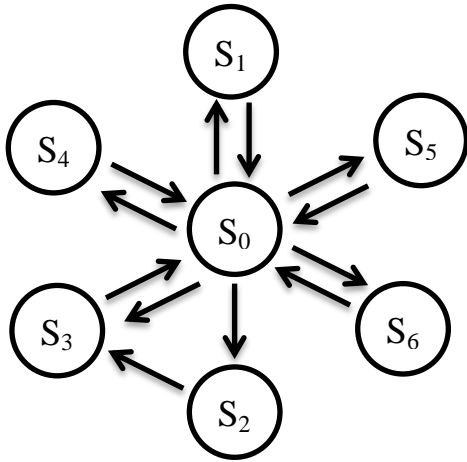


Рисунок 1 - Діаграма переходу процесу $x(\tau)$ при функціонуванні КВТ.

вагона.

Проведені дослідження дозволили обґрунтувати доцільність подальшого оновлення та удосконалення парку КВТ, методів експериментального визначення їх теплотехнічних характеристик, розроблення методичних основ створення та впровадження теплотехнічного паспорта вагона в умовах вагоноремонтного підприємства та внесення теплотехнічних показників в технічний паспорт вагона, що сприяє підвищенню ефективності використання КВТ на умови транспортування вантажів.

У другому розділі викладено використані в роботі методи дослідження та експериментального визначення показників тепло-масообміну крізь огороження кузова КВТ. Розроблена розрахункова схема та фізична сутність математичної моделі для роздільного визначення показників передачі теплоти кондукцією, істинного коефіцієнта теплопередачі \bar{K} та герметичності, площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$, в реальному тепловому процесі при теплотехнічних випробуваннях. Також розглянуто розрахункова схема та фізична сутність математичної моделі теплотехнічного стану КВТ на умови транспортування вантажу, яка базується на показниках \bar{K} і $F_{ек}$.

В роботі розглянуто класичну конструкцію КВТ, в якій з використанням методів ієрархічності та декомпозиції (блочності), теплотехнічні характеристики огороження кузова визначаються за показниками тепло-масообміну груп суцільної ізоляції, теплових містків та ущільнення. Формулювання задачі аналізу теплозахисних властивостей конструкції огороження кузова базується на узагальненому рівнянні теплопередачі для стаціонарних умов теплообміну у вигляді теплового балансу

$$Q = K \cdot S(\theta_3 - \theta_B), \quad (1)$$

де Q - тепловий потік крізь огороження кузова вагона, Вт; K - загальний коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²К; S - середня площа поверхні кузова, м²; θ_3 - температура зовнішнього повітря, К; θ_B - температура в середині вагона, К.

В результаті аналізу теплозахисних властивостей кузова КВТ, а також враховуючи особливості задачі дослідження теплотехнічних показників (значення поверхні теплообміну та коефіцієнтів теплопередачі груп суцільної ізоляції і теплових містків) обґрунтовані переваги методу блочної - ієрархічної схеми вагона з виділенням теплозахисних груп огороження кузова.

При розв'язанні задачі експериментального визначення показників тепло-масообміну (сумарного тепло-масообміну, кондуктивної передачі теплоти, герметичності) використані умови, методи та засоби теплотехнічних випробувань, що застосовуються при будівництві, експлуатації і ремонті вагонів. Встановлено, що в теперішній час не існує достатньо надійного і універсального методу теплотехнічних випробувань з роздільного визначення показників тепло-масообміну крізь огороження кузова вагона. За основу приймається метод внутрішнього підігріву з виходом системи на рівноважний режим, для визначення приведеного коефіцієнта теплопередачі K_{np} та створення надлишкового тиску для визначення показника герметичності – витрати повітря L_{cm} .

Для роздільного визначення показників тепло-масообміну, істинного коефіцієнта теплопередачі \bar{K} і площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$ використані експериментальні умови теплового процесу нагрівання повітря у вантажному приміщенні кузова вагона і вимірювання об'єму витрати повітря крізь нещільності при створенні в кузові постійного стандартного надлишкового тиску 49Па. На умови нормативних документів теплотехнічних випробувань розроблена математична модель та процедура з роздільного визначення показників тепло-масообміну істинного коефіцієнта теплопередачі \bar{K} і площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$ теплоізолюваного огороження кузова вагона.

Математична модель теплотехнічної системи «вантажне приміщення – джерело теплоти – теплоносій – огороження кузова – навколишнє середовище», на умови теплотехнічних випробувань, включає опис схеми взаємодії окремих елементів між собою і зовнішніх зв'язків, систему балансових рівнянь, характеристики елементів схеми, систему обмежень та показники тепло-масообміну.

Система балансових рівнянь містить:

1) Рівняння теплового балансу системи

$$\begin{cases} W_{in} = K_{np} \cdot S(\theta_B - \theta_3) \\ pV = (m - m_f)R(\theta_B - \theta_3), \\ W_{in} = Q - Q_f \end{cases} \quad (2)$$

де W_{in} - потужність нагрівальних пристроїв, Вт; p - абсолютний тиск повітря, Па; V - об'єм вантажного приміщення, м³; m - маса повітря у вантажному приміщенні кузова ІВ на початку нагрівання, кг; m_f - маса втрат повітря крізь отвори фільтрації під час нагрівання, кг; Q_f - тепловий потік фільтрації повітря, Вт.

2) Рівняння теплового потоку крізь огороження кузова за рахунок кондуктивної передачі теплоти

$$\begin{cases} Q = \bar{K} \cdot S(\theta_B - \theta_3), \\ \bar{K} = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^n K_i \cdot S_i, \\ K_i = \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_\lambda} \end{cases} \quad (3)$$

де R_a - термічний опір конвекції, $\text{m}^2\text{K}/\text{Вт}$; R_λ - термічний опір кондукції, $\text{m}^2\text{K}/\text{Вт}$.

3) Рівняння теплового потіку від фільтрації повітря крізь нещільності кузова

$$\begin{cases} Q_f = L_f \cdot \rho_B (h_B - h_3) \\ L_f = F_{ек} \cdot \omega \\ \omega = \sqrt{2(h_B - h_3)} \end{cases}, \quad (4)$$

де L_f - об'ємні витрати повітря крізь отвори фільтрації, $\text{м}^3/\text{с}$; ρ_B - щільність повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$; h_B - ентальпія внутрішнього повітря кузова, $\text{Дж}/\text{кг}$; h_3 - ентальпія повітря зовні кузова, $\text{Дж}/\text{кг}$; ω - швидкість руху повітря крізь отвори фільтрації, $\text{м}/\text{с}$.

4) Рівняння витрат повітря крізь отвори фільтрації при випробуваннях кузова на герметичність при створенні в кузові постійного стандартного надлишкового тиску

$$\begin{cases} L_{cm} = \omega_{cm} \cdot F_{ек} \\ \omega_{cm} = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \\ F_{ек} = \frac{L_{cm}}{\omega_{cm}} \end{cases}, \quad (5)$$

де L_{cm} - об'ємні витрати повітря крізь отвори фільтрації, при надлишковому тиску Δp , $\text{м}^3/\text{с}$; ω_{cm} - швидкість повітря крізь отвори фільтрації, під час надлишкового тиску Δp , $\text{м}/\text{с}$; $F_{ек}$ - площа еквівалентного отвору фільтрації в огороженні кузова, м^2 ; Δp - стандартний надлишковий тиск у вантажному приміщенні кузова, Па ; ρ - щільність повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Тепло-масові і конструктивні параметри змінюються тільки в межах можливих та технічно здійснюючих станів енергоносіїв і конструкції, а також в межах технічно можливих початкових та експлуатаційних станів матеріалів в елементах системи. Ці обмеження відображені у вигляді нерівностей сукупності параметрів

$$\theta_\theta^* \leq \theta_\theta \leq \theta_\theta^{**}, \quad \bar{K}^* \leq \bar{K} \leq \bar{K}^{**}, \quad F_{ек}^* \leq F_{ек} \leq F_{ек}^{**}$$

(однією та двома зірками в індексі відображені мінімальні та максимальні значення параметрів відповідно).

У якості показників тепло-масообміну теплотехнічної системи приймається істинний коефіцієнт теплопередачі \bar{K} і площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$

Для роздільного визначення показників тепло-масообміну істинного коефіцієнта теплопередачі \bar{K} і площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$ розроблена процедура, яка зображена на рисунку 2.

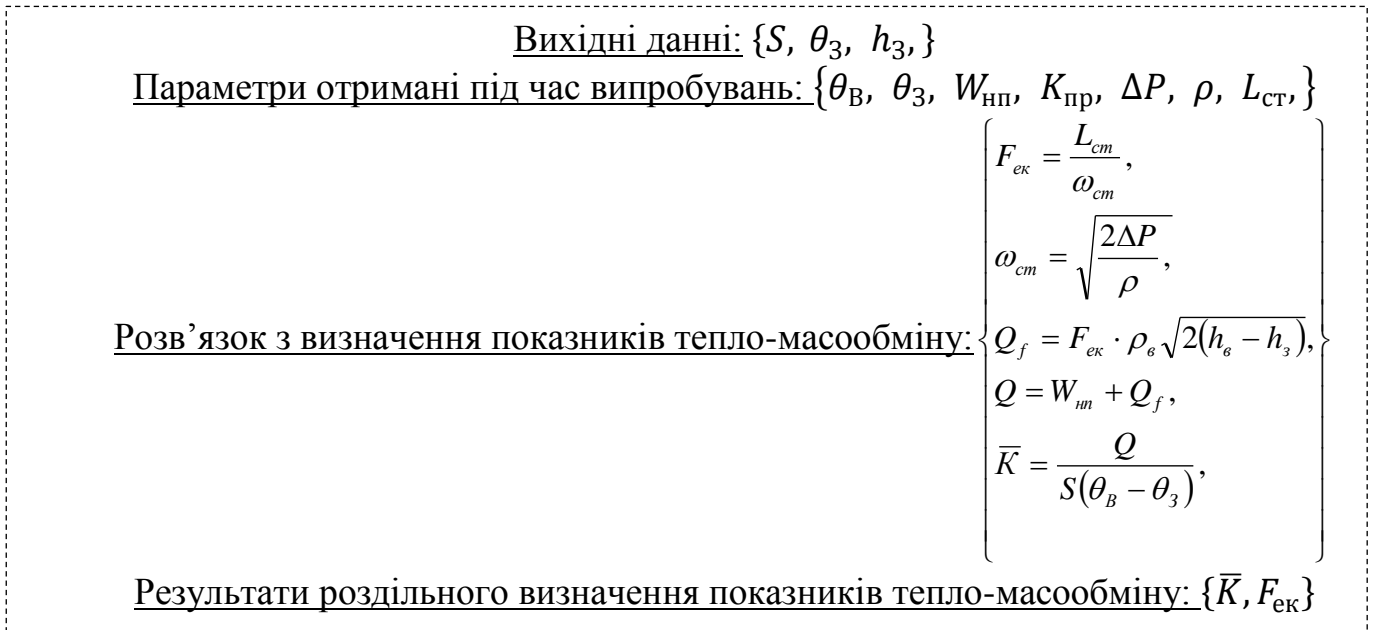


Рисунок 2 - Процедура роздільного визначення показника тепломасообміну під час теплотехнічних випробуваннях ІВ

Також в даному розділі формулювання задачі дослідження раціонального використання КВТ відповідно теплозахисних властивостей огороження кузова доповнено узагальненою математичною моделлю системи «навколишнє середовище - кузов вагона – вантаж».

В якості основного математичного описання структури системи використовуємо рівняння теплового балансу

$$Q_{\text{сум}} = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (6)$$

де $Q_{\text{сум}}$ - сумарна кількість теплоти, Вт; Q_1 - кількість теплоти, що передається кондукцією крізь огороження кузова в наслідок наявності різниці температур зовнішнього повітря і повітря в середині вантажного приміщення, Вт; Q_2 - кількість теплоти, що проникає у вантажне приміщення вагона у наслідок повітрообміну крізь нещільності вантажного приміщення, Вт; Q_3 - кількість теплоти, що поглинається зовнішньою по верхньою огороження від дії сонячної радіації, Вт.

Сумарна кількість теплоти, що потрапляє у вантажне приміщення вагона, залежить від значення наступних параметрів

$$Q = f(\bar{K}, S, F_{\text{ек}}, C, \rho, \Delta\theta_{\text{ек}}, \theta_3, \theta_6), \quad (7)$$

де C - теплоємність повітря, Дж/кг К; ρ - щільність повітря, кг/м³ ; $\Delta\theta_{\text{ек}}$ - умовне еквівалентне підвищення температури зовнішнього повітря за рахунок дії сонячної радіації, град.

Зміна температури вантажу, що перевозиться у вантажному приміщенні вагона зі зміною температури атмосферного повітря, визначається залежністю

$$Q_{\text{сум}} = W_{\text{вт}} \cdot \Delta t \cdot \tau^{-1}, \quad (8)$$

де W_{BT} - тепловий еквівалент вантажу, Дж/кг; Δt - зміна температури вантажу, К; τ - тривалість дії кількості теплоти, с.

Обмеження відображені у вигляді нерівностей сукупності параметрів

$$\theta_3^{\min} \leq \theta_3 \leq \theta_3^{\max}, W_{BT}^{\min} \leq W_{BT} \leq W_{BT}^{\max}, \Delta t^{\min} \leq \Delta t \leq \Delta t^{\max}.$$

На підставі розробленої математичної моделі і комп'ютерного забезпечення побудовані графічні залежності зміни температури вантажу на умови транспортування в КВТ, що зображені на рисунку 3, 4.

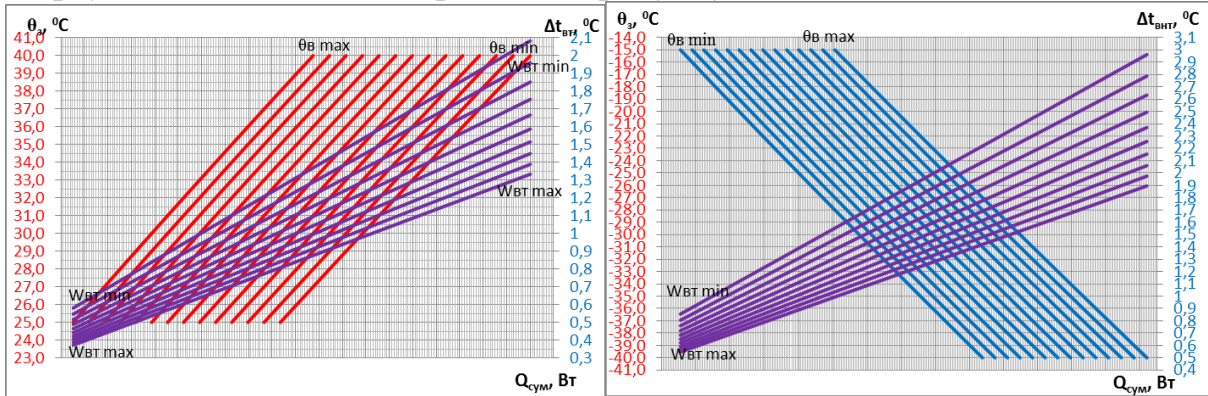


Рисунок 3 – Бінарні залежності зміни температури вантажу при перевезенні в КВТ у літній період

Рисунок 4 – Бінарні залежності зміни температури вантажу при перевезенні в КВТ у зимовий період

Встановлено, що зміну температури вантажу на умови транспортування в КВТ раціонально визначати за значенням \bar{K} і $F_{ек}$, теплового еквіваленту вантажу W_{BT} та перепаду температур атмосферного повітря θ_3 .

У третьому розділі наведено програму та результати експериментальних досліджень, які складались з стендових випробувань фізичної моделі вагона, теплотехнічних випробувань контейнер-цистерни і критого вагона з теплоізоляцією моделі 11-1807-04 виробництва ВАТ «Азовзагальмаш».

За результатами стендових випробувань фізичної моделі вагона отримані данні для розрахунку істинного (переважно – кондуктивного) коефіцієнту теплопередачі \bar{K} , та показника герметичності – площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$. Для цього визначались теплотехнічні показники при встановленні в корпусі моделі вставок без отвору фільтрації та з каліброваними отворами $d_{ек1}=3\text{мм}$, $d_{ек2}=5\text{мм}$, $d_{ек3}=7\text{мм}$. За отриманими даними та розробленої процедурою стендових випробувань встановлено, що площа еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$ каліброваних вставок, визначених в дійсному тепловому процесі під час нагрівання повітря в кузові моделі, відрізняється від дійсних значень в середньому на 5,3%. Під час теплотехнічних випробувань контейнер-цистерни методом нагрівання повітря в цистерні з теплоізоляцією, встановлено достатній збіг експериментально отриманих результатів з розрахунковими значеннями теоретичних досліджень, похибка не перевищала 2,4%.

Теплотехнічні випробування дослідного зразка 4-вісного критого вагона з теплоізоляцією моделі 11-1807-04 проводились в спеціалізованому приміщенні. В процесі випробувань встановлено: значення коефіцієнта теплопередачі огороження кузова K_{np} , методом нагрівання повітря у вантажному приміщенні до отримання стабільного перепаду між температурами повітря в середині та зовні вагона в режимі теплопередачі; показник герметичності L_{cm} – витрати повітря, методом створення стандартного надлишкового тиску в середині кузова та підтримання його на заданому рівні певний час.

За результатами теплотехнічних випробувань вагона моделі 11-1807-04 для визначення показників передачі теплоти кондукцією \bar{K} і герметичності $F_{ек}$ огороження кузова використано процедуру, що розроблена автором (рисунок 2). Встановлено, що значення \bar{K} , отриманого при проектуванні вагона і визначеного за результатами випробувань та розробленої процедурою збігаються з похибкою 5,6%, що свідчить про достатню достовірність теоретичних та експериментальних досліджень.

На підставі проведених експериментальних досліджень удосконалено стенд та процедура з визначення показника герметичності L_{cm} в умовах вагоноремонтного підприємства та подана заява з отримання патенту на корисну модель реєстраційний № u 2016 03046 від 24.03.2016.

Четвертий розділ присвячено обґрунтуванню шляхів раціональної оцінки теплотехнічних якостей кузова вагона з теплоізоляцією, а також визначенню економічної ефективності запропонованих заходів.

Для отримання узагальненої оцінки зміни теплотехнічних характеристик огороження кузова при експлуатації вагона розглянуто дві групи основних факторів, що впливають на процеси теплопередачі і інфільтрації – постійно діючі, які не залежать від строку експлуатації та безпосередньо зв'язані зі строком експлуатації від побудови вагона.

При розв'язанні задачі прогнозування та моделювання зміни теплотехнічних характеристик вагона в процесі експлуатації використані ізотермічні конструкції огороження кузова з теплоізоляційним матеріалом пінополіуретаном при формуванні ізоляційного шару способом напилення. Встановлено, що при даній теплозахисній конструкції огороження і дії основних експлуатаційних факторів зміни теплотехнічних характеристик раціонально визначати на підставі розглядання місцевого опору кондукції R_{λ} теплозахисних груп кузова і повітрообміну, який здійснюється крізь отвори фільтрації з еквівалентною площиною $F_{ек}$.

За результатами дослідження побудовані графічні залежності $\bar{K} = f(R_{\lambda})$ та $K_{np} = f(F_{ек})$, що показані на рисунках 5,6.

У практиці експлуатації ІРС, найпоширенішим є систематичний контроль за технічним станом вагона. Існуючий ІРС має технічні паспорти, де відображено в основному загальні вихідні данні о параметрах серійного вагона і відсутні показники, які визначають теплотехнічні властивості огороження кузова та

теплоізоляції. Запропоновано, що технічний паспорт вагона повинен містити данні, за якими в будь який час експлуатації можливо зробити висновки про його теплотехнічних властивостях, рівні обмеження придатності, ступені надійності теплоізоляції, якості виробництва, ремонту і експлуатації.

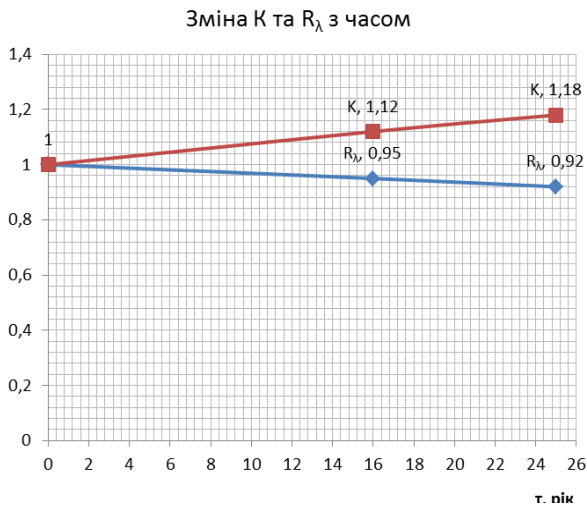


Рисунок 5 – Залежність передачі теплоти кондукцією крізь огороження кузова в процесі експлуатації

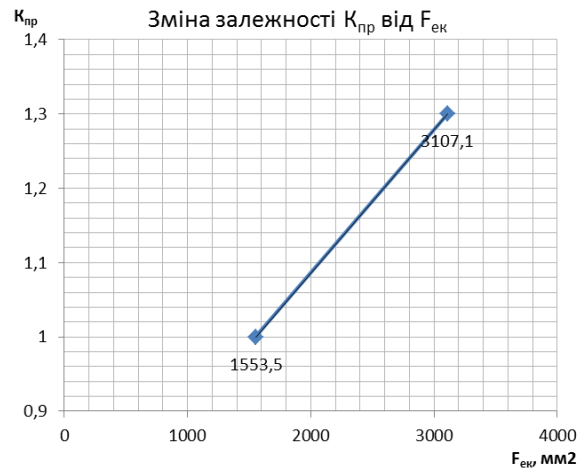


Рисунок 6 – Залежність зміни приведенного коефіцієнта теплопередачі кузова від площі еквівалентного отвору фільтрації

На першому етапі складання та ведення технічного паспорта з теплотехнічними показниками доцільно здійснювати на підприємствах, які виконують ремонт ІВ з подальшим наданням інформації про теплозахисні властивості вагона підрозділам, які забезпечують використання вагонів для перевезення вантажу.

При визначенні економічної ефективності від впровадження запропонованих розробок розглянуто змістову складову двох варіантів випробувань кузова вагона на герметичність – базового і удосконаленого. Оцінку економічного ефекту виконано для удосконаленого варіанту, який передбачає застосування удосконаленого стенда для визначення показника герметичності кузова вагона в умовах вагоноремонтного підприємства.

Встановлено, що впровадження даного стенду в практику випробувань дозволяє отримати економічний ефект в сумі 1250 грн. на один вагон та забезпечить повернення одноразових витрат за 6 років. Крім того використання стенду зменшує трудомісткість робіт та витрати часу, за рахунок плавного та точного регулювання і підтримання нормованого тиску зменшується похибка випробувань

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено важливе наукове завдання – підвищено ефективність експлуатації критичних вагонів з теплоізоляцією шляхом удосконалення методів експериментального визначення параметрів їх теплотехнічного стану.

В процесі вирішення цього завдання були отримані наступні результати:

1. Під час аналізу структури парку та експлуатаційних показників ізотермічного рухомого складу удосконалено класифікацію ізотермічних вагонів новими

підходами, що визначаються видом, типом, моделлю вагона та базуються на значенні загального коефіцієнта теплопередачі кузова. З'ясовано можливість та необхідність застосування класифікації при вирішенні задач з раціонального використання типу вагона для перевезення певного вантажу з урахуванням його теплозахисних властивостей.

2. При дослідженні теплотехнічних особливостей конструкції кузовів критого вагона з теплоізоляцією удосконалено вираз узагальненого рівняння теплопередачі для стаціонарних умов тепло-масообміну, який вимагає розділення поверхні огороження кузова на теплозахисні групи однорідної структури. Для дослідження обрано блочно-ієрархічний варіант схеми кузова з виділенням теплозахисних груп суцільної ізоляції, теплових містків, ущільнення, що дозволяє найбільш повно встановити теплотехнічні характеристики огороження кузова.

3. Визначено склад математичної моделі теплотехнічного стану кузова вагона при теплотехнічних випробуваннях у вигляді структури з п'ятьох підсистем «вантажне приміщення» – «джерело теплоти» – «теплоносій» – «огороження кузова» – «навколишнє середовище», характеристики яких суттєві при визначенні показників передачі теплоти кондукцією, істинного коефіцієнту теплопередачі \bar{K} та герметичності, площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$. В якості критерію адекватності моделі вперше використані мінімум відхилення розрахункових показників від фактичних результатів теплотехнічних випробувань.

4. Для чисельної реалізації математичної моделі розроблено процедуру роздільного визначення показників тепло-масообміну \bar{K} і $F_{ек}$ за результатами теплотехнічних випробувань методом нагрівання повітря в середині вагона і об'єму витрат повітря крізь нещільності, при створенні в кузові постійного стандартного надлишкового тиску 49 Па. Встановлені основні вхідні дані з урахуванням результатів теплотехнічних випробувань, визначені найбільш інформативні показники тепло-масообміну \bar{K} і $F_{ек}$ при використанні розробленої процедури та створеного комп'ютерного забезпечення.

5. Сформульовано зміст математичної моделі теплотехнічної системи «навколишнє середовище – кузов вагона – вантаж», яка базується на суттєвих для теплозахисних функцій огороження кузова, показниках \bar{K} і $F_{ек}$, а також враховує тепловий еквівалент вантажу та перепад температур атмосферного повітря на умови транспортування.

6. Для чисельної реалізації розробленої математичної моделі обґрунтовано вибір графічних залежностей зміни температури вантажу при перевезенні в критих вагонах з теплоізоляцією у літній та зимовий періоди; складено алгоритми обробки дослідних даних для умов перевезення вантажу; розроблені алгоритми реалізовані у створеному програмному комплексі для побудови бінарних графічних залежностей.

7. При експериментальній перевірці розроблених теоретичних положень і математичної моделі отримані результати свідчать: при стендових випробуваннях фізичної моделі вагона різниця значень між дійсною площею каліброваного отвору фільтрації вставки та експериментально визначеної в середньому складає 5,3% а при

проведенні теплотехнічних випробувань контейнер-цистерни: - 2,4%; при теплотехнічних випробуваннях критого вагона з теплоізоляцією моделі 11-1807-04 значення істинного коефіцієнта теплопередачі \bar{K} , отриманого при проектуванні вагона і отриманого експериментальним збігаються з похибкою 5,6%, що дає підставу стверджувати про достатню достовірність розробленої математичної моделі та процедури роздільного визначення показників тепло-масообміну в реальному тепловому процесі.

8. Удосконалено стенд та розроблена процедура з визначення показника герметичності огороження кузова вагона, об'ємні втрати повітря крізь отвори фільтрації, при створенні нормованого надлишкового тиску повітря в середині вагона для умов вагоноремонтного підприємства.

9. Для використання теплозахисних властивостей кузова вагона в процесі експлуатації обґрунтовані методичні основи паспортизації КВТ в умовах вагоноремонтного підприємства, що дозволяє найбільш повно відобразити теплотехнічні характеристики вагона на протязі всього терміну служби. Обґрунтовано вибір характеристик, які дозволяють в будь який час експлуатації оцінити теплотехнічні властивості огороження кузова, рівень обмеження придатності теплоізоляції, якості виробництва та ремонту вагона.

10. Розрахунковий економічний ефект від скорочення витрат на проведення випробувань кузова ІВ на герметичність, який складає близько 1250 грн. на один вагон, разом із підвищенням якісного рівня визначення показника герметичності кузова вагона, свідчать про доцільність впровадження пропонованої розробки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Ищенко, В.Н. Оценка теплозащитных качеств кузова крытого вагона с теплоизоляцией / Ищенко В.Н., Осьмак В.Е., Обуховский В.В. // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту – 2010 – Вип. 23 – С. 176-182.

2. Осьмак, В.Е. К оценке герметичности кузова вагона с теплоизоляцией при использовании физической модели / Осьмак В.Е., Брайковська Н.С. // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія «Транспортні системи і технології» – 2011 – Вип. 19 – С. 70-74.

3. Ищенко, В.Н. Оценка теплотехнических показателей кузовов изотермических вагонов при испытаниях / Ищенко В.Н., Осьмак В.Е. // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту – 2012 – Вип. 29 – С. 200-204.

4. Кельрих, М.Б. Оцінка теплозахисних якостей локальних ділянок в огороженні кузова критих вагонів з теплоізоляцією / Кельрих М.Б., Брайковська Н.С., Ищенко В.М., Осьмак В.Е. // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія «Транспортні системи і технології» – 2012 – Вип. 20 – С. 71-76.

5. Кельрих, М.Б. Теоретические основы раздельного определения показателей теплообмена при теплотехнических испытаниях крытых вагонов с теплоизоляцией / Кельрих М.Б., Брайковская Н.С., Ищенко В.Н., Осьмак В.Е.

//Збірник наукових праць Української Державної академії залізничного транспорту присвячений 60-ти річчю кафедри «Вагони» Випуск 139, Харків 2013. Стр.35-40.

6. Osmak, V. Classification isothermal rolling stock with the main criteria thermal properties fence body. (Класифікація ізотермічного рухомого складу залізниць з урахуванням основних критеріїв теплотехнічних властивостей огороження кузова.) [Текст] / V. Osmak / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015, No. 3 – P.265-267.*(включений до міжнародних науково-метричних баз SCOPUS, Index Copernicus, eLibrary)*

7. Іщенко, В.М. Теплотехнічна модель конструкції огороження кузова критого вагона з теплоізоляцією / Іщенко В.М., Фомін О.В., Осьмак В.Є. // Збірник наукових праць Українського Державного університету залізничного транспорту Випуск 157, Харків 2015. Стр.143-148.

Додаткові праці апробаційного характеру:

8. Брайковська, Н.С. Оцінка теплозахисних якостей кузова критого вагона с теплоізоляцією [Текст] / Н.С. Брайковська, В.Є. Осьмак // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: Тези доп. V міжнародна науково-практична конференція. Державний економіко-технологічний університет транспорту. - Київ, 2011р. – С.19-20.

9. Іщенко, В.Н. Теплотехнический контроль за состоянием кузова крытых вагонов с теплоизоляцией в процессе эксплуатации [Текст] / В.Н. Ищенко, В.Е. Осьмак, И.Л. Хохуля // Проблемы безопасности на транспорте: Тезисы док. VI международная научно-практическая конференция. Белорусский государственный университет транспорта - Беларусь, Гомель, 2012г. – С.87.

10. Осьмак, В.Є. Застосування автоматизованої системи на мікроконтролерах при теплотехнічних випробуваннях ізотермічних транспортних засобів [Текст] / В.Є. Осьмак // Залізничний транспорт: сучасні проблеми науки: Тези доп. XLII науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів. Державний економіко-технологічний університет транспорту. - Київ, 2012р. – С.165-166.

11. Іщенко, В.М. Методичні основи створення теплотехнічного паспорта критих вагонів з теплоізоляцією [Текст] / В.М. Іщенко, В.Є. Осьмак // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління економіка і технології: Тези доп. VI міжнародна науково-практична конференція. - Київ, 2013р. – С.51-52.

12. Осьмак, В.Е. IV Определение наиболее характерных показателей теплопередачи и герметичности кузова изотермических вагонов при теплотехнических испытаниях [Текст] / В.Е. Осьмак, В.Н. Ищенко // Інноваційні технології на залізничному транспорті: Тези доп. Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених. Донецький інститут залізничного транспорту Української академії залізничного транспорту. - Донецьк, 2013 р. – С.96-98.

13. Осьмак, В.Е. Основные понятия и задачи контроля технического состояния и технического диагностирования [Текст] / В.Е. Осьмак // Залізничний транспорт: сучасні проблеми науки: Тези доп. XLIII науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів. Державний економіко-технологічний університет транспорту. - Київ, 2013р. – С.76-77.

14. Кельрих, М.Б. Экспериментальные исследования по определению коэффициентов тепло- и массообмена изотермического железнодорожного подвижного состава [Текст] / М.Б. Кельрих, Н.С. Брайковская, В.Н. Ищенко, В.Е. Осьмак // Наука и образование. Тезисы док. V международная научно-практическая конференция. Национальный Совет Украины по Машиноведению, Хмельницкая областная организация Союза НИО Украины, Хмельницкий национальный университет. Хайдусобосло Венгрия, - 2014г. – С.3-5.

15. Осьмак, В.Є. Методи та засоби теплотехнічних випробувань ізотермічних вагонів та їх практичне застосування [Текст] / В.Є. Осьмак // Залізничний транспорт: сучасні проблеми науки. Тези доп. XLIV науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів. Державний економіко-технологічний університет транспорту - Київ, 2014р. – С.67-68.

16. Ищенко, В.Н. Теплотехническая модель и анализ характеристик ограждения кузова крытых вагонов с теплоизоляцией [Текст] / В.Н. Ищенко, Н.С. Брайковская, В.Е. Осьмак // Проблемы безопасности на транспорте: Тезисы док. VII международная научно-практическая конференция. Белорусский государственный университет транспорта. – Беларусь, Гомель, 2015г. – С.39-40.

АНОТАЦІЯ

Осьмак В.Є. Підвищення ефективності використання критичних вагонів з теплоізоляцією шляхом удосконалення методів експериментального визначення параметрів їх теплотехнічного стану – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. - Державний економіко-технологічний університет транспорту, МОН України, Київ, 2016.

Дисертація присвячена вирішенню наукового завдання, щодо удосконалення методів експериментального та теоретичного визначення параметрів теплотехнічного стану критичних вагонів з теплоізоляцією та підвищенню їх ефективного використання в експлуатації.

Вперше визначено показники передачі теплоти кондукцією, істинний коефіцієнт теплопередачі \bar{K} та герметичності, площі еквівалентного отвору фільтрації $F_{ек}$ на підставі розробленої математичної моделі, яка на відміну від існуючих дозволяє встановити значення \bar{K} і $F_{ек}$ в реальному тепловому процесі при теплотехнічних випробуваннях; побудовані графічні залежності зміни температури вантажу при транспортуванні в критичних вагонах з теплоізоляцією з використанням розробленої математичної моделі і комп'ютерного забезпечення, які на відміну від існуючих базуються на показниках \bar{K} і $F_{ек}$, тепловому еквіваленті вантажу та перепадів температур атмосферного повітря.

Удосконалено класифікацію сучасного парку ізотермічних вагонів, яка на відміну від існуючих враховує вид, тип, модель та загальний коефіцієнт теплопередачі кузова, що дозволяє на підставі теплотехнічних показників забезпечити раціональний вибір і підвищення ефективності використання рухомого складу.

Набули подальшого розвитку методичні основи паспортизації критих вагонів з теплоізоляцією в умовах вагоноремонтного підприємства з урахуванням теплотехнічних показників огороження кузова, що характеризують теплозахисні якості та забезпечують раціональне використання вагона в залежності від умов перевезення і властивості вантажу.

Ключові слова: ізотермічний вагон, теплоізоляція, теплотехнічні випробування, тепло-масообмін, коефіцієнт теплопередачі, герметичність, площа еквівалентного отвору, паспортизація.

АННОТАЦІЯ

Осьмак В.Е. Повышение эффективности использования крытых вагонов с теплоизоляцией путем усовершенствования методов экспериментального определения параметров их теплотехнического состояния - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов. Государственный экономико-технологический университет транспорта, МОН Украины, Киев, 2016.

Диссертация посвящена решению научного задания, которое состоит в повышении эффективности использования крытых вагонов с теплоизоляцией путем усовершенствования методов экспериментального определения параметров их теплотехнического состояния в процессе эксплуатации.

Разработанная процедура определения показателя передачи теплоты кондукцией, истинного коэффициента теплопередачи и показателя герметичности, площади эквивалентного отверстия фильтрации, с использованием математической модели распространения теплового потока в системе «кузов вагона – окружающая среда» при теплотехнических испытаниях методом нагрева воздуха внутри грузового помещения и определения расхода воздуха через отверстия фильтрации.

Процедура позволяет определить показатели тепло-массообмена кузова вагона в реальном тепловом процессе при действующих нормативных документов теплотехнических испытаниях изотермических вагонов.

Построены графические зависимости изменения температуры груза при транспортировании в крытых вагонах с теплоизоляцией на основании использования компьютерного программного обеспечения и разработанной математической модели теплотехнической системы «окружающая среда – кузов вагона – груз». Математическая модель содержит систему балансовых уравнений, которые в отличие от существующих, базируется на показателях передачи теплоты кондукцией и герметичности кузова вагона, тепловом эквиваленте груза и перепаде температур атмосферного воздуха.

Получила дальнейшее развитие концепция проведения теплотехнической паспортизации крытых вагонов с теплоизоляцией, что позволяет в любое время эксплуатации вагона получать информацию о теплотехнические свойства ограждения кузова вагона, ограничении его пригодности, качества изготовления, ремонта и обслуживания вагона.

Ключевые слова: изотермический вагон, теплоизоляция, теплотехнические испытания, тепло- массообмен, коэффициент теплопередачи, герметичность, площадь эквивалентного отверстия, паспортизация.

SUMMARY

Osmak VE More efficient use of insulated covered wagons by improving the methods of experimental determination of parameters of heating state - Manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, speciality 05.22.07 - rolling stock and train traction. State Economy and Technology University of Transport, Ministry of Education of Ukraine, Kyiv, 2016.

The thesis is devoted to solving scientific tasks to improve methods of experimental and theoretical determination of the parameters of the state covered wagons heat insulated and increase their effective use in operation.

Methods of mathematical statistics analysis was performed using and operating parameters of isothermal rolling stock. The method of system analysis examined the design features refrigerator car. With the use of mathematical simulation of thermal processes in the "Wagon – Environment system", which was based on the equations of heat transfer and thermal balance research performed was of thermal processes in thermal testing by heating the air in the cargo space of the wagon Investigation of heat mass transfer between the internal space and the environment through fence car body made by physical modeling.

The procedure of identifying the most informative indicators of local heat and tightness of the results of thermal testing to assess the quality of heat-shielding enclosure of car body based conductive heat transfer and integrity.

The experimental study to determine the thermal performance real-thermal process in the test car was performed.

The reliability obtained in the thesis research results confirmed correctness of the accepted assumptions rigor of theoretical analysis, the coincidence of the results of analytical and experimental research (the error does not exceed 2,4-5,6%).

The proposed concept of certification of heating covered wagons with insulation, which allows at any time to receive information about operation of thermal properties of the enclosure body, limiting its suitability, quality, production, repair and maintenance of car

Keywords: isothermal wagon, refrigerator wagon, thermal insulation, thermal testing, thermal mass transfer, heat transfer ratio, sealing the opening area equivalent, certification.

ОСЬМАК ВІКТОР ЄВГЕНІЙОВИЧ

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КРИТИХ
ВАГОНІВ З ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЇХ
ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО СТАНУ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом

Підписано до друку 14.09.2016р. Формат 60x90/16.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл-вид. арк 0,9.
Наклад 100 прим. Замовлення № 254
Віддруковано на різнографі в видавничому центрі «Принт-центр»
04053 м. Київ, вул. Артема, 26А
Тел./факс: 486-50-88, 332-41-10, 277-40-16
<http://www.printc.com.ua>. E-mail printcentr@ukr.net