

Українська державна академія залізничного транспорту

Басов Геннадій Григорійович

УДК 629.4.083:629.424.2

**Розвиток наукових основ створення та
контролю технічного стану нового
моторвагонного рухомого складу**

Спеціальність 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків - 2008

Дисертація є рукопис

Робота виконана на кафедрі „Експлуатація та ремонт рухомого складу” Української державної академії залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України

Науковий консультант доктор технічних наук, професор
Тартаковський Едуард Давидович,
Українська державна академія залізничного
транспорту, кафедра «Експлуатація та ремонт
рухомого складу», завідувач кафедри

Офіційні опоненти: Доктор технічних наук, професор
Боднар Борис Євгенович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту ім. В.Лазаряна, перший
проректор, завідувач кафедри «Локомотиви»

Доктор технічних наук, професор
Кудряш Анатолій Петрович,
Інститут проблем машинобудування імені
А.М. Підгорного НАН України, старший науковий
співробітник

Доктор технічних наук, професор
Маслієв В'ячеслав Георгійович,
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», кафедра «Електричний
транспорт та тепловозобудування», професор

Захист відбудеться "28" лютого 2008 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7

Автореферат розісланий "26" січня 2008 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Д.В. Ломотько

Вступ

Сучасний стан реструктуризації залізничного транспорту характеризується необхідністю виділення господарства приміського сполучення в окрему самостійну структуру. Це пов'язано з забезпеченням прибутковості моторвагонного рухомого складу (МВРС) за рахунок: різкого зменшення експлуатаційних витрат, виділення окремих моторвагонних депо, удосконалення системи виробництва, обслуговування та ремонту за весь життєвий цикл. Вирішення цієї проблеми потребує наукового обґрунтування створення та контролю технічного стану перспективного приміського рухомого складу, який виготовляється та експлуатується на підприємствах України. Раніше виробництва МВРС на Україні не існувало.

На залізницях України приміські перевезення здійснюються парком дизель- та електропоїздів виробництва Прибалтики та Угорщини (близько 73%), які в даний момент в основному виробили свій ресурс. Моніторинг якості приміських перевезень показує необхідність покращення надання послуг пасажиром, що викликає необхідність поповнення парку відповідним рухомим складом. Вхідження України в Європейську спільноту та досвід розвинутих країн ще раз підтверджує, що характеристики нового МВРС повинні відповідати світовим стандартам.

Актуальність теми дисертації

Досвід розвинутих країн світу показує, що при розробленні та обґрунтуванні доцільності створення того чи іншого виробу необхідно розраховувати економічний ефект з урахуванням життєвого циклу. Одним із основних факторів, що впливають на вартість життєвого циклу сучасного МВРС, є обрані раціональні техніко-економічні характеристики, система обслуговування, ремонту та діагностування. Цим обґрунтована необхідність проведення досліджень з метою розроблення концепції створення нового МВРС та його типу, враховуючи оптимальну стратегію вибору раціональних характеристик МВРС на весь життєвий цикл.

Сучасною тенденцією у вітчизняній та закордонній практиці підвищення ефективності роботи транспорту та підприємств є використання віртуальних технологій для віддаленого узгодження робіт, спостереження і керування ними, побудови систем швидкого розроблення, випробувань, виготовлення дослідних зразків, пошуку та обробки інформації, розвитку технологій сервісного та технічного обслуговування. Найбільш широко дані технології застосовуються у методах віртуального підприємства з можливістю комп'ютерного накопичення знань і системного керування на всіх стадіях життєвого циклу, що пропонується як розвиток наукових основ створення та контролю технічного стану нового МВРС.

На даний час в Україні утворена галузь транспортного машинобудування – виготовлення нового МВРС (дизель- та електропоїздів), але що стосується наукового обґрунтування конструкції та експлуатаційних характеристик МВРС, особливо контролю технічного стану і удосконалення технології обслуговування та екіпіровки, слід відмітити недостатній обсяг наукових досліджень цієї проблеми.

Тому тема дисертації, яка націлена на доопрацювання методів визначення основних характеристик моторвагонного рухомого складу на протязі всього життєвого циклу, є актуальною науковою проблемою. Вона підтверджується Державною програмою "Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства", введеною в дію Постановою Кабінету Міністрів України від 2.06.1998 р. №769, та розробленими і затвердженими Укрзалізницею програмами: "Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу на 2006-2010 роки" (2006р.) та "Програма дій та заходів щодо покращення організації перевезень пасажирів у приміському сполученні" (2007 р.).

Зв'язок роботи з науковими програмами

Робота виконана згідно з вказаними вище програмами, науково-технічною програмою «Розвиток відомчого залізничного транспорту для забезпечення вантажних перевезень на підприємствах України (Наказ Міністерства промислової політики України від 13.12.2004 р. №667) та „Програмою реформування на залізничному транспорті України”. Наукові результати дисертаційної роботи отримані при виконанні планів таких держбюджетних науково-дослідних робіт: „Прогнозування характеристик маневрових, магістральних тепловозів та дизель-поїздів з урахуванням життєвого циклу” (ДР 0105U000899) та науково-дослідних робіт „Методичні вказівки з підготовки і проведення приймальних випробувань тягового рухомого складу та його складових” (ДР 0104U007601), „Вибір оптимальних параметрів перспективних типів магістральних, маневрових тепловозів та моторвагонного рухомого складу” (ДР 0104U003178), «Тимчасове положення про обслуговування та ремонт нового наукоємного тягового рухомого складу» (ДР 0105U000893), «Проведення досліджень та розробка методичних положень по розподілу локомотивних, вагонних та пасажирських депо на експлуатаційну та ремонтну частину» (ДР 0107U006535).

Мета і задачі дослідження

Метою роботи є вирішення науково-прикладної проблеми – розвитку наукових основ визначення характеристик та контролю стану перспективного МВРС.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- зробити аналіз розвитку моторвагонного рухомого складу;
- проаналізувати способи та засоби контролю технічного стану сучасного рухомого складу;
- розглянути існуючі підходи щодо визначення параметрів МВРС та сучасні методи проектування;
- розробити концепцію створення нового МВРС в сучасних умовах;
- запропонувати типаж нового МВРС для залізниць України;
- розробити моделі по оптимізації параметрів вагонів МВРС та його вузлів;
- зробити аналіз існуючих технологій виготовлення МВРС та запропонувати підходи щодо удосконалення найбільш нераціональних;
- запропонувати підходи щодо підвищення ефективності проведення випробувань нового МВРС та удосконалити методи окремих видів випробувань рухомого складу;
- доопрацювати методи та розробити моделі пошуку відмов МВРС, який обладнаний вбудованими системами діагностики;
- розробити моделі для визначення параметрів системи технічного обслуговування та ремонту нового МВРС;
- розробити техніко-економічну модель щодо визначення ефективності від впровадження розроблених заходів при виробництві МВРС.

Об'єкт дослідження – новий моторвагонний рухомий склад вітчизняного виробництва.

Предмет дослідження – методи створення нового моторвагонного рухомого складу та контролю його технічного стану.

Методи дослідження. Виконані в дисертаційній роботі дослідження ґрунтуються на теорії ймовірності і математичній статистиці, математичному аналізі, теорії масового обслуговування, теорії математичного та імітаційного моделювання, теорії надійності, теорії систем і системному підході, а також на геометричному програмуванні і чисельних методах розрахунків на ЕОМ.

Наукова новизна отриманих результатів

Вирішена наукова проблема обґрунтування створення та контролю технічного стану, нового МВРС, яка враховує наукове обґрунтування життєвого циклу, вплив переходу на нові системи експлуатації, обслуговування та ремонту, що дозволить значно скоротити експлуатаційні витрати.

Вперше:

- запропоновано концепцію створення МВРС, що узагальнює визначення науково - обґрунтованих його характеристик, розвиває принципи

побудови з урахуванням умов експлуатації, світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту, модульного підходу їх компонування, що дозволить знизити витрати за життєвий цикл;

- розроблено комплекс моделей визначення характеристик МВРС на основі геометричного програмування з урахуванням життєвого циклу;
- розроблена концепція модульної структури МВРС на базі уніфікованого причіпного вагона в єдиному габариті дизель- та електропоїздів.

Доопрацьовані, удосконалені та дістали подальшого розвитку:

- методи розкрою матеріалів з використанням геометричного та лінійного програмування для виготовлення кузовів, паливних баків, пісочниць та інших ємкостей з урахуванням їх міцності, вартості та раціональних параметрів;
- методи сучасних технологій виготовлення та контролю дослідних зразків МВРС та окремих вузлів;
- методологія випробувань нового МВРС з формалізацією обсягів випробувань;
- підходи до діагностики та пошуку відмов в новому МВРС;
- модель організації технічного і сервісного обслуговування МВРС, яка на відміну від існуючих враховує результати вбудованої системи діагностики;
- методи розрахунків показників функціонування окремих підрозділів депо та екіпірування як систем масового обслуговування.

Практичне значення одержаних результатів

Результати роботи впроваджено:

- у ВАТ ХК „Луганськтепловоз” при розробленні та виготовленні вітчизняного МВРС;
- у ЗАТ НВЦ „Трансмаш” при удосконаленні технології виготовлення колісних пар рухомого складу та удосконаленні методів дефектоскопії її складових;
- у Державній адміністрації залізничного транспорту України:
 - при узгодженні типажу ТРС та методів їх випробувань;
 - при коректуванні технології і організації сервісного і технічного обслуговування та ремонту;
- у навчальний процес підготовки спеціалістів і магістрів Української державної академії залізничного транспорту та Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації,

і вони включають:

- типаж нового МВРС для залізниць України з урахуванням умов експлуатації та особливостей вітчизняної промисловості;

- технології виготовлення окремих складових МВРС;
- системи експлуатації, обслуговування та ремонту нового наукоємного рухомого складу в умовах реформування залізниць України;
- моделі техніко-економічних розрахунків впровадження МВРС.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами та матеріалами впровадження.

Особистий внесок здобувача

У наукових працях, які написані у співавторстві, дисертанту належить:

- розроблення методів проектування екіпажної частини рухомого складу [5, 34, 51, 52];
- участь в удосконаленні методів проведення випробувань при ультразвуковому контролі колісних центрів локомотивів та отримання експериментальних залежностей зміни амплітуди сигналів від різних показників [6, 10];
- участь у розробленні методів та технічного забезпечення проведення випробувань рухомого складу та його складових [9, 38, 49];
- розроблення розрахунково-експериментальних методів для прогнозування показників надійності рухомого складу та його складових [8, 11];
- удосконалення методів проведення, обробки та аналізу результатів досліджень різних технологій виготовлення складових рухомого складу [4, 12, 20, 48];
- розроблення концепції створення моторвагонного рухомого складу, основних вимог до нього, розроблення методів розрахунку його складових та моделей визначення економічного ефекту від використання нового рухомого складу [7, 13, 33, 35, 40, 41];
- визначення основних напрямків дослідження в підвищенні рівня надійності колісних пар локомотивів під час виготовлення та експлуатації [15, 16, 17, 18];
- удосконалення технологій виготовлення рухомого складу і його складових [22, 23, 24, 25, 37, 45, 46, 47];
- розроблення методології визначення типажу моторвагонного рухомого складу та визначення його техніко-економічних показників [26, 31, 41];
- розроблення моделей визначення раціональних параметрів рухомого складу та його складових вузлів і їх визначення [19, 28, 29, 30, 32, 42, 43, 44, 50, 53];
- розроблення методології визначення системи обслуговування та ремонтну моторвагонного рухомого складу виробництва ВАТ ХК

«Луганськтепловоз» та визначення основних її техніко-економічних показників [3].

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення на 18 міжнародних та 3 галузевих науково-технічних конференціях:

- XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII міжнародних науково-технічних конференціях “Проблеми розвитку рейкового транспорту” (Україна, Крим, 2002 - 2007 рр.);
- 64 - 69 міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (м. Харків, 2002 – 2007 рр.);
- Mechanical engineering technologies – 04 (Bulgaria, Sofia, 2004);
- Modern Electric Traction in Integrated XXI st century (Europe, Poland Warsaw, 2005);
- Міжнародній науково-практичній конференції «Наука в транспортному вимірі» (Україна, м. Київ, 2005 р.);
- другій та третій науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: Техніка, технологія, економіка і управління» (Україна, м. Київ, 2004, 2005 рр.);
- Другій Міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми економіки і управління на залізничному транспорті" ЕКУЗТ 2007" (Україна, м. Судак, 2007 р.);
- 7-ая Международная конференция «Триботология и надежность» (Россия, г. Санкт-Петербург, 2007 г.).

Основні положення дисертації доповідались на засіданнях кафедри ЕРРС УкрДАЗТ з 2002 по 2006 рр. Повністю дисертація доповідалась на розширеному засіданні кафедри ЕРРС з участю членів спеціалізованої вченої ради (2007 р.) та на ЗАТ "Трансмаш" (2007 р.), СНУ ім. В.Даля (2007 р.) і Проектно-конструкторсько-технологічному бюро по ремонту локомотивів Укрзалізниці (2007 р.).

Публікації. Основні результати дослідження опубліковані в 53 наукових працях. З них 27 статей у виданнях, які затверджені ВАК України як фахові, 3 патентах, а також в 23 додаткових працях.

Структура роботи. Дисертаційна робота має вступ, вісім розділів, висновки, список використаної літератури та додатки. Повний обсяг дисертації складає 358 сторінок, в тому числі 259 сторінок основного тексту, 21 таблицю, 18 рисунків, список використаної літератури включає 349 найменувань на 36 сторінках, 7 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подана загальна характеристика роботи, доведена її актуальність і зв'язок з науковими програмами та темами, сформульована мета роботи, визначені її наукова новизна і практична цінність.

У першому розділі зроблений аналіз розвитку МВРС, способів його контролю та робіт з визначення параметрів МВРС, визначення їх технічного рівня і методів розрахунку.

Входження України до світового співтовариства з ринковими відносинами, проведення реструктуризації локомотивного господарства викликає необхідність методичного і наукового обґрунтування використання існуючого парку МВРС, його модернізації, а також доцільності створення нових одиниць.

Згідно з прийнятою в 2006 р. "Комплексною програмою оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки" актуальним є вирішення таких масштабних задач:

- якісне виготовлення та серійне виробництво нового рухомого складу;
- скорочення термінів освоєння та впровадження прогресивної техніки нового покоління та ефективних технологій для переоснащення залізничного транспорту;
- створення рухомого складу нового покоління з підвищеною потужністю, у тому числі зі швидкістю 200 км/год, обладнаного перетворювачами електроенергії з комп'ютерною та мікропроцесорною системою керування й діагностування, в яких використовується сучасна елементна база;
- нові дослідження, розроблення та впровадження нових конструкційних матеріалів і сталей на рухомому складі;
- створення сучасної вітчизняної випробувальної бази (полігону) для випробувань рухомого складу та його конструктивних елементів та ін.

Таким чином, вирішення проблеми оновлення рухомого складу залізничного транспорту потребує системного, програмного підходу шляхом проведення узгодженої політики між науковцями, виробниками та експлуатаційними підприємствами.

На даний час в Україні утворена галузь транспортного машинобудування – виготовлення нового МВРС (дизель- та електропоїздів), але що стосується наукового обґрунтування конструкції та експлуатаційних характеристик МВРС, особливо контролю технічного стану і удосконалення технології обслуговування та екіпіровки з урахуванням можливостей вбудованих систем діагностики, слід відмітити недостатній обсяг наукових досліджень цієї проблеми.

Аналіз МВРС виробництва фірм Alstom, Bombardier Transportation, Jenbacher, SLM, Siemens, CAP, FIAT Ferraviaria та ін. показав, що на залізницях Європи в приміському русі відходять від експлуатації потягів на локомотивній тязі. Виникає потреба в швидкісному рухомому складі, що визиває необхідність використання вагонів з нахилом кузова. Для збільшення посадочних місць використовують двохярусні вагони, дизелі з під вагонним розміщенням, компоновочну схему поїзда та ін. Для забезпечення комфорту пасажирів використовують більш потужні дизелі з розрахунку 40-50 кВт додатково на один вагон до необхідної потужності на тягу. На новому МВРС використовуються вбудовані системи діагностики, що дозволяють виконувати його обслуговування та ремонт за станом, але при цьому не розкривається принцип її роботи та не в повній мірі використовуються її можливості. Для існуючого МВРС застосовуються стаціонарні системи діагностики. Спостерігається зменшення строку служби МВРС до 10-15 років та використання модульного принципу при їх формуванні. При цьому середньорічний пробіг складає 120-140 тис.км, а середня пасажиромісткість – 60-90 чоловік.

Питанням визначення показників рухомого складу, оцінення їх технічного рівня приділяється багато уваги. Фундаментальні дослідження в цьому напрямку виконувались і виконуються як в наукових організаціях, особливо таких, як ВНДІЗТі, ВЗДІТі, ДНДЦ УЗ, ПІМаш ім. Підгорного, МІІТі, ЛІЗТі, ОмІІТі, РІЗТі, СамІІЗТі, ДІІТі, СНУ ім. В.Даля, НТУ «ХП», КУЕТТі, ХІІТі та ін., так і на виробничих підприємствах ВАТ ХК «Луганськтепловоз», ВО «Завод ім. Малишева», ДЕВЗ, Брянському ТБЗ (Росія), Коломенському ТБЗ (Росія) та ін. під керівництвом таких вчених, як Боднар Б.Є., Блохін Є.П., Браташ В.О., Володін О.І., Гетьман Г.К., Грищенко С.Г., Голубенко О.Л., Дьомін Ю.В., Кельрих М.Б., Киселев В.І., Коссов Є.Є., Кудряш А.П., Маслієв В.Г., Мороз В.І., Тартаковський Е.Д. та ін. Але в роботах даних вчених не достатньо приділяється уваги можливостям використання вбудованих систем діагностики МВРС.

Аналіз методів проектування рухомого складу показав, що традиційні способи проектування і доведення не дозволяють створювати конкурентноспроможний рухомий склад в короткі строки. Тому при проектуванні необхідно використовувати сучасні системи комп'ютерного моделювання, які можна класифікувати на три класи: низького, середнього та високого рівня. Основним програмним забезпеченням при цьому є: для низького класу – КОМПАС, Базис, AutoCAD і т.п.; для середнього класу – Solid Works, Cimatron, AnvilExpress і т.п.; для високого класу – EDS, ADAMS, ALIAS, DUST-5 і т.п. При проектуванні нового рухомого складу необхідно використовувати програмні комплекси усіх класів.

Згідно із зробленим аналізом, в першому розділі сформульовані мета і задачі дисертації.

На основі накопиченого досвіду та з урахуванням прогнозних даних ДНДЦ УЗ в потребах залізниць України в рухомому складі в **другому розділі** була розроблена концепція створення нового моторвагонного рухомого складу, яка узагальнює визначення науково - обґрунтованих характеристик і розвиває принципи побудови МВРС з урахуванням світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту, зниження витрат за весь життєвий цикл, модульного підходу їх констрування та особливостей промисловості і залізниць України.

В результаті зроблених розрахунків та з використанням методів експертного аналізу був запропонований типаж МВРС на основі модульної конструкції на базі уніфікованого причіпного вагона в одному габариті дизель- та електропоїздів з урахуванням сервісного і технічного обслуговування на весь життєвий цикл (рис.1). Він представляє більш широку гамму рухомого складу, чим потрібну для однієї залізниці.

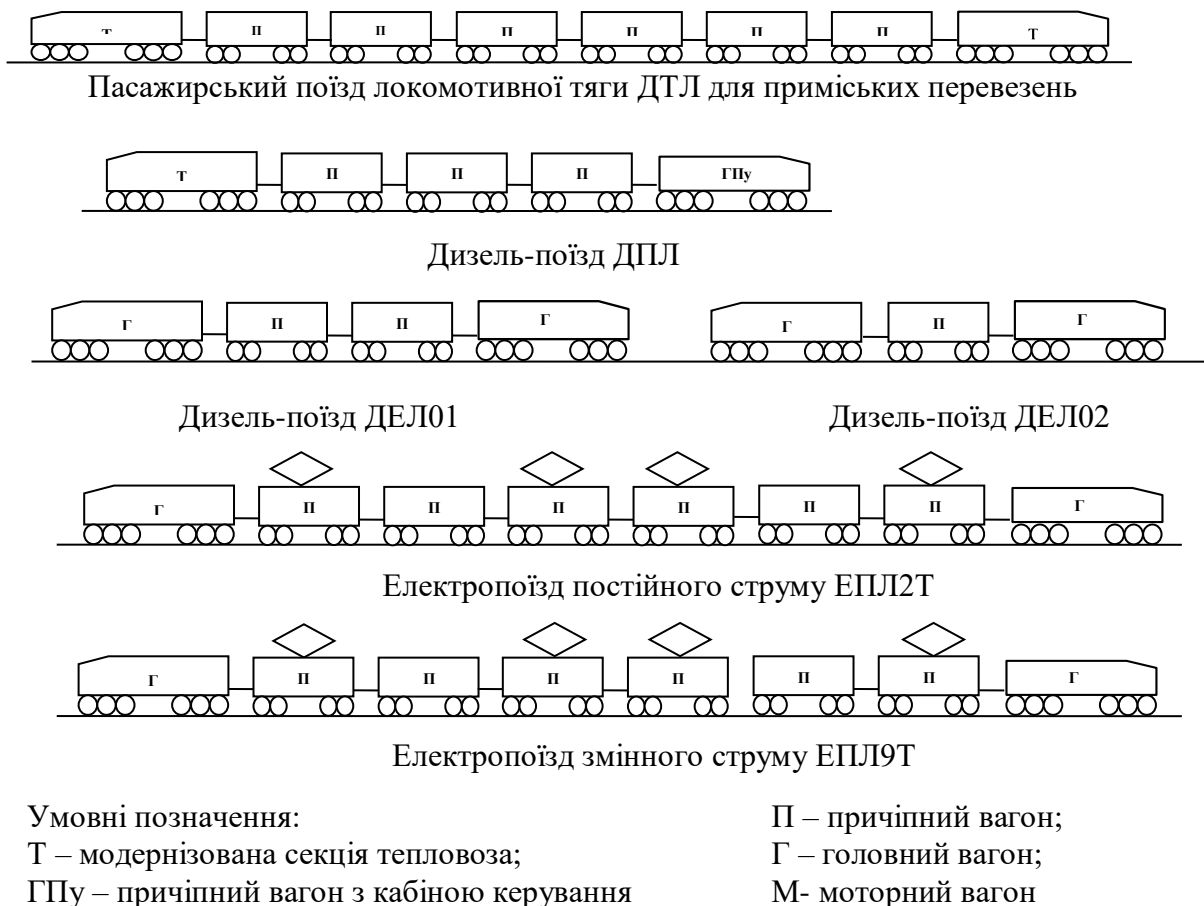


Рис.1. Схеми формування моторвагонного рухомого складу на основі модульної концепції базової конструкції уніфікованого пасажирського вагона

З використанням відомих та розроблених моделей були визначені основні технічні характеристики основних типів нового моторвагонного рухомого складу, які подані в табл.1.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики нового моторвагонного рухомого складу

Найменування показників	Од. вим.	ДАЛ-1	ДТЛ-2	ЕПЛ-160	ЕПЛ-200
Составність	вагон	1	8	8	8
Потужність	кВт	260-300	5000-5500	5200-5600	5600-6000
Конструкційна швидкість	км/год	100-120	160	160	200
Маса тари	т	40-45	420-460	420-440	400-440
Загальна довжина	м	25...27	200	200	220-240
Загальна кількість місць для сидіння		100-120	440-580	560-640	480-520
Питома потужність	кВт/т	5,7÷7,5	10,8÷13,1	11,8÷14	12,7÷15
Питома маса	Т/пас	0,33-0,45	0,72-1,0	0,62-0,78	0,76-0,9
Тип передачі		Електр. з асинхр. привод.	Електр. з асинхр. привод.	Електр. з асинхр. привод.	Двосистемний з асинхр. привод.

Третій розділ присвячений розробленню наукових основ визначення оптимальних параметрів вагонів МВРС та їх складових для залізниць України.

В ньому розроблені моделі розрахунку, визначення геометричних параметрів та техніко-економічних характеристик МВРС. Вихідними даними моделі є:

$T_K = \{T_{K1}, T_{K2}, \dots\}$ - класи вагонів;

$T_{KI} = \{T_{KI1}, T_{KI2}, T_{KI3}, \dots, T_{KI n}\}$ - масив вимог до даного класу вагонів;

a_0, b_0, c_0 - початкові розміри вагона.

Обмеженнями при цьому виступають:

а) габарити рухомого складу та міцність конструкції, O_a :

$$O_a = \{P_{ki}, M_{3z}, \delta, W_{kdp}, C_{kdp}, X_n\}, \quad (1)$$

де P_{ki} - навантаження в рамі вагону; M_{3z} - згинаючий момент рами; δ - прогин рами; W_{kdp} - навантаження від вітру; C_{kdp} - доцентрова сила; X_n - зусилля в стержнях ферми.

б) Норми санітарно-екологічні та пожеаробезпеки, O_b :

$$O_6 = \{L_{новодон}, r_y^{micmo}, r_y^{inuu}, N_{on}, t_n^{III}, t_{nc}, h_n, \beta_{dop}^{max}, p, p_0, I, I_0\}, \quad (2)$$

де r_y^{micmo}, r_y^{inuu} - кількість $m^3 CO_2$, яке виділяється одним пасажиром за час; N_{on} - потужність, яка витрачається на опалення, кВт; t_n^{III} - температура в приміщенні, 0C ; t_{nc} - температура навколишнього середовища, 0C ; β_{dop}^{max} - рівень шуму; p - вимірювальний звуковий тиск; p_0 - звуковий тиск на порозі слуху; I - вимірювана сила звуку; I_0 - сила звуку на порозі слуху.
в) вагові обмеження, O_6 :

$$O_6 = \{P_{ваг}, P_{вісь}, \Delta P_{вісь}\}, \quad (3)$$

де $P_{вісь}$ - вісьове навантаження, кН/вісь; $P_{ваг}$ - вага вагону, кН; $\Delta P_{вісь}$ - допустиме відхилення вісьового навантаження, кН.

Запропонована модель визначення основних характеристик МВРС формалізована в наступному виді:

$$C_{жц} = C^{бюд}(a, v, c, C_i^I) + C^{TOP}(a, v, c, C_i^{II}) + C^{експл}(a, v, c, C_i^{III}) - C^{Cнuc}(a, v, c, C_i^{IM}) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Для покращення динамічних якостей вага МВРС ($P_{ваг}$) повинна бути мінімальна, тобто

$$P_{ваг} = f(a, v, c, C_i^{II}, T_{Ki}) \rightarrow \min. \quad (5)$$

При науковому обґрунтуванні розрахунків основних характеристик нових головних та причіпних вагонів за умов забезпечення підвищеної комфортності необхідно визначити: розміри вагона (a, v, c); розміри всередині салону (a', b', c'); розміри вікон та їх кількість (a'', b'', n_v); розміри дверей та їх кількість (a''', b''', n_d); характеристики нагрівальних елементів (N_{nagr}); характеристики кондиціонера (N_{cond}).

В задачах такого роду для технічного проектування перехідні функції визначаються за результатами розрахунків матеріальних та енергетичних витрат як за окремими технологічними операціями, так і за процесом в цілому. Ці баланси, як правило, включають відношення, які отримані в результаті аналізу розмірностей або шляхом підгонки степеневих функцій до експериментальних даних. В загальному вигляді функцію f , яка виражається через P безрозмірних змінних, можна формалізувати таким

чином: $f(x) = k \prod_{i=1}^P \left(\prod_{j=1}^m x_j^{\alpha_{ij}} \right)$, де $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$ - m -вимірний вектор

конструктивних та (або) фізичних змінних, α_{ij} - ціле число, k та α_{ij} -

константи (дійсні числа), які визначаються за результатами проведення експериментів на реальних системах. Ці відношення, як показала практика виготовлення МВРС, є позиномами, тому вибір оптимального проектування може бути виконаний методами геометричного програмування, хоча й нема загальноприйнятого підходу до розв'язання задач такого роду. Теоретичною базою розв'язання цих задач є фундаментальна нерівність між арифметичним та геометричним середніми з вагами.

Дана задача є задачею геометричного програмування. Її розв'язання виконувалось методом потенціалів. В результаті розрахунків були отримані об'єми приміщень та їх маси, які відрізняються від прогнозних на 2-7,5%.

Проведення розрахунків ваго-габаритних характеристик МВРС призвело до можливості вирішення задач конструкторами ВАТ ХК «Луганськтепловоз» розміщення силового агрегату (дизель-генератора) дизель-поїзда під кузовом, що забезпечило розміщення заданої кількості пасажирів в трьох вагонах (ДЕЛ-02) замість чотирьох (ДЕЛ-01).

Підтримання комфортних параметрів у кабіні і вагонах дизельного рухомого складу пропонується за рахунок використання водної системи опалення з пристроєм гідродинамічного нагрівання.

При цьому однією з основних задач є визначення оптимальних геометричних параметрів колеса відцентрового насоса при реалізації гідродинамічного нагрівання. Для цього з використанням експерименту була розроблена модель, яка формалізована в наступному виді:

$$N_{в.н.} = f(a_0, a_1, a_2, a_{11}, a_{22}, a_{12}, x_1, x_2, z_1, z_2, R_{вх}, R_{вих}, \beta_{вх}, \beta_{вих}) \rightarrow \max, \quad (6)$$

де $N_{в.н.}$ – потужність відцентрового насоса; x_1 – коефіцієнт кута входу лопатки; x_2 – коефіцієнт кута виходу лопатки; z_1 – коефіцієнт вхідного радіуса колеса; z_2 – коефіцієнт вихідного радіуса колеса; $R_{вх}$, $R_{вих}$ – відповідно радіуси входу та виходу лопаток насосу; $\beta_{вх}$, $\beta_{вих}$ – кути входу та виходу лопаток насосу.

В результаті розрахунків та перетворень була отримана залежність, для радіусів ($R_{вх} = 1,35$, $R_{вих} = 6,29$) та кутів ($\beta_{вх} = 82,4^\circ$, $\beta_{вих} = 155,72^\circ$) входу та виходу лопаток.

Для виготовлення кузовів, паливних баків, пісочниць та інших ємкостей з урахуванням їх міцності, вартості та раціональних параметрів були удосконалені методи визначення раціональних геометричних розмірів та розкрюювання матеріалів з використанням геометричного та лінійного програмування.

Задача визначення раціональних параметрів ємностей МВРС запишеться наступним чином. Вихідним масивом даних є масив A ,

$$A_v = (P, c, D, b, x_i), \quad (7)$$

де P – об'єм екіпіровочного матеріалу; c – вартість перевезення в обидві сторони; D – вартість матеріалу 1м^2 , який іде на виготовлення днища; b – вартість матеріалу 1м^2 , який іде на виготовлення стінок; x_i – геометричні параметри ємності.

Витрати на одну поїздку запишуться у вигляді $C = \frac{P \cdot c}{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3}$, а ціна

матеріалів - $Cm = D \cdot x_1 \cdot x_2 + 2b \cdot x_1 \cdot x_3 + 2b \cdot x_2 \cdot x_3$.

Повні витрати представляють деякі позиноми від n -змінних $q_i(x_1, \dots, x_n)$. Тобто цільова функція поставленої задачі матиме вигляд:

$$\min q_0(x_1, \dots, x_n) \quad \text{при } x_1 > 0, \dots, x_n > 1, g_i(x_1, \dots, x_n) \leq a_i, \quad i = 1 \dots n.$$

Розв'язавши дану задачу з використанням геометричного програмування, отримані такі значення:

$$x_1 = x_2 = \left(\frac{P \cdot c \cdot b}{D^2} \right)^{1/5}, \quad x_3 = \frac{D}{2b} \left(\frac{P \cdot c \cdot b}{D^2} \right)^{1/5}. \quad (8)$$

Результати розрахунків по даній моделі показали, що для дизель-поїзда ДЕЛ-02 та електропоїздів ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т місткість бункерів для піску повинна бути в межах 100 кг і складатися з двох ємностей на візку.

Освоєння та виробництво сучасного МВРС викликало необхідність наукового обґрунтування багатьох наукових задач, в тому числі розкрою матеріалів при виготовленні корпусів вагонів, їх інтер'єру, підлог, стель та іншого обладнання.

В загальному вигляді задача раціонального розкроювання матеріалів запишеться в такому виді: q_{ij} – число заготовок з партії i , яке заплановано розкрити j -м способом; a_i – кількість одиниць заготовок.

Кількість E повних комплектів заготовок рівна найменшому з отриманих вище чисел, тобто

$$E = \min_{1 < s < l} \frac{1}{K_s} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} a_{i/j} \cdot q_{ij}, \quad (9)$$

де S – Загальна кількість заготовок, яку можна отримати за планом розкроювання.

Для визначення E необхідно максимізувати відповідним вибором плану розкрою Q .

Розв'язання цієї задачі зводиться до розв'язування задачі лінійного програмування: знаходження максимуму функції E при обмеженнях:

$$\frac{1}{K_s} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} a_{i/j} \cdot q_{ij} \geq B(s = 1, 2, \dots, l); \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} = a_i (i = 1, \dots, m); \quad E \geq 0; q_{ij} \geq 0; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n_i. \quad (11)$$

Забезпечення заданої надійності рухомого складу в експлуатації в великому ступені залежить від технології їх виготовлення. Тому в **четвертому розділі** розглянуті питання удосконалення технології виготовлення МВРС та його складових.

Для виготовлення бокових стінок кузовів вагонів з обшивкою із нержавіючої сталі пропонується модульна конструкція бокових стінок та нова технологія їх виготовлення, яка складається з п'яти етапів. На першому етапі за розробленою моделлю виконується оптимальне вирізання листів із сталі. На другому та третьому етапах – пробивання отворів у листах та підготовка каркасних елементів. На четвертому - складання модулів бокових стінок на стенді. На кінцевому етапі – складання модулів бокових стінок. При виготовленні пропонується використовувати комбіновані з'єднання.

В результаті впровадження даної технології підвищиться якість виготовлення за рахунок конструкторсько-технологічних заходів: введення жорсткості в місцях віконного ряду обшивки, заміни сталі та модульної конструкції бокових стінок. Також при цьому зменшиться навантаження бокових стінок, в 5-6 раз зменшиться трудомісткість виготовлення та цикл складання бокових стінок.

Для складання і зварювання алюмінієвих дахів рухомого складу розроблена нова технологія кріплення обшивок кришок до елементів каркасу, в якій замість зварних швів використовуються гідронепроникані заклепки та клей-шпатлівка. Дана технологія дозволяє економити час та кошти за рахунок відсутності деформацій після виготовлення.

Для виключення використання ручного дугового зварювання, покращення якості зварювальних з'єднань, покращення умов праці, підвищення продуктивності та зменшення собівартості була запропонована нова технологія виготовлення резервуарів. Основною відмінністю її від існуючої є використання стенда по автоматичному зварюванню під шаром флюсу на флюсовій подушці.

При виготовленні пакетів секцій радіаторів дизель-поїздів та локомотивів пропонується нова технологія паяння пакетів, яка складається з трьох основних етапів: спікання трубного пакету секцій радіаторів, виготовлення радіатора на складальному конвеєрі та контролю секцій на конвеєрі здачі радіаторів.

Удосконалено технологію формування колісних пар рухомого складу (рис.2) за рахунок впровадження раціонального нагрівання бандажів, впровадження нових засобів контролю температури бандажів та посадки на колісні центри та використання ультразвукового контролю колісних центрів. На першому етапі пропонується виконувати ультразвуковий контроль з використанням програмного продукту "Комплекс-ультра". Даний продукт на основі отриманих аналітичних залежностей амплітудної характеристики ультразвукового луна-сигналу від площі і глибини залягання несучільності дозволяє автоматизувати детермінацію несучільності, що класифікується як дефект при ультразвуковому контролі колісних центрів.

Під керівництвом та за безпосередньої участі автора отримані залежності: похибки від глибини розташування відбивача в ободі та в маточині колісного центру відповідно:

$$\Delta_o = -0,0035 I_o^2 + 0,4037 I_o - 6,8516, \quad (R^2 = 0,9821), \quad (12)$$

$$\Delta_m = -0,0006 I_m^2 + 0,1019 I_m - 1,9141, \quad (R^2 = 0,9647), \quad (13)$$

де Δ_o , Δ_m - похибки вимірювання відповідно в ободі та маточині колісного центру;

I_o , I_m – глибина розташування відбивача відповідно в ободі та маточині колісного центру.

Отримана залежність коефіцієнта K від координати виміру, яка має такий вигляд $K = -0,0005x^2 + 0,0489x + 0,8491$, $(R^2 = 0,9322)$.

На другому етапі виконується індукційне нагрівання бандажу колісних пар. На третьому та четвертому етапах виконується формування та обтискання колісної пари. Управління технологічним процесом виконується електронним контролером.

Вхідною інформацією для нього виступають температура навколишнього середовища, геометричні параметри бандажу та колісного центру.

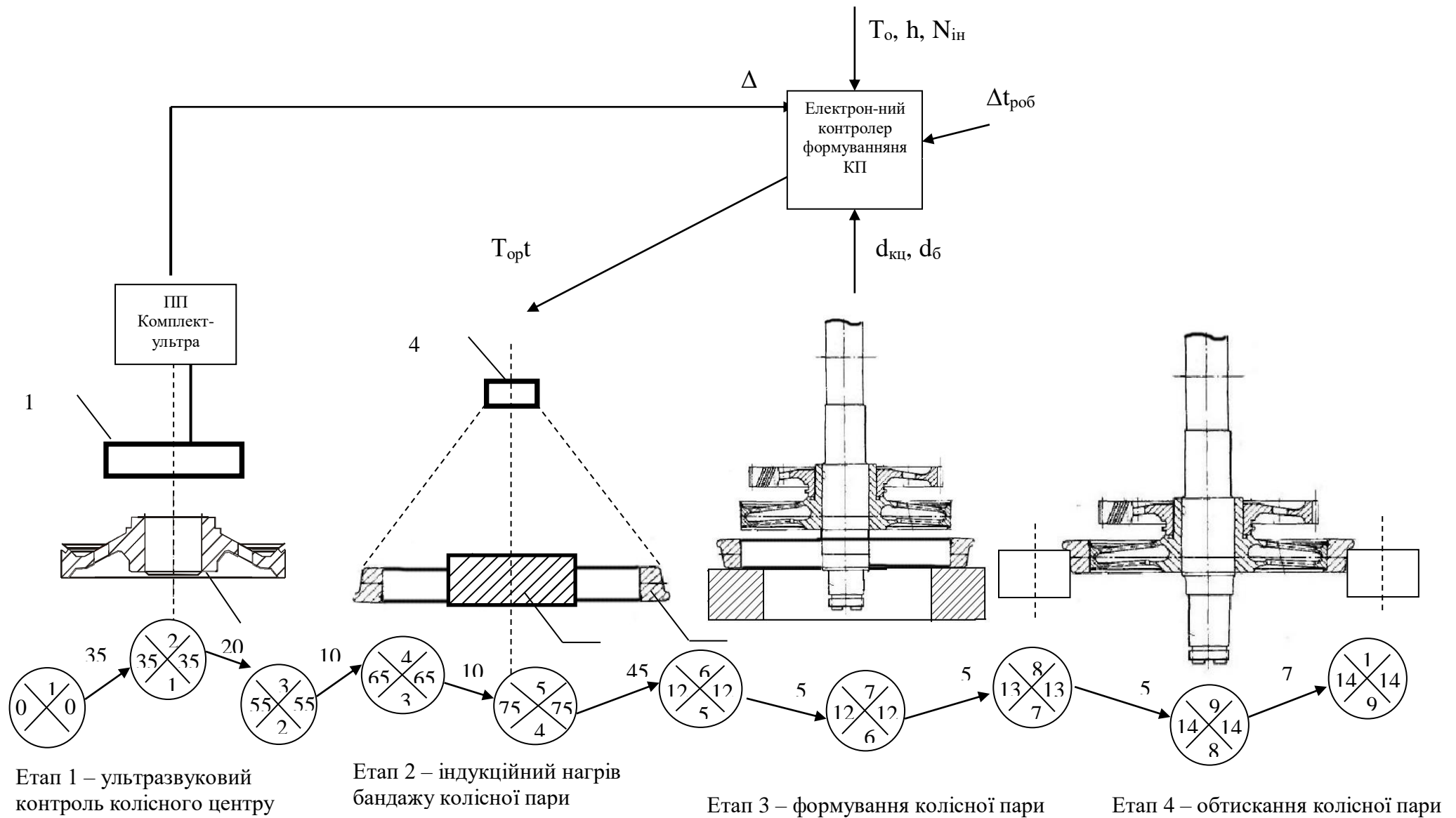


Рис. 2. Технологія формування бандажів колісних пар з використанням електронного контролера

В результаті розрахунків за розробленими моделями визначається оптимальна температура та термін нагрівання за формулами:

$$t_{\delta\tau} = t_{\delta c} + (t_{\delta 0} - t_{\delta c}) \cdot \left(\frac{t_{\delta 1} - t_{\delta c}}{t_{\delta 0} - t_{\delta c}} \right)^{\frac{\tau}{\tau_1}}, \quad (14)$$

$$\tau = \frac{\tau_1 \cdot \ln \left(\frac{t_{\delta} - t_{\delta c}}{t_0 - t_c} \right)}{\ln \left(\frac{t_{\delta 1} - t_{\delta c}}{t_{\delta 0} - t_{\delta c}} \right)}, \quad (15)$$

де $t_{\delta c}$ – температура, до якої остиває бандаж; $t_{\delta 0}$ – температура бандажу в момент початку остигання; $t_{\delta\tau}$ – температура бандажу в момент часу τ після початку остигання.

П'ятий розділ присвячений удосконаленню методів випробувань МВРС та його складових.

З метою зменшення часу та витрат енергоресурсів як для нового рухомого складу, так і для того, що знаходиться в експлуатації, була розроблена та впроваджена модель прискорених випробувань (ПВ). План ПВ складається з двох етапів. На першому формується план неприскорених випробувань-моделювання на стендах впливу комплексу навантажень, відповідних умовам реальної експлуатації. На другому виконується трансформація неприскореної програми в прискорену.

З урахуванням того, що розподіл часу безвідмовної роботи основних складових вузлів МВРС, як показали дослідження В.І. Кашуби, виконані під керівництвом автора цієї дисертації, описується законом Вейбула-Гніденко, науково було обґрунтовано оптимальне відношення між числом випробувань і коефіцієнтом запасу по ресурсу, які розраховуються відповідно:

$$n_{\text{opt}} = \frac{n_{\text{min}}}{(\alpha \cdot k_{\text{roz}} \cdot n_{\text{min}})^{k_{\text{roz}} / (k_{\text{roz}} + 1)}}, \quad (16)$$

$$k_{\text{zap}} = (\alpha \cdot k_{\text{roz}} \cdot n_{\text{min}})^{1 / (k_{\text{roz}} + 1)}, \quad (17)$$

де n_{opt} - оптимальне число випробувань; n_{min} - мінімальна кількість безвідмовних випробувань; α - показник закону розподілу відмовлень обладнання МВРС; k_{roz} - розрахунковий коефіцієнт; k_{zap} - оптимальний коефіцієнт запасу по ресурсу.

Була розроблена методологія стендових випробувань рам візків рухомого складу та удосконалені методи, технологія та організація гальмівних випробувань рухомого складу.

Удосконалена технологія гальмівних випробувань рухомого складу та доопрацьована модель вибору номенклатури параметрів для випробувань з урахуванням надійності гальмівної системи.

Отримані залежності гальмівного шляху від швидкості для МВРС з різними завантаженнями (рис.3) та для дизель-поїздів при різних режимах гальмування:

- для екстреного гальмування в межах швидкостей від 130 до 100 км/год: $L_{t1} = 0,0675v + 0,305v + 11,55$;

- для службового гальмування в межах швидкостей від 100 до 60 км/год: $L_{t2} = 0,1525v^2 - 10,35v + 308$;

- для гальмування клапаном автостопу в межах швидкостей від 100 до 60 км/год: $L_{t3} = 0,2863v^2 - 34,525v + 1325$;

- для гальмування стоп-краном в межах швидкостей від 100 до 60 км/год: $L_{t4} = 0,1125v^2 - 6,7v + 265$.

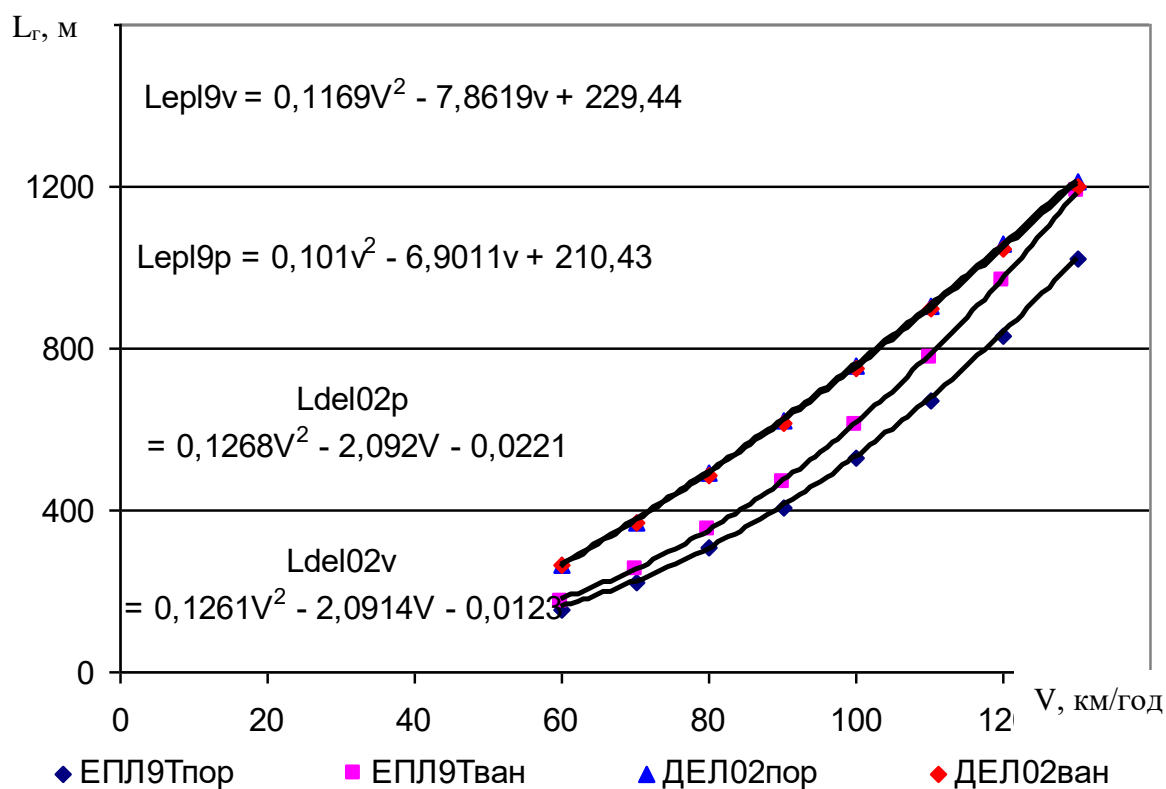


Рис.3. Залежності гальмівного шляху від швидкості для МВРС з різними завантаженнями

Були запропоновані нові підходи щодо проведення експлуатаційних випробувань вагонів, які показали їх економічну ефективність.

В шостому розділі були доопрацьовані методи виявлення та пошуку відмов МВРС, обладнаного вбудованими системами контролю та діагностування.

Можна виділити основні групи методів: побудовані на модульній декомпозиції системи; на аналітичному визначенні імовірнісних характеристик частин, які впливають на систему; на обліку апріорної інформації; на процедурах пониження дисперсії; на адаптації моделі в процесі моделювання.

Збільшення ефективності імовірнісного моделювання може здійснюватися статично і динамічно. Статичне підвищення ефективності передбачає використання раніше визначеної процедури раціонального визначального процесу, при цьому апріорна інформація враховується незначно. Така організація прискореного моделювання не є гнучкою через неповне знання про поведінку моделі. При динамічному підвищенні ефективності моделювання імовірності максимально використовується інформація про систему, як апріорна, так і накопичена в процесі моделювання. Згідно з цим розрізняють три види адаптації алгоритмів моделювання імовірності:

- за параметрами обчислювальної схеми S ;
- у вигляді переходу від однієї заданої процедури до іншої з заданого набору процедур;
- набору вибірових процедур.

Адаптація може здійснюватися один раз під час моделювання або декілька раз по мірі накопичення необхідної інформації. Загальна схема алгоритму адаптування записується у наступній формі:

$$AA = \{A_1^{7,8} A_2 A_3 A_4 A_5 P_6^{\uparrow 9} P_{7\downarrow 2} A_8^{2,6} Z_9\}, \quad (18)$$

де A_1 - введення початкових даних; A_2 - організація вибірки; A_3 - відтворення процесу, який досліджуємо; A_4 - оцінення показників надійності функціонування системи; A_5 - оцінення точності результату; P_6 - перевірка умов дослідження точності; P_7 - перевірка умови о необхідності адаптації; A_8 - адаптація алгоритму; Z_9 - видача результатів, закінчення моделювання.

Однією з реалізацій процедури адаптації по схемі "морфологічного кубу" є поєднання різних процедур прискорення одночасно. Випадкова величина, математичне очікування якої є оцінкою питомого параметру надійності МВРС, може задаватися у вигляді бінарної функції стану, яка реалізується за допомогою машинного алгоритму.

Кожний з методів прискорення має свої обмеження. Пробний прогін моделі може бути замінений аналізом надійної структури системи, яка

дозволяє визначити на першому ж етапі найбільш раціональну обчислювальну схему. У якості аналізування можуть бути закони розподілу випадкових факторів, надійності, характеристики елементів, структура і інші.

При цьому виділяється три основні узагальнені схеми адаптивного алгоритму:

- з вибором з числа заданих дискретних алгоритмів:

$$AA_1 = \{A_1 A_2' A_3'^7 A_4' A_5 A_6 A_7 A_8' P_9^{\uparrow 11} P_7^{14} Z_9\}, \quad (19)$$

- з переходом від однієї вибіркової процедури до іншої в межах питомого алгоритму:

$$AA_2 = \{A_1 A_2'^9 A_3' A_4''^9 A_5'' A_6'' A_7'' P_8'' P_9''^{\uparrow 3,8} Z_{10}''\}, \quad (20)$$

- з уточненням набору вибірових процедур у виді:

$$AA_3 = \{A_1 A_2' A_3' A_4'' A_5''' A_6''' A_7''' A_8''' P_9^{\uparrow 12} P_{10 \downarrow 6}''' A_{11} Z_{12}'''\}, \quad (21)$$

де A_2' - організація моделювання з використанням методу прямого імовірнісного моделювання; A_3' - аналіз проміжних результатів і параметрів системи, яку досліджуємо; A_4' - визначення найбільш придатного з числа вже існуючих прискореного моделюючого алгоритму; A_5' - виклик відповідного алгоритму замість початкового; A_6 , A_5'' , A_6''' - організація прискореної вибірки; A_7 , A_6'' , A_7''' - оцінка показників надійності; A_9' , A_7'' , A_8''' - оцінка точності результату; A_4'' - ввід в склад питомого алгоритму, що моделюється, відповідного прискореного модуля; A_5''' - вибір найкращої процедури з набору даних; P_9 , P_8'' - перевірка умов досягнення точності; P_{10} , P_9'' , P_{10}''' - перевірка умов необхідності адаптації; Z_{11} , Z_{10}'' , Z_{12}''' - видача результатів, закінчення моделювання.

Стратегія $S_{tr}(\Omega)$ пошуку відмови вузла МВРС при діагностиці зводиться до побудови оптимальної стратегії $S_{tr}^*(\Omega)$, для якої

$$R[S_{tr}^*(\Omega)] = \min_{S_{tr}(\Omega)} R[S_{tr}(\Omega)], \quad (22)$$

де Ω – множина вузлі МВРС; $R[S_{tr}(\Omega)]$ - максимальне значення випадкової величини з конкретною стратегією $S_{tr}(\Omega)$.

При цьому МВРС представлений функціонально-логічною моделлю, кожний з n елементів якого може знаходитися в одному з двох можливих станів – працездатності або відмові, і відомо, що один з елементів непрацездатний. Задані матриця T тестів $t_i, i = \overline{1, m}$, застосування кожного з яких дозволяє судити о приналежності елементу, який відмовив деякій підмножині Ω_i , і вектор-стовпчик $\tau = \{\tau_1, \dots, \tau_m\}$ затрат, пов'язаних з застосуванням кожного тесту. Підмножини $\Omega_i, i = \overline{1, m}$, у загальному випадку самовільним чином пересікаються, а сукупність тестів, передбачається достатньою для виявлення будь якого елементу, який відмовив. При пошуку єдиної відмови існує очевидний признак достатності Т: усі строки матриці повинні бути попарно різноманітні.

Процес побудови оптимальних стратегій діагностики організовується як послідовний розгляд можливих рівнів розбиття Ω , визначення оптимального розбиття на даному рівні і витрат на попередній рівень. На будь-якому рівні розглядається підмножина Ω_i (включаючи, по припущенню, що відмовив елемент), визначається матриця T_i істотних тестів і по черзі формуються умовно – оптимальні стратегії

$$S_{tr}^{k*}(\Omega_i) = [t_{(i)}^k, S_{tr}^*(\Omega_{(i)}^k), S_{tr}^*(\overline{\Omega}_{(i)}^k)] \quad (23)$$

такі, що на першому їх кроці використовується один з тестів матриці, а подальший пошук відмов в підмножинах $\overline{\Omega}_{(i)}^k$ і $\Omega_{(i)}^k$ проводиться оптимальним чином.

Загальна схема алгоритму пошуку має наступний вид

$$AA_g = \left\{ \begin{array}{l} A_1 A_2 P_3 \uparrow^{13} A_4 A_5 \downarrow_{14} P_6 \downarrow_{15} A_7 A_8 A_9 \downarrow_{18} A_{10} P_{11} \downarrow_{21} P_{12} \downarrow_{24} P_{12} \uparrow^{25} A_{13} \uparrow^{11} A_{14} A_{15} \\ A_{16} \downarrow_2 A_{17} \downarrow_{16} A_{18} A_{19} P_{20} \uparrow_8 A_{21} P_{22} \uparrow_6 A_{23} \uparrow_5 A_{24} \uparrow_2 Z_{25} \end{array} \right\} \quad (24)$$

де A_1 - формування масиву початкових даних; A_2 - визначення підмножини Ω_i для побудови оптимальної стратегії $S_{tr}^*(\Omega_i)$ на поточному циклі обчислень; P_3 - контроль потужності підмножини Ω_i ; A_4 - фіксування чергового тесту матриці T_i , починаючи з $t_{(i)}^1$, для розбиття підмножини Ω_i ; A_5 - контроль наявності оптимальної стратегії подальшого розбиття Ω_i ; P_6 - контроль наявності

оптимальної стратегії $S_{tr}^*(\overline{\Omega}_{(i)}^k)$; A_7 - формування умовно – оптимальної стратегії $S_{tr}^{k*}(\Omega_i)$, обчислення максимальні витрати на її реалізацію і визначення базової стратегії $S_{tr}^{v*}(\Omega_i)$; A_8 - визначення змінної z як різниці між числом тестів матриці T_i і поточним значенням k ; $A_9, A_{10}, A_{18}, A_{19}$ - перевірка перспективності умовно-оптимальної стратегії; P_{11} - фіксування закінчення поточного циклу обчислень і проведення його ідентифікації; P_{12} - перевірка закінчення обчислень; A_{13} - При $|\Omega_i|=1$ пошук елемента, що відмовив, закінчений $S_{tr}^*(\Omega_i)=[-]$, $R[S_{tr}^*(\Omega_i)]=0$, якщо, $|\Omega_i|=2$ то оптимальна стратегія пошуку відмови на Ω_i очевидна: $S_{tr}^*(\Omega_i)=[t_{(i)}^1]$, $R[S_{tr}^*(\Omega_i)]=\tau_{(i)}^1$; $A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, P_{20}, A_{21}, P_{22}, A_{23}$, - блоки присвоєнь значень; A_{24} - перехід до наступного зовнішнього циклу; Z_{25} - кінець.

Систематичне повторення описаної процедури на всіх етапах пошуку приводить, очевидно, до побудови оптимальної стратегії $S_{tr}(\Omega)$.

Вирішення проблеми оптимального синтезу сучасних вбудованих систем контролю та діагностики пропонується виконувати за критеріями надійності та економічної ефективності. Для цього була розроблена наступна модель. Оптимізація показників надійності систем контролю та діагностики в цілому та оптимальне нормування надійності функціональних вузлів виконували за критерієм мінімуму приведених річних витрат:

$$W(\lambda) = W_0(\lambda) + W_I(\lambda), \quad (25)$$

де λ – інтенсивність відмов, $W_0(\lambda)$ – частина приведених річних витрат, що визначає етапи розроблення та виробництва систем контролю, $W_I(\lambda)$ – частина приведених річних витрат, що визначає етап технічної експлуатації.

Для визначення оптимальних значень показників надійності пристроїв комплексу за умови обмеження за показником надійності комплексу в цілому необхідно знайти мінімум функції

$$W_i(\tau) = \sum_{i=1}^n \frac{K_i(\tau)P_i(\tau)}{1-P_i(\tau)} + \frac{K_{\Pi}(\tau)P_0(\tau)}{\prod_{i=1}^n P_i(\tau) - P_0(\tau)} \rightarrow \min, \quad (26)$$

де $W_i(\tau)$ - наведені річні витрати (ПРВ) для i -го функційного вузла; $K_i(\tau)$ - коефіцієнт, що встановлює залежність між ПРВ для i -го функціонального вузла і значенням показника надійності в момент τ ; $P_i(\tau)$ - показник надійності в момент часу безвідмовної роботи в момент τ ; $P_0(\tau)$ - значення яке вимагається від показника надійності в момент τ .

Значення показників надійності функціональних вузлів знаходять з системи нелінійних рівнянь такого вигляду:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial W(\tau)}{\partial P_i(\tau)} = 0, \\ \frac{K_i(\tau)}{[1 - P_i(\tau)]^2} = \frac{K_n(\tau) P_0(\tau) \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n-1} P_j(\tau)}{\left[\prod_{j=1}^n P_j(\tau) - P_0(\tau) \right]^2}, \\ i = \overline{0, n-1}. \end{array} \right. \quad (27)$$

Так, при експоненціальному законі розподілу часу безвідмовної роботи та часу відновлення для невідновлюваних пристроїв маємо $\lambda_i = -\frac{\ln P_i(\tau)}{\tau}$; для відновлюваних пристроїв $\lambda_i = \frac{\mu_i(1 - K_{zi})}{K_{zi}}$, $a\mu_i = \frac{K_{zi}\lambda_i}{1 - K_{zi}}$; для

приладів, які характеризуються змінним режимом роботи

$\mu_i = \frac{\lambda_i K_{n\phi_i}(\tau)}{e^{-\lambda_i\tau} - K_{n\phi_i}(\tau)}$, а λ_i визначається з трансцендентного рівняння

$$\lambda_i\tau + \ln \frac{K_{n\phi_i}(\tau)(\lambda_i + \mu_i)}{\mu_i} = 0.$$

Наукова задача вибору оптимальної системи обслуговування та ремонту і їх виконання вирішується в **сьомому розділі**.

Система ТОР в основному залежить від типу МВРС та стану ремонтної бази депо, тобто $S_{ТОР} = f(T_{МВРСi}, \text{Rem}_{МВРСi})$. Звідси можливі два основних підходи до оптимізації параметрів системи обслуговування та ремонту рухомого складу та організації їх виконання. Перший полягає в розвитку ремонтної бази депо, що дасть можливість ремонтувати рухомий склад незалежно від його виду. Але при впровадженні нового наукоємного рухомого складу на залізниці необхідно буде великі кошти вкладати в обладнання з його діагностики та ремонту, а при невеликих партіях рухомого складу це буде економічно неефективно. Даний підхід можливо

використовувати лише при великих партіях закупівлі рухомого складу. Другий підхід полягає у використанні вбудованих систем діагностики в ремонтному процесі. Це вимагає від виробників розроблення алгоритмів діагностування, але дасть економію на ремонт під час експлуатації. Більш раціональним для нового МВРС є другий підхід у створенні системи технічного обслуговування та ремонту.

Система TOP задається на етапі технічного завдання і представляється масивом показників системи $P_{TOPi} = \{p_{TOPij}\}$. Але в конструкції нового рухомого складу побудови ВАТ ХК «Луганськтепловоз» використані нові електронні системи. З одного боку це дозволяє підвищити ефективність використання МВРС та перейти на нову систему обслуговування та ремонту. Але з іншого боку надійність їх ще не досліджена і вони являються дуже наукоємними та складними, що утруднює їх ремонт в експлуатації. А реформування та реструктуризація залізниці ці проблеми ще більше підкреслює. Тому для нового МВРС заводами-виробниками повинні пропонуватися нові підходи до виконання обслуговування та їх ремонту. При цьому для кожного виду рухомого складу повинен бути індивідуальний підхід.

З використанням експертних методів та системного аналізу пропонується три основні способи супроводження і обслуговування та ремонту нового МВРС.

Перший спосіб полягає в повному виконанні робіт з технічного обслуговування та ремонту МВРС. Він є найбільш ефективним при розподілі та перепідпорядкуванні депо на експлуатаційні та ремонтні складові. Його бажано використовувати, якщо коефіцієнт наукоємності рухомого складу $K_{HE} > 0,75$.

Другий спосіб полягає у виконанні робіт з обслуговування наукоємних вузлів експлуатаційними депо, а ремонт їх виконує завод-виробник. При цьому вузли, які не є наукоємні, обслуговуються та ремонтуються в депо. Можливі різні варіанти даного способу, які залежать від типу МВРС, ремонтних можливостей депо та ін. Його бажано використовувати, якщо коефіцієнт наукоємності рухомого складу $0,25 < K_{HE} < 0,75$.

Третій спосіб полягає у виконанні обслуговування та ремонту власником МВРС за нормативною документацією по даному рухомому складу, лише наукоємні вузли можуть ремонтуватися заводом-виробником. Його бажано використовувати, якщо коефіцієнт наукоємності рухомого складу $K_{HE} < 0,25$. Основні переваги та недоліки наведених способів подані в табл.2.

Вибір типу системи TOP та її основних показників рекомендується виконувати для кожного типу МВРС з використанням адаптивної моделі, яка розроблена на кафедрі "Експлуатація та ремонт рухомого складу".

Таблиця 2

Переваги і недоліки способів обслуговування та ремонту рухомого складу

Спосіб виконання ТОР	$K_{НС}$	Переваги	Недоліки
I спосіб	$>0,75$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Завод-виробник зацікавлений в оптимізації системи ТОР 2. Власнику МВРС не потрібно утримувати штат та устаткування для ремонту 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Необхідно скорочувати ремонтну частину депо. 2. Заводам-виробникам потрібно відкривати філії з ремонту
II спосіб	$0,25 \dots 0,75$		<ol style="list-style-type: none"> 1. Потрібно утримувати необхідний штат та устаткування для ремонту МВРС 2. Оптимізацію системи ТОР необхідно виконувати власнику за власний рахунок
III спосіб	$<0,25$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшення витрат на виконання робіт іншими організаціями 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Потрібно утримувати штат та устаткування для ремонту МВРС 2. Оптимізацію системи ТОР необхідно виконувати власнику за власний рахунок

Сучасний МВРС обладнаний інформативними системами контролю технічного стану, має систему електронного обліку показників технічної експлуатації, включаючи тепловізійний неруйнівний контроль та моніторинг ряду параметрів. При проведенні технічного обслуговування, діагностування та екіпіровки виникає низка задач моделювання багатоканальних СМО з очікуванням та взаємодопомогою між каналами типу «усі як один». Визначення кількості каналів обслуговування з урахуванням типу МВРС, його кількості та регіону експлуатації пропонується виконувати за наступною моделлю: n - каналний пункт технічного обслуговування МВРС (ПТО МВРС) ($n \geq 2$) з чеканням без обмежень на довжину черги і на час чекання в черзі працює з взаємодопомогою між каналами типу «усі як один». Зроблено припущення, що вхідний потік обслуговувань одночасно n - каналами найпростіший з інтенсивностями відповідно $\lambda, \mu, n\mu$. Якщо пронумерувати стан даної

системи обслуговування за числом заявок, що знаходяться в системі (у черзі і під обслуговуванням), то множина станів буде нескінченною. Граничні характеристики досліджуваного ПТО МВРС отримані з відповідних характеристик із заміною в них μ на $n\mu$ і $\rho = \lambda/\mu$ на $\lambda/(n\mu) = \rho/n = \Psi$, чи ж з відповідних характеристик переходом у них до межі при $m \rightarrow +\infty$ з урахуванням відповідних умов.

Так як дана система працює з взаємодопомогою між каналами, то середнє число зайнятих каналів \bar{K}_+ не збігається із середнім числом заявок під обслуговуванням $\bar{Z}_{об,+}$. Середнє число зайнятих каналів можна знайти, підставляючи у систему попередній вираз p_{0+} , при $\psi < 1$ і потім переходячи до межі при $m \rightarrow +\infty$:

$$\bar{K}_+ = \lim_{m \rightarrow \infty} n \left(1 - \frac{1 - \Psi}{1 - \Psi^{m+2}} \right) = n\Psi. \quad (28)$$

Середнє число заявок, що знаходяться в системі, як у черзі, так і під обслуговуванням визначається із виразу:

$$\bar{Z}_{сис,+} = \bar{Z}_{оч,+} + \bar{Z}_{об,+} = \Psi/(1 - \Psi). \quad (29)$$

Порівнявши середнє число заявок у черзі $\bar{Z}_{оч,+}$, середнє число заявок у системі $\bar{Z}_{сис,+}$, середній час чекання заявки у черзі $\bar{T}_{оч,+}$, середній час обслуговування заявки $\bar{T}_{об,+}$ і середній час перебування заявки в системі $\bar{T}_{сис,+}$ для ПТО МВРС з взаємодопомогою між каналами типу «усі як один» з відповідними характеристиками такої ж n - каналної системи масового обслуговування з чеканням, але без взаємодопомоги, та використавши формули Літтла отримаємо:

$$T_{оч,+} = \left(\frac{1}{\lambda} \right) Z_{оч,+} \geq \left(\frac{1}{\lambda} \right) Z_{оч,+} = T_{оч} \quad (30)$$

$$T_{об,+} = \left(\frac{1}{\lambda} \right) Z_{об,+} \geq \left(\frac{1}{\lambda} \right) Z_{об,+} = T_{об} \quad (31)$$

Тобто середній час обслуговування заявки при уведенні взаємодопомоги зменшується. Так, при надходженні на ПТО МВРС двох потягів протягом години, тобто $\lambda=2$, роботі чотирьох бригад обслуговування $K_{ср}=4$, продуктивність каналу $\mu=0.3$ потяг в годину. Математичною моделлю даного ПТО МВРС є багатоканальна СМО з відмовами та "рівномірною" взаємодопомогою між каналами. Показники навантаження ПТО МВРС складають $\rho = \lambda/\mu n = 1,5$, імовірність відмови при

цьому $p_{омк} = 0,38$. В результаті розрахунків отримані наступні характеристики системи: відносна пропускна спроможність $Q_t = 1 - p_{омк} = 0,615$; абсолютна пропускна спроможність $A_t = 1,23$; середня кількість заявок в системі $\bar{N}_{сист} = 2,76$, а середня кількість зайнятих каналів $\bar{K}_t = A_t / \mu = 3,7$.

З використанням апарату теорії масового обслуговування можливо вирішувати задачі поєднання ТО та екіпірування з врахуванням реконструкції та дати імовірнісну та економічну оцінку.

Визначення раціонального розміщення пунктів екіпіровки нового моторвагонного рухомого складу з урахуванням його типу та існуючого становища в локомотивному господарстві Укрзалізниці пропонується виконувати з використанням наступної моделі.

Вихідними даними для моделі є: L_i - відстань по приписаних ділянках обертання; Q - кількість палива в i -ому складі, $i = 0, 1, \dots, n$; g - максимальна місткість паливних баків, закладена в конструкцію; e - витрата палива, кг/км; l_i - відстань між існуючими паливними складами; k_i - кількість поїздок між двома пунктами екіпірування. Необхідно визначити оптимальну, з точки зору мінімуму витрати палива, відстань пунктів екіпірування, кількість поїздок між кожною парою складів та мінімальну кількість палива перед кожною поїздкою.

Прийнявши, що використовується мінімальна кількість палива, якщо перед кожною поїздкою паливні баки заправлені повністю та в кінці кожної поїздки палива не залишається, необхідно витратити g/L . Тоді

$$Q_{i-1} = Q_i + 2k_i l_i + l_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (32)$$

$$Q_i = k_i(1500 - 2l_i) + 1500 - l_i, \quad i = 2, \dots, n, \quad \text{а} \quad Q_0 = k_0(1500 - 2l_0) + c - l_0, \quad (33)$$

де c - необхідна кількість палива для дозаправки.

Необхідно мінімізувати функцію

$$Q_0 = 1500k_0 + c.$$

Так як $Q_0 = 1500$, то для цього достатньо розмістити паливні склади таким чином, щоб $\sum_{i=1}^n l_i = 1500$ та $l_i = \frac{1500k_i + 1500 - l_i}{2k_i + 1}$, $i = 2, \dots, n$.

В результаті перетворень отримаємо

$$\sum_{i=1}^n \frac{k_i - k_{i+1}}{2k_i + 1} - \frac{1 - c/1500}{2k_i + 1} = 1. \quad (34)$$

Так як $k_i \geq k_{i+1} \geq \dots \geq k_n$, то $\frac{k_i - k_{i+1}}{2k_i + 1} \geq \frac{1}{2k_i + 1}$, $i = 2, \dots, n$. Це співвідношення визначає такий вибір k_i , що $\sum_{i=1}^n \frac{k_i - k_{i+1}}{2k_i + 1}$ більше одиниці та k_i набуває мінімального значення.

При значному зниженні обсягів екіпірувальних процесів з'явилась можливість приділяти більшу увагу паливному, мастильному, пісочному господарствам та іншому складському обладнанню. Це пов'язано в основному з старінням обладнання, використанням сучасних інформаційних технологій та необхідністю зменшення експлуатаційних витрат. Вирішувати ці задачі рекомендується з використанням елементів геометричного програмування.

У восьмому розділі були розроблені моделі розрахунку економічної ефективності від використання нових підходів та методів при проектуванні, виготовленні та випробуваннях нового МВРС.

Економічний ефект в експлуатації одиниці моторвагонного рухомого складу за період його строку служби складе для базового пасажирського вагона – 375,3 тис. грн, дизель-поїздів – 4421,8 тис. грн, електропоїздів постійного струму – близько 1927 тис. грн, а електропоїздів змінного струму – в межах 5360 тис. грн. Загальний економічний ефект від постачання залізницям України рухомого складу для приміського сполучення складе близько 108 млн. грн.

Створення і освоєння виробництва вітчизняного МВРС на основі модульної концепції та базової конструкції уніфікованого пасажирського вагона дає можливість в короткі строки і з мінімальними затратами замінити зношений парк дизель- та електропоїздів, поповнити його і задовольнити потреби в приміських перевезеннях пасажирів з забезпеченням для них комфортних умов, безпеки, зниження затрат на експлуатацію, обслуговування та ремонт.

ВИСНОВКИ

Виконані дослідження присвячені вирішенню актуальної наукової проблеми – розвитку наукових основ створення та контролю технічного стану перспективного моторвагонного рухомого складу для залізниць України. За результатами проведеної роботи можна зробити такі висновки:

1. На залізницях України приміські перевезення здійснюються парком дизель- та електропоїздів виробництва Прибалтики та Угорщини (близько 73%), які в даний момент в основному виробили свій ресурс. Моніторинг же обсягів та якості приміських перевезень показує необхідність поповнення їх парку новим рухомим складом підвищеного комфорту. Вхідження України в Європейську спільноту та досвід розвинутих країн показує, що характеристики нового МВРС повинні відповідати світовим стандартам.
2. Аналіз МВРС виробництва фірм Alstom, Bombardier Transportation, Jenbacher, SLM, Siemens, CAF, FIAT Ferraviaria та ін. показав, що на залізницях Європи в приміському русі відходять від експлуатації потягів на локомотивній тязі. Виникає потреба в швидкісному рухомому складі, що визиває необхідність використання вагонів з нахилом кузова. Для збільшення посадочних місць використовують двохярусні вагони, дизелі з під вагонним розміщенням, компоновочну схему поїзда та ін. Для забезпечення комфорту пасажирів використовують більш потужні дизелі з розрахунку 40-50 кВт додатково на один вагон до необхідної потужності на тягу. На новому МВРС використовуються вбудовані системи діагностики, що дозволяють виконувати його обслуговування та ремонт за станом. Для існуючого МВРС застосовуються стаціонарні системи діагностики. При цьому середньорічний пробіг складає 120-140 тис.км, а середня пасажиромісткість – 60-90 чоловік.
3. Зроблений аналіз існуючих підходів щодо визначення параметрів моторвагонного рухомого складу та сучасних методів їх проектування. Він показав, що при проектуванні нового рухомого складу необхідно використовувати програмні комплекси усіх класів: низького (КОМПАС, Базис, AutoCAD і т.п.), середнього (Solid Works, Cimatron, AnvilExpress і т.п.) та високого (EDS, ADAMS, ALIAS, DUST-5 і т.п.).
4. На основі накопиченого досвіду та з урахуванням прогнозних даних ДНДЦ УЗ щодо потреб залізниць України в рухомому складі була розроблена концепція створення нового моторвагонного рухомого складу, яка узагальнює визначення науково - обґрунтованих характеристик і розвиває принципи побудови МВРС з урахуванням світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту, модульного підходу їх конструювання та особливостей промисловості і залізниць України, що дозволить знизити витрати за весь життєвий цикл.

5. В результаті зроблених розрахунків та з використанням методів експертного аналізу був запропонований новий типаж моторвагонного рухомого складу на основі модульної конструкції на базі уніфікованого причіпного вагона в одному габариті з урахуванням сервісного і технічного обслуговування за весь життєвий цикл.
6. Розроблена модель оптимізації параметрів вагона моторвагонного рухомого складу, з використанням якої визначені обсяги приміщень вагонів електропоїздів ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т та дизель-поїзда ДЕЛ-02.
7. Розроблені моделі по оптимізації параметрів вагонів МВРС та його вузлів. З їх використанням визначені оптимальні геометричні параметри колеса відцентрового насоса при реалізації гідродинамічного нагрівання та отримана залежність відношень радіусів коліс, яка забезпечує максимум потужності насоса. Для охолоджувального пристрою отримані оптимальні параметри пелюсткового жалюзійного апарату.
8. Удосконалені методи розкрою матеріалів з використанням геометричного та лінійного програмування для виготовлення кузовів, паливних баків, пісочниць та інших ємностей з урахуванням їх міцності, вартості та раціональних параметрів. На їх основі отримані раціональні значення геометричних параметрів мас даних вузлів.
9. Зроблений аналіз існуючих технологій виготовлення моторвагонного рухомого складу. Для виготовлення бокових стінок кузовів вагонів з обшивкою із нержавіючої сталі пропонується модульна конструкція бокових стінок та нова технологія їх виготовлення, яка складається з п'яти етапів. Для виключення використання ручного дугового зварювання, покращення якості зварювальних з'єднань, покращення умов праці, підвищення продуктивності та зменшення собівартості була запропонована нова технологія виготовлення резервуарів.
10. Удосконалено технологію формування колісних пар рухомого складу за рахунок впровадження раціонального нагрівання бандажів, впровадження нових засобів контролю температури бандажів та посадки на колісні центри і використання ультразвукового контролю колісних центрів.
11. З метою зменшення часу та витрат енергоресурсів як для нового рухомого складу, так і для того, що знаходиться в експлуатації, була розроблена та впроваджена модель прискорених випробувань.
12. Було удосконалено методи, технологію та організацію гальмівних випробувань рухомого складу за рахунок доопрацьованої моделі вибору номенклатури параметрів для випробувань з урахуванням

- надійності гальмівної системи. Отримані залежності гальмівного шляху від швидкості для дизель-поїздів ДЕЛ-01 та ДЕЛ-02 в порожньому стані та з пасажирями.
13. Доопрацьований метод виявлення та пошуку відмов МВРС, обладнаного вбудованими системами контролю та діагностування. Розроблений алгоритм визначення оптимальної стратегії діагностування у відповідності до розробленої моделі.
 14. Розроблена модель оптимального синтезу сучасних вбудованих систем контролю та діагностики за критеріями надійності та економічної ефективності.
 15. Пропонуються три основні способи супроводження, обслуговування та ремонту нового МВРС. Запропоновані моделі визначення характеристик системи технічного обслуговування та ремонту нового МВРС.
 16. Запропонована модель визначення основних характеристик ПТО МВРС при проведенні технічного обслуговування, діагностики і екіпіровки, як СМО з очікуванням та взаємодопомогою між каналами типу "усі як один". Також розроблена модель по визначенню раціонального розміщення ПТО МВРС.
 17. Розроблено техніко-економічну модель ефективності впровадження розроблених заходів при виробництві нового моторвагонного рухомого складу. Економічний ефект в експлуатації одиниці моторвагонного рухомого складу за період його терміну служби складе для базового пасажирського вагона – 375,3 тис.грн, дизель-поїздів – 4421,8 тис.грн, електропоїздів постійного струму – близько 1927 тис. грн, а електропоїздів змінного струму – в межах 5360 тис.грн. Загальний економічний ефект від поставлення залізницям України рухомого складу для приміського сполучення складе близько 108 млн. грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Басов Г.Г. Прогнозування розвитку дизель-поїздів для залізниць України: Монографія. - Ч.1. –Харків: «Апекс+», 2004. -240с.
2. Басов Г.Г. Наукове обґрунтування алгоритмів побудови оптимальних програм діагностування обладнання моторвагонного рухомого складу // Зб. наук. пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2007. –Вип.82. – С.25-31
3. Вибір системи технічного обслуговування та ремонту нового наукоємного рухомого складу міського та приміського транспорту / Г.Г. Басов, А.П. Фалендиш, П.О. Харламов, І.О. Бабіч / Наук.техн.

- зб. – Харків: Бруксафоль-Курсор Фолієн, 2006. -Вип.72. –С.275-281.
4. Басов Г.Г., Фалалеев Н.И. О паразитных электромагнитных полях на тяговом подвижном составе // Залізничний транспорт України. -2004. -№2. – С.28-30.
 5. Басов Г.Г., Фалалеев Н.И., Яцко С.И. Современные методы проектирования экипажных частей подвижного состава // Залізничний транспорт України. -2004. -№4. – С.39-44.
 6. Басов Г.Г., Марков В.Л., Киреев А.Н., Волкова С.А. Особенности ультразвукового контроля колесных центров локомотивов // Вісник СНУ ім. В.Даля. -2004. -№8(78). -Ч.2. – С.8-11.
 7. Оценка шумовой нагрузки, воздействующей на обслуживающий персонал и пассажиров дизель – электропоездов / Г.Г.Басов, В.А.Малов, В.П.Гундарь, Н.А. Пительгузов // Вісник СНУ ім. В.Даля. -2005. -№7(89). –С.6-7.
 8. Методика диагностики и управления надежностью подвижного состава / Г.Г. Басов, В.П. Гундарь, О.Л. Игнатьев, О.В. Романенко // Залізничний транспорт України. -2005. -№3. – С.24-27.
 9. Басов Г.Г., Блохин Е.П., Горобец В.Л. Методология стендовых испытаний рам тележек электровозов ЧС4 производства ХК «Лугансктепловоз» // Вісник СНУ ім. В.Даля. -2005. -№8(90). –Ч.1. – С.10-14.
 10. Басов Г.Г., Марков В.Л., Киреев А.Н. Выбор оптимальной контактной жидкости для ультразвукового контроля катаных колесных центров на отсутствие внутренних недопустимых несплошностей // Зб.наук.пр. –Харків: УкрДАЗТ. -2006. –Вип.72. – С.164-169.
 11. Безотказность и остаточный ресурс рам тележек метрополитена // Басов Г.Г., Белоцерковский А.Б., Жовдак В.А., Смирнов М.М., Черных О.В., Ярошок Ю.А., Яцько С.И. / Залізничний транспорт України. -2006. -№2. – С.44-46.
 12. Басов Г.Г., Марков В.Л., Волкова С.А. Исследование стержневых и формовочных холоднотвердеющих смесей, изготовленных по α -SET-процессу // Вісник СНУ ім. В.Даля. -2005. -№8(90). –Ч.2. – С.105-109.
 13. Басов Г.Г., Фалендиш А.П. Використання дизельного рухомого складу в приміському русі // Наук. техн. зб. –К.; 2003. –Вип.47. – С.201-206.
 14. Басов Г.Г. Научное обеспечение разработок по новому моторвагонному подвижному составу для железных дорог // Вісник СНУ ім. В.Даля. -2003. -№9(67). –Ч.1. –С.9-12.
 15. Басов Г.Г., Марков В.Л., Бутова І.Г. Можливості підвищення рівня надійності катаних колісних центрів тепловозів, дизель- і

- електропоїздів // Зб.наук.пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2003. –Вип.57. –С.59-62.
16. Басов Г.Г., Мокроусов С.Д., Шаронова В.Г. Модель индукционного нагрева бандажей колесных пар // Зб.наук.праць. –Харків: УкрДАЗТ, 2005. –Вип.66. –С.88-92.
 17. Басов Г.Г., Мокроусов С.Д. Учет нелинейных сил крипа в задаче об устойчивости прямолинейного движения колесной пары // Зб.наук.пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2005. –Вип.68. –С.152-160.
 18. Басов Г.Г., Мокроусов С.Д., Шаронова В.Г. Математическая модель процесса индукционного нагрева бандажей // Вісник Міжнародного слов'янського університету. –Харків: МСУ, -2004. -№2. –Том.VII. –С.69-73.
 19. Басов Г.Г., Тартаковський Е.Д., Аулін Д.О. Застосування елементів геометричного програмування для рішення задач удосконалення розрахунків обладнання для екіпіровки локомотивів / Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2007. -№2. –С.34-38.
 20. Басов Г.Г., Марков В.Л., Волкова С.А. Исследование облицовочных формовочных смесей на основе жидкого стекла // Зб.наук.пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2006. –Вип.76. –С.40-46.
 21. Басов Г.Г. Удосконалення моделювання організації обслуговування моторвагонного рухомого складу // Зб. наук. пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2007. –Вип.81. –С.26-31.
 22. Басов Г.Г., Ткаченко А.Н., Луспикаева Н.А. Технология сборки и сварки алюминиевых крыш тепловозов // Сварщик. -2004. -№5(39). –С.14-15.
 23. Басов Г.Г., Ткаченко А.Н., Ткаченко С.А., Корсунов К.А. Воздушно-плазменная резка при изготовлении деталей локомотивов на ОАО «ХК «Лугансктепловоз» //Автоматическая сварка. -2004. -№2. –С.42-44.
 24. Басов Г.Г., Ткаченко А.Н. Изготовление боковых стен кузовов вагонов с обшивкой из нержавеющей стали // Автоматическая сварка. -2003. -№5. –С.47-49.
 25. Басов Г.Г., Ткаченко А.Н., Ефимова Н.П. Опыт изготовления воздушных резервуаров локомотивов в ХК «Лугансктепловоз» // Автоматическая сварка. -2003. -№7. –С.44-46.
 26. Басов Г.Г., Найш Н.М., Мищенко К.П., Гундарь В.П., Лозовой М.Г. Создание электропоездов в холдинговой компании «Лугансктепловоз» // Вісник СНУ ім. В.Даля. -2002. –С.11-15.
 27. Басов Г.Г. Наукове обґрунтування алгоритмів побудови оптимальних програм діагностування обладнання моторвагонного рухомого складу // Вісник Інженерної академії України. –К.: Инж. ак. України, 2007. –Вип.2. –С.18-22.

28. Пат. 3137 Україна. Жалюзійний апарат холодильної камери тепловоза / В.І. Могила, Г.Г. Басов, М.І. Горбунов, К.А. Світличний, С.В. Попов, А.О. Малохатко / № 2004020823; Заявл. 05.02.2004; Опубл. 15.10.2004; Бюл. №10. -4с.
29. Пат. 66015А Україна. Двері транспортного засобу / Басов Г.Г., Горбунов А.П., Д'яченко В.А. / № 2003076488; Заявл. 11.07.2003; 15.04.2004; Бюл. №4. -3с.
30. Пат. 7293 Україна. Вагон головний моторвагонного рухомого складу / Басов Г.Г., Березницький В.А., Внуков В.П., Догадін В.О., Лозовий М.Г., Міщенко К.П., Меньяйлов В.Ф., Михайлов В.Є., Найш Н.М., Щербаков В.А. / № 2002030356; Заявл. 28.03.2002; Опубл. 15.05.2003; Бюл. №5. -3с.

Додатково матеріали дисертаційної роботи викладені в працях:

31. Басов Г.Г., Мищенко К.П. Разработка типажа современного моторвагонного подвижного состава для украинских железных дорог // Вісник СНУ ім. В.Даля. -2003. -№9(67). -Ч.1. -С.90-95.
32. Басов Г.Г., Кузьменко С.В., Меньяйлов В.Ф. Определение оптимальных геометрических параметров колеса центробежного насоса при реализации гидродинамического нагрева // Вісник СНУ ім. В.Даля. -2004. -№8(78). Ч.2. -С.245-250.
33. Басов Г.Г., Тартаковський Е.Д. Особливості управління виробництвом нового рухомого складу для залізниць / Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції ЕКУЗТ 2007. -К.: КУЕТТ, 2007. -С.198-199.
34. Басов Г.Г., Антонов С.В., Нестеренко В.И., Богопольский Е.М. Новая моторная тележка для электропоездов ЭПЛ2Т и ЭПЛ9Т // Збірник наукових праць з проблем створення й освоєння виробництва в Україні моторвагонного рухомого складу на базі уніфікованого причіпного вагона. Спеціальний випуск // -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. -2003. - С.43-48.
35. Басов Г.Г., Голубенко А.Л., Мищенко К.П. Концепция создания типажа современного моторвагонного подвижного состава для украинских железных дорог // Збірник наукових праць з проблем створення й освоєння виробництва в Україні моторвагонного рухомого складу на базі уніфікованого причіпного вагона. Спеціальний випуск // Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. - 2003. - С.17-21.
36. Басов Г.Г. Участие научных, проектных и производственных организаций в создании отечественного моторвагонного подвижного состава // Збірник наукових праць з проблем створення й освоєння виробництва в Україні моторвагонного рухомого складу на базі уніфікованого причіпного вагона. Спеціальний випуск // -Луганськ:

- Видавництво СНУ ім. В.Даля. -2003. – С.35-38.
37. Басов Г.Г., Мельников Н.П., Ткаченко А.Н. Создание и внедрение специализированной оснастки для изготовления деталей и узлов подвижного состава из хромомарганцевых сталей в заготовительно-сварочном производстве ХК «Лугансктепловоз» // Збірник наукових праць з проблем створення й освоєння виробництва в Україні моторвагонного рухомого складу на базі уніфікованого причіпного вагона. Спеціальний випуск // -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. -2003. –С.87-93.
 38. Басов Г.Г., Найш Н.М., Мищенко К.П., Гундарь В.П., Сидоров Н.П. Динамические ходовые испытания электропоезда ЭПЛ9Т / Збірник наукових праць з проблем створення й освоєння виробництва в Україні моторвагонного рухомого складу на базі уніфікованого причіпного вагону. Спеціальний випуск / -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. -2003. –С.152-157.
 39. Басов Г.Г. Роль фундаментальной и прикладной науки в создании и освоении производства подвижного состава железных дорог Украины // Коллега. -2004. -№10. –С.4.
 40. G.Basov, N.Gorbunov, A. Kashura, S. Popov. The modeling of the heat processes in the pair wheel flange-rail // Modern Electric Traction in Integrated XXI st century Europe, Poland Warsaw. – 2005.
 41. Басов Г.Г., Яцько С.І. Розвиток електричного моторвагонного рухомого складу. Навчальний посібник – Харків: «Апекс+», 2005. Ч.2 -248с.
 42. Пат. 7561 Україна. Фрикційний гаситель коливань буксового ступеня підвіски пасажирського вагона / Євстратов В.О., Губачева Л.О., Басов Г.Г. / №200502103; Заявл. 09.03.2005; Опубл. 15.06.2005; Бюл.№6. -3с.
 43. Пат. 7791 Україна. Гаситель коливань / Могила В.І., Горбунов М.І., Корнеев С.Є., Басов Г.Г., Попов С.В., Корнеев Є.С., Ковальов Ю.Г. / № 20041109045; Заявл. 05.11.2004; Опубл. 15.07.2005; Бюл.№7. -3с.
 44. Пат. 6721 Україна. Роторний гідравлічний гаситель коливань ресорної підвіски локомотива / Горбунов М.І., Кашура О.Л., Попов С.В., Кравченко К.О., Басов Г.Г., Гундарь В.П. / № 20041109090; Заявл. 05.11.2004; Опубл. 16.05.2005; Бюл. №5. -4с.
 45. Пат. 72165А Україна. З'єднання каркаса сидіння з бічною стінкою кузова пасажирського транспортного засобу / Басов Г.Г., Бараченко Д.М., Горбунов А.П., Коротун В.П., Шатохіна Л.М., Щербина В.М. / № 20031213268; Заявл. 31.12.2003; Опубл. 17.01.2005; Бюл.№1. -5с.
 46. Пат. 71500А Україна. З'єднання стінки кузова з рамою вагона / Басов Г.Г., Бараченко Д.М., Горбунов А.П., Коротун В.П., Шатохіна Л.М., Щербина В.М. -№ 20031213311; Заявл. 31.12.2003; Опубл.

- 15.11.2004; Бюл. №11. -4с.
47. Пат. 69578А Україна. Пристрій для установлення акумуляторних батарей на транспортному засобі / Басов Г.Г., Глазунов М.П., Горбунов А.П., Захлипа Ю.М., -№ 2003098199; Заявл. 03.09.2003; Опубл. 15.09.2004; Бюл.№9. -4с.
 48. Пат. 68038А Україна. Спосіб вимірювання сили опору гасителя коливань при ходових випробуваннях залізничного транспортного засобу / Басов Г.Г., Бурка М.Л., Гундарь В.П., Параніч О.О. / № 2003088084; Заявл. 29.08.2003; Опубл. 15.07.2004; Бюл.№7. -4с.
 49. Пат. 67235А Україна. Стенд для дослідження зчеплення колеса з рейкою та випробування елементів буксового ресорного підвищення залізничного рухомого складу / Горбунов М.І., Попов С.В., Мельников М.П., Басов Г.Г., Міщенко К.П., Кашура О.Л., Могила В.І., Найш Н.М. / № 2003087577; Заявл. 11.08.2003; Опубл. 15.06.2004; Бюл.№6. -3с.
 50. Пат. 2547 Україна. Віконний блок залізничного вагона / Березницький В.А., Мулигін О.С., Басов Г.Г., Найш Н.М. / № 2003076973; Заявл. 24.07.2003; Опубл. 15.06.2004; Бюл.№6. -4с.
 51. Пат. 63327А Україна. Опора кузова транспортного засобу на візок / Басов Г.Г., Найш Н.М., Міщенко К.П., Богопольський Є.М., Антонов С.В., Нестеренко В.І. / № 2003042920; Заявл. 03.04.2003; Опубл. 15.01.2004; Бюл.№1. -3с.
 52. Пат. 63326А Україна. Вузол опирання кузова на раму візка залізничного транспортного засобу / Басов Г.Г., Найш Н.М., Міщенко К.П., Богопольський Є.М., Антонов С.В., Нестеренко В.І. / № 2003042919; Заявл. 03.04.2003; Опубл. 15.01.2004; Бюл.№1. -4с.
 53. Пат. 6828 Україна. Диван шестимісний напівм'який для дизелів та електропоїздів / Мулигін О.С., Сергієнко М.І., Басов Г.Г., Найш Н.М., Березницький В.А. / № 2002091147; Заявл. 10.09.2002; Опубл. 16.12.2002; Бюл.№12. -2с.

АНОТАЦІЯ

Басов Г.Г. Розвиток наукових основ створення та контролю технічного стану нового моторвагонного рухомого складу – рукопись

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2007 р.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню наукової проблеми розвитку наукових основ створення та контролю технічного стану нового моторвагонного рухомого складу. З цією метою розроблено концепцію створення нового моторвагонного рухомого складу, яка узагальнює

визначення науково обґрунтованих характеристик і розвиває принципи побудови даного рухомого складу з урахуванням умов експлуатації, світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту, зниження затрат за весь життєвий цикл, модульного підходу до їх компонування та особливостей промисловості України. Виходячи з цих методологічних основ були розроблені моделі по визначенню оптимальних параметрів моторвагонного рухомого складу та його складових. З їх використанням були визначені параметри рухомого складу при визначенні типу приміського рухомого складу.

Для підвищення надійності рухомого складу розроблений комплекс моделей по удосконаленню технології їх виготовлення та випробувань.

Виявлення несправностей пропонується виконувати за розробленою стратегією діагностування, яка безпосередньо зв'язана з системою обслуговування та ремонту. Для визначення економічної ефективності використання запропонованих заходів були розроблені відповідні моделі.

Ключові слова: моторвагонний рухомий склад, технічні параметри, технічний стан, система обслуговування та ремонту, життєвий цикл, технічний рівень.

АННОТАЦІЯ

Басов Г.Г. Развитие научных основ создания и контроля технического состояния нового моторвагонного подвижного состава – рукопись

Диссертация на получение ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов. - Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2007 г.

Диссертационная работа посвящена решению научной проблемы развития научных основ создания и контроля технического состояния нового моторвагонного подвижного состава. С этой целью был сделан анализ моторвагонного подвижного состава и систем их диагностики ведущих производителей, эксплуатирующийся на железных дорогах стран Европы. На основании этого анализа разработана концепция создания нового моторвагонного подвижного состава, которая обобщает определение научно обоснованных характеристик и развивает принципы его построения с учетом условий эксплуатации, мирового технического уровня, системы обслуживания и ремонта, снижения затрат за весь жизненный цикл, модульного подхода к его созданию и особенностей промышленности Украины.

Проведенный анализ методов проектирования подвижного состава показал, что традиционные способы проектирования и доведения не позволяют создавать конкурентоспособный моторвагонный подвижной состав в короткие сроки, поэтому при проектировании следует использовать современные программные комплексы компьютерного моделирования низкого, среднего и высокого уровня.

Исходя из этих методологических основ были разработаны модели по определению оптимальных параметров моторвагонного подвижного состава и его составляющих. С их использованием были вычислены рациональные параметры моторвагонного подвижного состава и его узлов при определении типажа пригородного подвижного состава.

Для изготовления боковых стенок вагонов с обшивкой из нержавеющей стали предложена модульная конструкция боковых стенок и новая технология их изготовления, которая состоит из пяти этапов. Для исключения использования ручного дугового сваривания, улучшения качества сварных соединений, улучшения условий труда предложена новая технология изготовления резервуаров.

За счет использования ультразвукового контроля колесных центров, внедрения рационального нагрева бандажей, новых средств контроля температуры бандажей и посадки на колесные центры предложена новая технология формирования колесных пар.

Получены зависимости тормозного пути от скорости для дизель-поездов ДЭЛ-01, ДЭЛ-02 и электропоезда переменного тока ЭПЛ9Т для различных состояний загрузки.

Определение неисправностей предлагается выполнять по разработанной стратегии диагностирования, которая непосредственно связана с системой обслуживания и ремонта. Для оценки экономической эффективности использования предложенных мероприятий были разработаны соответствующие модели.

Выбор типа системы и ее основных показателей необходимо выполнять для каждого типа моторвагонного подвижного состава с использованием адаптивной модели. При этом необходимо использовать встроенные системы контроля и диагностики.

С использованием экспертных методов и системного анализа предложены способы сопровождения, обслуживания и ремонта нового моторвагонного подвижного состава. При этом использовать конкретный способ необходимо с учетом коэффициента наукоемкости.

Усовершенствованы методы определения оборудования и его параметров для экипировки подвижного состава с учетом встроенных

систем диагностики с использованием элементов геометрического программирования.

Определен экономический эффект в эксплуатации за весь жизненный цикл моторвагонного подвижного состава.

Ключевые слова: маневровый тепловоз, характеристики локомотива, техническое состояние, система обслуживания и ремонта, жизненный цикл, технический уровень.

ABSTRACT

Basov G.G. Development scientific base of creation and control the technical condition new motorcar rolling stock - a manuscript.

Thesis on reception scientific degree doctor of technical sciences for profession 05.22.07 - a rolling stock of the railways and train traction. - an Ukrainian state academy of the railway transport, Kharkov, 2007.

Dissertational work is devoted to the decision of a scientific problem of development of scientific bases of creation and the control of a technical condition new a rolling stock. With this purpose the concept of creation new a rolling stock which generalizes definition of the scientifically-proved characteristics is developed and develops principles of its construction in view of conditions of operation, a world technological level, system of service and repair, decrease in expenses for all life cycle, the modular approach of their creation and features of the industry of Ukraine. Proceeding from these methodological bases models by definition of optimum parameters a rolling stock and its components have been developed. With their use parameters of a rolling stock have been certain at definition of a type of a suburban rolling stock.

The complex of models is developed for increase of reliability of a rolling stock on improvement of technology of their manufacturing and tests.

Definition of malfunctions is offered to be carried out on the developed strategy of diagnosing which is directly connected with system of service and repair. Corresponding {meeting} models have been developed for an estimation of economic efficiency of use of the offered actions.

Keywords: a shunting diesel locomotive, characteristics of the locomotive, a technical condition, system of service and repair, life cycle, a technological level.

