

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

На правах рукопису

Басов Геннадій Григорійович

УДК 629.4.083:629.424.2

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ СТВОРЕННЯ ТА
КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НОВОГО
МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Дисертація на здобуття наукового степеню
доктора технічних наук

Науковий консультант
Тартаковський Едуард Давидович
доктор технічних наук, професор

Харків – 2007

ЗМІСТ

<u>СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ</u>	6
<u>ВСТУП</u>	7
<u>РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ СТВОРЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НОВОГО МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ</u>	16
<u>1.1 Аналіз розвитку моторвагонного рухомого складу різних виробників</u> 17	
<u>1.1.1 Аналіз розвитку дизельного моторвагонного рухомого складу</u>	17
<u>1.1.1.1 Дизель-поїзди компанії Alstom</u>	24
<u>1.1.1.2 Дизель-поїзди компанії Adtranz</u>	26
<u>1.1.1.3 Дизель-поїзди компанії Bombardier Transportation</u>	27
<u>1.1.1.4. Дизель-поїзди компанії Jenbacher</u>	28
<u>1.1.1.5 Дизель-поїзди компанії SLM</u>	29
<u>1.1.1.6 Дизель-поїзди компанії Siemens</u>	29
<u>1.1.1.7 Дизель-поїзди інших компаній-виробників</u>	30
<u>1.1.2 Аналіз електричного приміського рухомого складу різних виробників</u>	35
<u>1.2 Аналіз підходів до контролю рухомого складу під час його виробництва та експлуатації</u>	46
<u>1.3 Аналіз підходів до визначення параметрів моторвагонного рухомого складу та методів його проектування</u>	58
<u>1.4 Постановка мети та задач дослідження</u>	60
<u>1.5 Висновки по першому розділу</u>	61
<u>РОЗДІЛ 2 ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ НОВОГО МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ</u>	64
<u>2.1 Концепція створення нового моторвагонного рухомого складу для залізниць України</u>	64
<u>2.2 Типаж моторвагонного рухомого складу для залізниць України</u>	77
<u>2.3 Типаж моторвагонного рухомого складу виробництва ВАТ "ХК" Луганськтепловоз"</u>	87
<u>2.4 Прогноз техніко-економічних характеристик перспективного моторвагонного рухомого складу</u>	88
<u>2.5 Підхід до створення й удосконалення МВРС, як нової продукції для промисловості України</u>	93
<u>2.6 Висновки по другому розділу</u>	106
<u>РОЗДІЛ 3 НАУКОВІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ</u>	107
<u>3.1 Загальна постановка задачі визначення раціональних параметрів моторвагонного рухомого складу</u>	107
<u>3.2 Визначення раціональних параметрів нового моторвагонного рухомого складу</u>	111

<u>3.3 Комплекс моделей по визначенню показників складових моторвагонного рухомого складу.....</u>	114
<u>3.3.1 Модель визначення раціональних параметрів колеса відцентрового насоса.....</u>	114
<u>3.3.2 Модель визначення раціональних параметрів ємностей для палива і піску.....</u>	121
<u>3.3.3 Модель раціонального розкрою матеріалів при виготовленні складових рухомого складу.....</u>	122
<u>3.3.4 Вибір силової установки дизель-поїзда.....</u>	136
<u>3.4 Висновки по третьому розділу.....</u>	142
<u>РОЗДІЛ 4 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ЙОГО СКЛАДОВИХ.....</u>	144
<u>4.1 Удосконалення технології виготовлення кузовів вагонів.....</u>	144
<u>4.2 Технологія зварювання алюмінієвих дахів.....</u>	145
<u>4.3 Удосконалення технології виготовлення повітряних резервуарів.....</u>	146
<u>4.4 Удосконалення технології виготовлення секцій радіаторів.....</u>	146
<u>4.5 Удосконалення технології формування колісних пар.....</u>	146
<u>4.6 Висновки по четвертому розділу.....</u>	171
<u>РОЗДІЛ 5 ВИПРОБУВАННЯ НОВОГО МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ.....</u>	172
<u>5.1 Методологія прискорених випробувань нового моторвагонного рухомого складу з урахуванням особливостей залізниць України... </u>	172
<u>5.2 Методологія стендових випробувань вузлів моторвагонного рухомого складу.....</u>	177
<u>5.3 Удосконалення технології гальмівних випробувань.....</u>	178
<u>5.3.1 Загальні відомості про електричне гальмо, яке використовується на дизель-поїздах.....</u>	184
<u>5.3.2 Розрахунок гальмівного режиму.....</u>	187
<u>5.3.3 Модель розрахунку гальмового резистора.....</u>	189
<u>5.4 Удосконалення проведення динамічних та експлуатаційних випробувань.....</u>	192
<u>5.5 Висновки по п'ятому розділу.....</u>	193
<u>РОЗДІЛ 6 НАУКОВІ ОСНОВИ ДІАГНОСТИКИ ТА ПОШУКУ ВІДМОВ НОВОГО МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ.....</u>	195
<u>6.1 Модель оптимізації пошуку та виявлення відмов.....</u>	195
<u>6.2 Наукова концепція моделювання та побудови оптимальних програм діагностування обладнання МВРС.....</u>	201
<u>6.3 Модель визначення оптимальних значень показників надійності.....</u>	207
<u>6.4 Використання сучасних інформаційних технологій при діагностиці моторвагонного рухомого складу.....</u>	209
<u>6.5 Висновки по шостому розділу.....</u>	212
<u>РОЗДІЛ 7 СИСТЕМА ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ НОВОГО МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ.....</u>	214

<u>7.1 Модель системи технічного обслуговування та ремонту для нового моторвагонного рухомого складу.....</u>	214
<u>7.1.1 Загальна постановка задачі.....</u>	221
<u>7.1.2 Модель визначення раціональної системи обслуговування та ремонту.....</u>	223
<u>7.1.3 Модель визначення виконавця для виконання відповідного виду обслуговування та ремонту.....</u>	225
<u>7.1.4 Визначення параметрів системи технічного обслуговування та ремонту.....</u>	226
<u>7.1.5 Заходи по удосконаленню системи обслуговування та ремонту МВРС заводом-виробником.....</u>	227
<u>7.2 Модель системи технічного обслуговування та екіпірування для нового моторвагонного рухомого складу.....</u>	230
<u>7.3 Модель визначення раціонального розміщення пунктів екіпіровки.....</u>	237
<u>7.4 Висновки по сьомому розділу.....</u>	239
<u>РОЗДІЛ 8 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВИРОБНИЦТВА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ.....</u>	241
<u>8.1 Модель розрахунку економічного ефекту від впровадження нового дизельного моторвагонного рухомого складу.....</u>	242
<u>8.2 Модель визначення ефективності використання МВРС за критеріями ходової швидкості, часом ходу й витратами палива при русі приміського поїзда по ділянці.....</u>	251
<u>8.3 Модель визначення економічного ефекту від обладнання дизель-поїзда ДЕЛ-02 електричним гальмом.....</u>	260
<u>8.4 Висновки по восьмому розділу.....</u>	267
<u>ВИСНОВКИ.....</u>	268
<u>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</u>	272

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АТД	Асинхронний тяговий двигун
БД	База даних
ВЦ	Випробувальний центр
ЕПТ	Електронно-пневматичне гальмо
ЕРРС	Експлуатація та ремонт рухомого складу
ЕТОР	Експлуатація, технічне обслуговування та ремонт
КБСУ	Комплекс бортової системи управління
ККД	Коефіцієнт корисної дії
МВРС	Моторвагонний рухомий склад
МШС	Міністерство шляхів сполучення (Росія)
НВО	Науково-виробниче об'єднання
НДІ	Науково-дослідний інститут
НД	Нормативна документація
НМП	Напівмарківський процес
ОВ	Об'єкт випробування
ПН	Показники надійності
ПТО МВРС	Пункт технічного обслуговування моторвагонного рухомого складу
РС	Рухомий склад
РФ	Російська Федерація
ТЕД	Тяговий електричний двигун
ТЗ	Транспортний засіб
ТОР	Технічне обслуговування та ремонт
ТРС	Тяговий рухомий склад
УЗ	Державна адміністрація залізничного транспорту Укрзалізниця
УкрДАЗТ	Українська державна академія залізничного транспорту

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 пригородного 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 же обсягів та якості приміських перевезень показує необхідність покращення якості надання послуг пасажиром, що викликає необхідність поповнення їх 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 розробці та обґрунтуванні доцільності створення того чи іншого виробу доцільно 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 розробки 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 швидкої розробки, 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.

Тому тема дисертації, яка націлена на 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 червня 1998 р. №769 та розробленими і затвердженими Укрзалізницею програмами: "Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу на 2006-2010 роки" (2005р.) 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 „Концепцією та програмою реструктуризації 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, архів № 0205U000183), „Вибір оптимальних параметрів перспективних типів магістральних, маневрових тепловозів та моторвагонного рухомого складу” (ДР 0104U003178, архів № 0204U006105), «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;
- 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 – створення нового моторвагонного рухомого складу та контроль 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 науково-прикладна проблема визначення характеристик моторвагонного рухомого складу, яка враховує наукове обґрунтування життєвого циклу, вплив переходу на нові системи експлуатації, обслуговування та ремонту, адаптацію до регіону експлуатації, 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 всього життєвого циклу;
- розроблено комплекс моделей визначення характеристик МВРС на основі геометричного програмування з урахуванням життєвого циклу;
- розроблена концепція модульної структури МВРС на базі уніфікованого причіпного вагону в єдиному габариті дизель - та електропоїздів;

Доопрацьовані та удосконалені:

- 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.

Дістали подальшого розвитку:

- моделі визначення показників надійності МВРС на етапі проектування;
- 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 екіпування, як систем масового обслуговування.

Практичне значення одержаних результатів

Результати роботи впроваджені:

- 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 сервісного та технічного обслуговування та ремонту;
 - при корегуванні кількості та типів депо, які передаються в управління Головного управління приміських пасажирських перевезень;
- 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;
- етапи переведення локомотивних депо з МВРС в розпорядження Головного управління приміських пасажирських перевезень Укрзалізниці;
- 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:

- розробка методів проектування екіпажної частини рухомого складу [46, 194, 226, 225];

- участь при розробці методики проведення випробувань при ультразвуковому контролі колісних центрів локомотивів та отримання експериментальних залежностей зміни амплітуди сигналів від різних показників [30, 208];
- участь у розробці методичного та технічного забезпечення проведення випробувань рухомого складу та його складових [20, 113, 239];
- розробка розрахунково-експериментальних методів для прогнозування показників надійності рухомого складу та його складових [52, 174];
- розробка методик проведення, обробка та аналіз результатів досліджень різних технологій виготовлення складових рухомого складу [28, 29, 45, 243];
- розробка концепції створення моторвагонного рухомого складу, основних вимог до нього, розробка методів розрахунку його складових та моделей визначення економічного ефекту від використання нового рухомого складу [21, 47, 49, 214, 343];
- визначення основних напрямків дослідження в підвищенні рівня надійності колісних пар локомотивів під час виготовлення та експлуатації [27, 35-37];
- удосконалення технологій виготовлення рухомого складу і його складових [32, 42-44, 72, 245, 247, 249];
- розробка методології визначення типу моторвагонного рухомого складу та визначення його техніко-економічних показників [33, 49, 295];
- розробка моделей визначення раціональних параметрів рухомого складу та його складових вузлів і їх визначення [24, 220, 221, 227, 233, 244, 251, 252, 255];
- розробка методології визначення системи обслуговування та ремонтну моторвагонного рухомого складу виробництва ВАТ ХК «Луганськтепловоз» та визначення основних її техніко-економічних показників [73].

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення на 17 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 р.);
- Другій Міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми економіки і управління на залізничному транспорті" ЕКУЗТ 2007" (Україна, м. Судак, 2007 р.).

Основні положення дисертації доповідались на засіданнях кафедри ЕРРС УкрДАЗТ з 2002 по 2006 рр., а повністю дисертація доповідалась на розширеному засіданні кафедри з участю членів спеціалізованої вченої ради (2007 р.).

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

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ СТВОРЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НОВОГО МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

У першому розділі зроблений аналіз розвитку МВРС, способів його контролю та робіт по визначенню параметрів МВРС, оціненню 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 [11, 102, 106, 128, 152, 186, 187, 192].

Згідно з прийнятою в 2006 р. "Комплексною програмою оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки" [152] 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 створена 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 [17, 19, 152].

1.1 Аналіз розвитку моторвагонного рухомого складу різних виробників

1.1.1 Аналіз розвитку дизельного моторвагонного рухомого складу

Огляд почнемо з залізниць Німеччини (DBAG) [16, 109, 294, 335]. Залізниці Німеччини послідовно реалізують програму модернізації парку поїздів місцевого сполучення. На даний момент простежується тенденція переходу перевезень у приміських сполученнях з локомотивної тяги на більш легкий і більше дешевий моторвагонний рухомий склад. Зі збільшенням частки моторвагонного складу залізниці підвищують рівень комфорту за рахунок поліпшення дизайну вагонів і поліпшення їхніх ходових властивостей. Німеччина є однією з країн, у якій експлуатуються дизель-поїзди, випуску більш ніж 5 різних виробників. Серед них:

- компанія Alstom LHB (Франція) поставляє дизель-поїзди VT640, VT641;
- компанія Siemens (Німеччина) поставляє дизель-поїзди VT642;
- компанія Bombardier Talbot (Канада) поставляє дизель-поїзди VT643, VT644;
- компанія Stadler/Bombardier DWA поставляє дизель-поїзди VT646;
- компанія Adtranz (Німеччина-Швеція-Швейцарія) поставляє дизель-поїзди VT650, VT611, VT612, RS1;
- компанія Bombardier DWA поставляє дизель-поїзди VT670;
- компанія Jenbacher (Австрія) поставляє дизель-поїзди Integral.

На залізницях східних земель Германії в приміському русі широко використовують двоповерхові вагони з поліпшеним рівнем комфорту для пасажирів, більш зручним входом у вагони. Довжина цих вагонів 26,8 м, 121 місце для сидіння й 210 місць для пасажирів, що стоять.

Така велика розмаїтість різних серій нових дизель-поїздів, які перебувають в експлуатації, має й свої недоліки, особливо в початковий період експлуатації. Так, практично весь дизельний моторвагонний рухомий склад нових серій більш важкий, ніж передбачалося, а його експлуатаційна надійність визнана незадовільною. У процесі експлуатації виникали непередбачені відмови через неосвоєння нових конструкцій.

На Британських залізницях експлуатуються дизель-поїзди 1С125, двовагонні поїзди серії 158 і трьохвагонні серій 160, 165, 166, 170.

На нових дизель-поїздах для поліпшення комфорту пасажирів (використання кондиціонерів, внутрішнє оснащення й ін.) передбачається використати потужніші дизелі, з розрахунку 40-50 кВт додатково на один вагон до необхідної потужності на тягу. Дане завдання буде вирішена за рахунок використання шестициліндрового рядного горизонтального дизеля типу QSK19 обсягом 19 л і потужністю 550 кВт.

На нових дизель-поїздах передбачається використати компоновану схему з'єднання поїзда. Це дозволить поставити на шість візків п'ять вагонів з більш короткими кузовами замість чотирьох вагонів на восьми візках. При цьому довжина поїзда залишиться тією ж, що дозволить використати існуючі платформи, станційні колії й депо [110, 196]. Цей принцип з'єднання дасть такі переваги в порівнянні зі звичайним з'єднанням:

- можливість збільшення ширини міжвагонних переходів;

- за рахунок зменшення кількості тамбурів збільшиться кількість посадкових місць на 13%;
- зменшиться час посадки-висадження за рахунок більш широких дверей;
- краще зчеплення поїзда (збільшення осьового навантаження, оскільки маса поїзда залишиться та ж, а кількість візків зменшиться);
- краща динамічна реакція на нерівності колії за рахунок зосередження маси двох вагонів на одному візку;
- збільшений простір для підвагонного оснащення.

До недоліків даного принципу з'єднання можна віднести:

- наявність більшої кількості установок кондиціонування повітря;
- складніші міжвагонні зчіпні пристрої;
- переустаткування депо під ремонт даного рухомого складу.

На залізницях національних залізниць Франції (SNCF) експлуатуються дизель-поїзди XTER, A-TER, TER 72 500.

Поїзди серії TER 72 500 призначені для забезпечення в регіональних з'єднаннях того ж рівня комфорту для пасажирів, що й у поїздах TGV високошвидкісних з'єднань. Дані дизель-поїзди бувають двох варіантів: двовагонні й тривагонні. Їх розрахунковий річний пробіг буде становити 120 тис. км [16, 61, 179].

Основною серією дизельного МВРС на залізницях Іспанії (RENFE) є поїзди серії S. На 592 поїздах цієї серії в період з 1996 по 1998 роки були встановлені дизелі фірми MAN типу D 2866 LUE 601 [6].

В рамках програми по поліпшенню регіональних сполучень залізниці Іспанії вибрали для нових дизель-поїздів TRD концепцію поїздів серії 1C3 залізниць Данії, які були побудовані компанією Duewag в 1986-1987 р. Але компанія-виробник SAP використала в дизель-поїздах візки нової конструкції, пристосовані до широкої колії (1668 мм), замінила повітряне охолодження дизеля водним і встановила в тяговому приводі гідравлічну, а не гідромеханічну передачу. Двовагонні дизель-поїзди з кузовами виготовлені з алюмінієвого сплаву, обладнані установками кондиціонування повітря. У поїзді чотири силових установки із приводом на одну із двох колісних пар кожного візка. Загальний обсяг замовлення становить 16 одиниць. Відповідно до розрахунків, річний пробіг кожного дизель-поїзда буде становити 120-140 тис. км.

На залізницях Нідерландів (NS) в основному експлуатуються в приміському русі такі види рухомого складу: рейкові автобуси DH1, дво вагонні дизель-поїзди DH2 і DM 90. У дизель-поїздах під кузовом будь-якого вагона встановлені дизель і гідропередача. Річний пробіг кожного дизель-поїзда в середньому становить 80 тис. км.

На залізницях Північної Норвегії (NSB) експлуатувалися поїзди з локомотивною тягою побудови 50-60-х років і дизель-електричний моторвагонний рухомий склад. Із середини 90-х років почалася експлуатація дизель-поїздів сімейства Talent, які випускаються в Німеччині фірмою Talbot, що входить у концерн Bombardier. У Норвегії ці дизель-поїзди одержали

позначення VM93. Поїзд складається з двомоторних вагонів з нахилом кузова, які опираються на 3 візки, з яких середній загальний для обох вагонів.

Основний обсяг перевезень на залізницях Бельгії (SNCB) припадає на електричну тягу, а дизельний МВРС обслуговує лише деякі малодіяльні лінії. Тому склад його парку не дуже великий. Він нараховує 16 рейкових автобусів серій 44 і 45 з гідравлічною передачею, один рейковий автобус із механічною передачею серії 49. У той же час є замовлення на 80 дизель-поїздів серії 41 з гідравлічною передачею. Разом з тим частина старих вагонів проходить модернізацію. Програмою інвестування в рухомий склад залізницями Бельгії на 2001 – 2002 роки передбачається закупівля дизель-поїздів на суму 184 млн., євро, що майже в 5 разів менше інвестувань електропоїздів.

На залізницях Венгрії використовують в приміському русі дизель-поїзди з гідравлічною передачею вітчизняного виробництва [178].

У Північній Америці рух дизель-поїздів було відкрито в Оттаві наприкінці 2001 року, потім у середині 2003 року у Нью-Джерсі. В Оттаві компанія-оператор ОС Transpo почала дослідний проект приміських перевезень на другорядній лінії компанії Canadian Pacific у жовтні 2001 року. ОС придбала три дизель-поїзди Talent VT643 виробництва Bombardier. Досвід компанії підтверджує перспективність рейкових сполучень із дизельною тягою в Північній Америці, де є розгалужена мережа маршрутів, що обслуговуються винятково автобусами. У Нью-Джерсі компанія NY Transit в 2003 році реалізувала більш масштабний проект приміських сполучень на дизельній тязі завдяки використанню на лінії зчленованих дизель-поїздів GTN, що побудовані компанією Bombardier у Німеччині.

У Південній Каліфорнії компанія North County Transit District (NCTD) планує придбати 12 двовагонних дизель-поїздів, які передбачається експлуатувати з 5 до 23 години з інтервалом в 30 хв. Початковий обсяг перевезень планується 12 тис. чол/доб.

Поява на ринку сучасного рухомого складу буде сприяти збільшенню числа компаній-операторів, що віддають перевагу дизель-поїздам у проектах з невеликою провізною спроможністю.

На сьогоднішній день обсяг приміських пасажирських перевезень на мережі залізниць Російської Федерації становить близько 45 млрд пасажиро-кілометрів, з них 25% доводиться на неелектрифіковані лінії, загальна довжина яких у приміському сполученні становить 35 тис. км [16].

Найбільша потреба в приміських перевезеннях на тепловозних полігонах у Європейській частині країни, на Уралі й в Алтайському краї, де значна щільність неелектрифікованих ліній. Тягові плечі приміського руху на дизельній тязі в основному становлять до 300 км, вони входять до великих промислових центрів, і в ряді випадків частково проходять по електрифікованих лініях.

У зв'язку із цим фахівці ВНДІЗТу Росії розробили концепцію насичення парку дизельним складом, який би відповідав сучасним вимогам.

Передбачається вести роботи в напрямку створення блокових конструкцій і розробок, виконаних фінансово-промисловим об'єднанням «Нові транспортні технології» і реалізованих на електропоїзді ЕМ-2І. Дизель-генераторна установка повинна встановлюватися під вагоном. Можливе використання силового модуля фірми MTU (Німеччина) - Power Pack 12VI83DE.

У Росії також ведуться роботи (у ВАТ «Зірка» Санкт-Петербург і ВАТ «Барнаултрансмаш» м. Барнаул) по створенню силової установки для підвагонного розташування.

Основна складеність дизель-поїзда чотиривагонна. Передбачається можливість роботи його у дво- і тривагонному виконанні. На малодіяльних ділянках з малим пасажирооборотом можуть працювати рейкові автобуси РА1-002, виготовлені АТ «Метровагонмаш» (м. Митищі). У конструкції автобуса закладені прогресивні технічні рішення, він має мале навантаження на вісь – усього 13 т/вісь.

На залізницях Росії й країн СНД у приміському русі експлуатується, крім дизель-поїздів ризького й угорського виробництва, такий рухомий склад: ДЛ-2; ДЗ; міні дизель-поїзди МДП1, МДП2, МДП3, МДП4; автотриси АП4, АЧ2; дизель-поїзди ДПМ1 (з тепловозом М62), ДТ116 (з тепловозом ТЕ116), ДпСАЗ (Саянський алюмінієвий завод) [111].

Для ділянок з невеликими обсягами руху й пасажирських перевезень використовують автотриси (рейкові автобуси) РА1 Митищинського заводу ЗАТ „Метровагонмаш” і автотрису Людиновського заводу з візковим варіантом.

Дизель-поїзд ДПМ1 складається з восьми причіпних вагонів електропоїзда ЕР2 і двох секцій тепловоза 2М62. Він експлуатується на ділянці Новомосковськ- Москва – Певелецьке Московської залізниці із травня 2000 року.

Дизель-поїзд ДТ116 складається із шести причіпних вагонів електропоїзда ЕР9П і двох секцій тепловоза 2ТЕ116. Він працює із серпня 2000 року на ділянці Воронеж – Касторна Південно-Східної залізниці.

Дизель-поїзд ДпсСАЗ складається з восьми нових вагонів моделі 63-322, які виготовлені Деміхінським машинобудівним заводом і двох секцій тепловоза М62. Він експлуатується на ділянці Славяногірськ – Саянський алюмінієвий завод довжиною 19 км із травня 2000 року.

На залізницях України для перевезення пасажирів у приміському русі використовуються дизель-поїзди серії Д₁(Угорщина), ДР-1А, ДР-1П (Латвія), ДЕЛ-01, ДЕЛ-02 (Україна) [19, 39, 40, 276, 277, 287], поїзди з локомотивною тягою ДПЛ1 (з тепловозом М62, Україна), ДПЛ2 (з тепловозом 2ТЕ116, Україна), а також поїзди, які сформовані з пасажирських вагонів і локомотивів різних серій, які не пройшли відповідну модернізацію під роботу в приміському русі. Найбільше підходив за характером роботи для приміського руху поїзд, що сформований з вагонів дизель-поїздів і маневрового тепловоза ЧМЕЗ. Але попри те, що цих локомотивів на початку 90-х років було більше в 2 рази ніж потрібно, вони себе не зарекомендували

при виконанні даного виду роботи. Понад 50% їхнього парку вимагає списання або модернізації. Модернізацію даних дизель-поїздів можливо проводити за рахунок підвищення ефективності дизелів шляхом використання озону [182], або заміни їхніх основних агрегатів новими:

- заміною на силовий блок 800ДА потужністю 800 к.с. (ДП „Завод ім. Малишева”, Україна);
- заміною на дизель 12V183TD13 потужністю 748 к.с. (фірма MTU, Німеччина);
- заміною на дизель M756M потужністю 1000 к.с. (Росія);
- заміною на дизель 8V396TC14 потужністю 745 кВт (фірма MTU, Німеччина), гідропередачу H122-15 (Угорщина) і переплануванням салонів РВРО RRA (Латвія) та ін.

Розглянемо технічні характеристики дизель-поїздів, які випускаються відомими фірмами-виробниками. До основних компаній, які виробляють дизельний моторвагонний рухомий склад, можна віднести: General Electric (США); General Motors (США); Alstom (Франція); Adtranz (Німеччина, Швеція, Швейцарія); Bombardier (Канада); Siemens (Німеччина); Jenbacher (Австрія); SLM (Швейцарія); AnsaldoBreda (Італія).

За основними технічними характеристиками дизель-поїзди можливо розділити на **дві** категорії:

1) категорія - дизель-поїзди, які розроблені з ініціативи компаній-виготовлювачів на основі їхніх конструктивних концепцій (RegioSprinter, RegioShuttle, Talent, GTW, Integral);

2) категорія – дизель-поїзди, які створені за технічними вимогами державних залізничних компаній, зазвичай більш консервативні (від VT640 до VT644, TER X 73500 та ін.).

1.1.1.1 Дизель-поїзди компанії Alstom

Сімейство Coradia. Починаючи з 1998 року компанія випускає моторвагонний рухомий склад різних модифікацій для регіонального й міжміського з'єднання під загальною назвою Coradia. До нього відносяться:

- французькі поїзди серії A-TER [61];
- німецькі поїзди серії VT641;
- дизель-поїзди LINT, які випускаються компанією Alstom/LHB у Німеччині (Зальцгіттер);
- двоповерховий Coradia Duplex.

Основні технічні характеристики даних дизель-поїздів наведені в табл. 1.1. Всі вагони такого сімейства моторні зі сталевими зварними кузовами. П'ятивагонна секція має шестициліндровий горизонтальний дизель потужністю 750 к.с., що встановлений під кузовом вагона в комплекті з гідравлічною передачею й гідродинамічним гальмом.

Одновагонний поїзд Coradia LINT 27 має 73 місця для сидіння.

Моторні візки дизель-поїздів Alstom, що одержали на залізницях Німеччини серійне позначення VT640, а в інших країнах LINT27, у першому щаблі ресорного підвішування мають конічні гумові пружини, гасителі вертикальних коливань і буксові повідці. Пружини другого щабля пневматичні із двома гасителями горизонтальних коливань. Є також два гасителі виляння й довгі штанги з карданними шарнірами на кінцях, що передають зусилля тяги й гальмування в системі візок-кузов.

Двовагонний з'єднаний поїзд Coradia LINT 41 має 129 місць для сидіння й опирається на три візки.

Двовагонний поїзд Coradia LINT 53 має 169 місць для сидіння й опирається на три візки.

Поїзд серії VT641 надійшов на залізниці Німеччини в 1996 році.

Поїзд Coradia Duplex базується на новій концепції Optionic Design компанії Alstom. Він призначений для регіональних і для міжміських перевезень, тому що має на 20% більшу пасажиромісткість у порівнянні з існуючими дваповерховими поїздами [16, 112].

Уперше даний поїзд був представлений на виставці InnoTrans у Берліні й має серійне позначення VT618/619. Він являє собою полегшений з'єднаний поїзд, що призначений для швидкісних регіональних сполучень і розроблений разом з компанією Alstom LHB і залізницями Німеччини.

Замовником були пред'явлені такі вимоги:

- зменшення маси;
- уповільнення зношування;
- використання принципу розподіленої тяги;
- застосування тягового привода від дизеля з електричною передачею з можливістю переходу на суто електричний з живленням від контактної мережі, а надалі на гібридний;
- корисне використання енергії гальмування, у тому числі й при дизельній тязі;
- можливість спільного використання в зчепленні з дизель-поїздами серій з 640 по 648.

Поїзд Lirex відрізняється від рухомого складу аналогічного призначення інших типів нетрадиційним зовнішнім виглядом і компонованням основних вузлів і агрегатів. Відмінною рисою дизель-поїзда є розташування дизель-агрегату в відсіку вагона, що розташований на даху [108]. При його проектуванні врахований досвід розроблення, виготовлення компанією LHB і експлуатації залізницями Данії приміських електропоїздів, що обслуговують район Копенгагена.

Даний дизель-поїзд є першим, що не планується запускати в серійне виробництво відразу після розроблення. Спочатку він буде всебічно випробуваний в умовах комерційної експлуатації.

Поїзд формується з 3 вагонних базових модулів, які з'єднані короткою зчіпкою. У кінцевих вагонах розміщені кабіни керування. Залежно від очікуваного пасажиропотоку поїзд може бути три-, шести-, д'євяти-, дванадцятивагонними. Такі поїзди можуть у свою чергу зчіплюватися між собою й вирушати подвійною або потрійною тягою.

1.1.1.2 Дизель-поїзди компанії Adtranz

Adtranz у ряді випадків будував вагони з кузовами з алюмінієвих сплавів, що дозволяє при меншій масі робити їх більше довгими й, отже, більш місткими при збереженні того ж тягового привода. Випадки травмування пасажирів змушують вносити конструктивні зміни й не настільки радикального характеру. Так, двері в туалети замінюють зсувними, установлюють додаткові поручні й т.п. На дизель-поїздах VT644, які мають конструкційну швидкість 160 км/год, застосований електричний тяговий привод: дизель-генератор компанії MTU/Elin живить асинхронні тягові двигуни. У поїзда VT643 візки такі ж, але тут застосована гідравлічна передача й крутний момент від редуктора передається внутрішнім колісним парам візків.

У ряді випадків використовуються комбінації конструктивних вузлів і агрегатів, що надходять від різних виготовлювачів. Так дизель-поїзди GTW2/6 складаються на заводі Bombardier DWA у Баутцені, Sfdler поставляє силові установки, Adtranz візки зі свого заводу у Швейцарії, тягові двигуни з Австрії й перетворювачі на базі IGBT - транзисторів зі Швеції.

Сімейство Itino. Передбачено виконання дизель-поїздів зі швидкістю до 160 км/год для приміських і місцевих пасажирських перевезень.

Сімейство Crusaris. Передбачено виконання дизель-поїздів зі швидкістю до 250 км/год для далеких пасажирських перевезень.

1.1.1.3 Дизель-поїзди компанії Bombardier Transportation

Транспортне відділення концерну Bombardier, яке створене в 1974 році, розробляє як комплектні транспортні системи, так і рухомий склад різних видів.

Сімейство Talent. На базі аналізу сучасного ринку транспортних послуг підприємство Bombardier в 1995 році вирішило розробити сімейство електро-дизель-поїздів для регіональних перевезень у Європі. Від цього моторвагонного складу була потрібна гнучкість в експлуатації, тобто гарна пристосованість до запитів клієнтів при мінімальних витратах.

Поїзди Talent в основному одно-, дво- і тривагонні з різними системами тягового приводу. Особливості конструкції додаткових модифікацій визначаються висотою пасажирських платформ на ділянках, які обслуговуються.

- До даного сімейства відносяться такі дизель-поїзди [109, 205]:
- VT643 і VT644, які експлуатуються на залізницях Німеччини;
 - OMI, які експлуатуються на залізницях OMI;
 - VM93, які експлуатуються на залізницях північної Норвегії;
 - REGIOVAHN, які експлуатуються на залізницях REGIOVAHN.

Поїзди для Північної Норвегії цього сімейства одержали назву VM 93. Дизель-поїзди складаються із двох моторних вагонів з кузовами нахилу, які опираються на три візки, з яких середній є загальним для двох вагонів. Конструкція вагонів однакова. Відмінності є тільки у внутрішньому плануванні.

1.1.1.4. Дизель-поїзди компанії Jenbacher

Сімейство Integral. Один з найбільш перспективних напрямків розвитку швидкісного дизельного рухомого складу для обслуговування регіональних з'єднань представлений сімейством дизель-поїздів Integral. Конструктивна концепція поїзда базується на використанні декількох з'єднаних екіпажів у вигляді модулів з колісьми й без них.

Кожний модуль із колісьми обладнаний двома окремими моторними або підтримуваними колісними парами, які не об'єднані у візки. Колісні пари, відстань між якими в модулі уніфікована й дорівнює 4,7 м, мають можливість радіальної установки в кривих. Дизель-поїзд складається з 5 модулів з 6 колісними парами, три з яких є приводними.

Становлять інтерес нові дизель-поїзди Integral австрійської фірми Jenbacher. Після ходових випробувань дослідного складу прийнято остаточний варіант конструкції поїзда з п'яти зчленованих вагонів.

1.1.1.5 Дизель-поїзди компанії SLM

Сімейство Futuro. Фірма представила на ринок легкий і економічний поїзд Futuro, який призначений для регіональних пасажирських перевезень. Поїзд у базовому варіанті складається із трьох вагонів – середнього моторного й двох з кабінами керування. Поїзд може мати як електричний, так і дизельний тяговий привод. При цьому дизельний тяговий привод може мати гідравлічну передачу, або електричну змінно-змінного струму.

1.1.1.6 Дизель-поїзди компанії Siemens

Дизель-поїзд серії VT610. Державні залізниці Німеччини повинні найближчим часом закінчити створення нових й модернізування існуючих ліній загальною довжиною 4000 км, на яких поїзди зможуть розвивати швидкості до 200 км/год.

Більша частина іншої мережі в силу топографічних умов має траси, що характеризуються великою кількістю кривих, що утрудняє загальне підвищення швидкостей на всій мережі. Вона має велике значення в системі перевезень, тому, що по цих лініях здійснюється зв'язок високошвидкісної мережі з регіонами. Підвищення швидкостей у кривих малого радіуса забезпечується пасивною системою поїзда Talgo і активною системою Fiat-ABB. У кривій радіусом 515 м система Talgo дозволяє збільшити швидкість від 109 до 120 км/год, а система Fiat з 109 до 140 км/год. Першим етапом у процесі впровадження системи Gst на DB було використання модифікації Fiat на дизель поїзді VT610.

При розробленні дизель-поїзда VT610 було проведено порівняння двох концепцій привода - з електричною й гідродинамічною передачею, котре показало, що для виконання вимоги про припустиме осьове навантаження кращий перший варіант. У цьому випадку моторними можуть бути три осі двовагонного поїзда, що відповідає також вимогам до тягових властивостей.

Основні вимоги до маси, експлуатації в умовах високих швидкостей, маршрутної швидкості, тягових властивостей, а також енергозабезпеченості допоміжних пристроїв могли бути реалізовані тільки за рахунок використання асинхронного трифазного тягового приводу.

1.1.1.7 Дизель-поїзди інших компаній-виробників

Дизель-поїзд Adelante. Дизель-поїзди Adelante фірми First Great Western п'ятивагонного виконання зв'язують Лондон, Брістоль і Кардіф. Поїзд Adelante розроблений на базі сімейства Coradia, має сталевий кузов, оснащений системами кондиціонування повітря й обладнаний дизелем Cummins QSK19R потужністю 560 кВт. Максимальна швидкість поїзда 160 км/год [110].

Фірма Evas (Великобританія) для цих поїздів поставила модулі закритого типу з накопичувальними баками, Georg Eknes Industries (Норвегія) - крісла, INBIS - кухонні модулі для вагонів першого класу й Auto Sound/Vlaupunkt - аудіосистеми.

Дизель-поїзд для залізниць Австралії. Компанія Walkers для адміністрації залізниць штату Квінсленд (Австралія) виготовить дизель-поїзд з конструкційною швидкістю 160 км/год. Дизель-поїзд складається із двох кінцевих моторних вагонів (без пасажирських салонів) і семи проміжних причіпних вагонів з кузовами, що нахиляються. У кожному із двох моторних вагонів установлюється по два дизелі потужністю 1350 кВт. Передача від дизеля до колісних пар через гідродинамічну передачу й осьові редуктори.

До складу поїзда входять багажний вагон, вагон-ресторан і п'ять пасажирських вагонів [16, 188].

Зчленований дизель-поїзд серії GTW2/6. У зчленованому трисекційному дизель-поїзді серії GTW2/6, що є спільною розробкою фірм AE Schienen Sahrzeuge, Хенинсдорф (тяговий привод), Alusuisse Road Rail,

Цюріх (каркас кузова), deutsche Waggonbau, Waggonbau bautzer (елемент підвішування, кузов, дизайн), SLM Вінтертур (ходова частина), і Sfadler Fahrzeuge (концепція, прототип) реалізована нова система привода. Вона базується на модульній концепції й структурному поділі вагона на машинне відділення й пасажирські салони. Машинне відділення розташоване в середній секції, що має наскрізний прохід шириною 800 мм для переміщення пасажирів і зручного спостереження машиніста за салоном.

Така конструкція має наступні переваги:

- відсутність моторних візків під пасажирськими секціями, віддалення від них джерел шуму й вібрацій;
- гарні умови тяги, коли привідні колісні пари навантажуються практично однаково й забезпечується пружне обпирання розташованого під середньою секцією тягового блоку з передачею тягового зусилля через низько опущене зчленування;
- зручність технічного обслуговування завдяки концентрації всіх важливих агрегатів і вузлів привода в середній секції;
- можливість розчеплення поїзда й швидкої заміни середньої секції.

Поїзд відповідає вимогам Правил будівництва й технічної експлуатації залізниць Німеччини (ЕВО) у частині приписань для міцності кузова моторних вагонів на стиск (1500 кН).

Дизель-поїзд може працювати за системою двох одиниць. Основні технічні характеристики дизельного моторвагонного рухомого складу наведені в табл. 1.1 [16].

Дизель-поїзди ризького заводу в порівнянні з ДР1А і ДР1П істотних змін в конструкції не мають, лише змінюється якість інтер'єру [130].

Таблиця 1.1

Технічні характеристики дизель-поїздів

Модифікація	Де експлуатується	Рік виготовлення	Осьова формула	Ne, кВт	v, км/год	Масатари, т	Довжина, м	Кільк. місць для сид.
VT 601 VT 602	Німеччина	1974		4x560	200			
КОМПАНІЯ ALSTOM								
160	Британія	1998						
TER-N				1700	140	115	112	
TER-2N				3500	140	295	53	
Сімейство Coradia								
TER-X 72 500	Франція	1997	М-М	4x300	160		52,9	156
X-TER 73 500	Франція	1998	М-П-М	2x300	160			
VT641	Німеччина		1 ₀ -1-1-1 ₀	2x257	140	47		80

	Франція						28, 126	
Coradia Duplex.					220			
Сімейство Coradia LINT								
27 (VT640)	Німеччина	1999	2-2 ₀	315	120	40,2	26,71	73
41(41H) (VT648)	Німеччина	1999	2 ₀ -2-2 ₀	2x315	120	63,5	41,26	129
53			2 ₀ -2+2-2 ₀	2x315	120	80,0	53,08	169
Lirex								
VT618 VT619	Німеччина	2000	2 ₀ -2-2 ₀ -2 ₀ - 2 ₀ -2-2 ₀	4x338	160	137	68,49	230
КОМПАНІЯ ADTRANZ								
VT650	Німеччина		2-2	2x257	120	42	24,46	76
168	Британія		M-2П-M	4x315	160			360
170	Британія							
Сімейство Itino								
Turbostar	Британія	1989	B(2) B	2x315	160		38,4	108
			B(2)(2) B	2x550			54,7	164
Сімейство Regio Shuttle								
LV650			2-2					
RS1			2-2	2x257	120	40	24,46	76
Regio Swinger								
VT611	Німеччина	1996	MM	2x540	160	116	51,75	148
VT612	Німеччина	1996	MM	2x540	160	116	51,75	146
КОМПАНІЯ BOMARDIER								
Сімейство Talent								
VT643	Німеччина	1996	B	2x315	120	72,7	48,36	137
VT644	Німеччина	1997	2-2 ₀ -2 ₀ -2	2x505	160	84,3	52,16	161
OMI	OMI	1997	3x	2x315		72,7	48,36	134
BM93	Норвегія	1997	B(2) B	2x306	160	70	38,21	94
REGIOB AHN	Regiobhn	1997	2x	2x315		55	34,61	116
Stadler/Bombardier DWA								
VT646	Німеччина		2 ₀ -2-2-2 ₀	550			37,69	118
GTW	Німеччина		2-2 ₀ -2	550	120	48	37,69	120
Bombardier DWA								
VT670	Німеччина	1994	1A	250	100	27,5	15,7	78
V670.1	Німеччина		1A	250	100		15,7	78
LVT/S			A1	265	100	23	15,6	72
Сімейство Voyager								

220	Британія	2000		x625	200			
КОМПАНІЯ SIEMENS								
Regio-Sprinter	Німеччина		A2A	2x228			23,98	80
VT 605	Німеччина	1980	М-2П-М	2x1620	200	217	106,7	217
VT 610	Німеччина	1992	М-М	2x515	160	92,5	52	16
VT 642	Німеччина		B(2) B	2x275	120	66,1	41,2	123
DM 90	Нідерланди	1990	ММ	2x320	140			
КОМПАНІЯ JENBACHER (АВСТРІЯ)								
Сімейство Integral								
S 5D 95	Німеччина	1999	AAA111A	3x315		82	53,43	164
КОМПАНІЯ SAP								
TRD	Іспанія	1995	М-М	4x				
КОМПАНІЯ FIAT FERRAVIARIA								
ETR 410	Італія	1997	М-М	4x380	160	101		
КОМПАНІЯ SLM								
Futuro	Швейцарія	1998	М-П-М	2x325	120	50	41,75	160
УГОРСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД								
Д	СНД	1964	М-2П-М	2x530	120	210	99,08	410
РИЗЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД								
ДР1А	СНД	1979	М-4П-М	2x736	120	272	154,3	648
ДР1М	СНД	1979	М-4П-М	2x736	120	261	154,3	648
ВАТ „ЛЮДИНОВТЕПЛОВОЗ”								
ДЛ2	Росія		М-10П-М	2x772	120	580	280	1100
Д3	Росія		М-2П-М	600	120	180		180
АП4	Росія		М	235	90			16
РА1	Росія		М	200	100	25		60
МДП1	Росія		М-ПК	235	90			76
МДП2	Росія		М-М	2x235	90			48
МДП3	Росія		М-П-М	2x235	90			106
МДП4	Росія		М-2П-М	2x235	90			164
ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДИ З ЛОКОМОТИВНОЮ ТЯГОЮ РОСІЇ								
ДПМ1	Росія	2000	Л-8П-Л	2x1470	100			
ДТ116	Росія	2000	Л-6П-Л	2x2000	100			
ДПСaA3	Росія	2000	Л-8П-Л	2x1470	100			
ХК „ЛУГАНСЬКТЕПЛОВОЗ”								
ДЕЛ-01	Україна	2001	М-2П-М	2x588	130	220	101	416
ДПЛ-1	Україна	1999	Л-3П-ПК	1470	100	297	118,4	508
ДПЛ-2	Україна	1999	Л-3П-ПК	2000	100	315	119,1	508

1.1.2 Аналіз електричного приміського рухомого складу різних виробників

1.1.2.1 Електрорухомий склад закордонного виробництва

Електропоїзди серії Z 23500. Ці двоповерхові поїзди почали будувати з ініціативи регіону Нір - Па-де-Кале, що є піонером у регіоналізації залізничних пасажирських сполучень.

Прототип для них послужили подібні двоповерхові електропоїзди, що експлуатуються на мережі міських і приміських ліній у Парижі і його околицях. У розрахунку на регіональні сполучення в поїздах Z 23500 підвищений рівень комфорту за рахунок більш зручних крісел і міжвагонних переходів, наявності туалетів і установок штучного клімату. Конструкція лобових частин посилена.

Поїзд складається із двох вагонів – моторного (будує компанія Alstom) і причіпного (будує компанія ANF, дочірня Bombardier). Можлива експлуатація поїздів у зчепленні до чотирьох з керуванням з головного вагона.

Електропоїзди Z 23500 розраховані на живлення від двох систем електропостачання: 1,5 кВ постійного й 25 кВ, 50 Гц змінного струму. Передбачений також варіант 3 кВ постійного й 15 кВ, 16,7 Гц змінного струму. У тяговому приводі застосовані перетворювачі на елементній базі транзисторів IGBT і трифазні асинхронні тягові двигуни.

Таблиця 1.2

Основні технічні характеристики електропоїзда Z 23500

Найменування параметра	Значення
Довжина, мм	52 500
Ширина, мм	2 820
Висота над РГР, мм	4 320
Рівень підлоги над РГР, мм:	
на нижньому поверсі	370
на верхньому поверсі	2 340
Маса брутто, т	128,5
Максимальне осьове навантаження, т	19
Число місць для сидіння	210
Потужність, кВт	1 500
Максимальна швидкість, км/год	140
Максимальне прискорення, м/с	20,9

Електропоїзди серії Z 21500. Електропоїзди зазначеної серії, що будуються компанією Alstom, за конструкцією механічної частини (кузова вагонів, візки) аналогічні дизель-поїздам сімейства X TER. Їх перша партія призначена для регіону Центр. Поїзд Z 21500 складається із трьох вагонів з кузовами, виготовленими з нержавіючої сталі. Лобові частини захищені конструктивними елементами пасивної безпеки. В одному з вагонів є туалет, пристосований для пасажирів з обмеженою рухливістю, і так званий дистрибар з напоями й холодними закусками. На особливе замовлення можуть улаштуватися окремі сімейні купе. Поїзд оснащений тяговим приводом з асинхронними двигунами й перетворювачами на елементній базі IGBT-транзисторів. Такі двосистемні електропоїзди, розраховані на експлуатацію по лініях, електрифікованих на постійному струмі 1,5 кВ і змінному 25 кВ, 50 Гц, можна експлуатувати в зчепленні до трьох з керуванням з головного.

Таблиця 1.3

Основні технічні характеристики електропоїзда Z 21500

Найменування параметра	Значення
Довжина, мм	79 000
Ширина, мм	2 905
Висота над РГР, мм	4 220
Маса брутто, т	180
Число місць для сидіння	217
Потужність, кВт	1 760
Максимальна швидкість, км/год	200
Максимальне прискорення, м/с ²	0,62

Електропоїзди типу 2N NG. Ці двоповерхові поїзди нового покоління є конструктивним розвитком попередньої серії Z 23500. Вони виготовляються спільно компаніями Alstom і Bombardier. Замовлення на ці поїзди надійшли з багатьох регіонів Франції, а також з Люксембургу.

Відмітними рисами нових електропоїздів є застосування розподіленої тяги (тобто всі вагони моторні), можливість формування із двох, трьох, чотирьох або п'яти вагонів, а також підвищена конструктивна швидкість. Крім того, оптимізовані обриси верхньої частини кузовів вагонів, а також лобових частин. За рахунок зміненого розподілу місць для сидіння між верхнім і нижнім поверхами стало можливим загальне збільшення їхнього числа, чому сприяло також більш вдале розташування деяких компонентів електроустаткування. Разом з тим поїзди 2N NG, як і потяг-попередник, призначені для ліній, електрифікованих за системами електропостачання 1,5 кВ постійного й 25 кВ, 50 Гц змінного струму, а також (по особливому замовленню) 3 кВ постійного й 15 кВ, 16,7 Гц змінного струму. У трифазному тяговому приводі застосовані перетворювачі на базі транзисторів IGBT і асинхронні тягові електродвигуни.

Поїзди 2N NG можна експлуатувати за системою багатьох одиниць, у тому числі в зчепленні з поїздами серії Z 23500. Основні технічні характеристики електропоїзда 2N NG наведені в табл.1.4.

Таблиця 1.4

Технічні характеристики електропоїзда 2N NG

Параметр	Варіант складеності поїзда			
	дво вагонний	три вагонний	чотири вагонний	п'яти-вагонний
Довжина, мм	54 700	81 100	107 500	133 900
Ширина, мм	2 900			
Висота, мм	4 320			
Маса бруто, т	140	210	280	350
Максимальне осьове навантаження, т	19			
Число місць для сидіння	220	334	448	576
Потужність, кВт	1 700	2 550	3 400	4 250
Максимальна швидкість, км/год	160			
Максимальне прискорення, м/с ²	0,9			

Електропоїзди типу Z2. Перебудова рухомого складу цього типу розпочалася в 1999 - 2000 роках, коли для регіону Центр на вагоноремонтному заводі Сен-Пьер-де-Кор були модернізовані 15 двовагонних (один вагон моторний, інший причіпний) електропоїздів серії Z 7300 побудови 1981 року У ході капітального ремонту в салонах розставили нові крісла з 147 місцями для сидіння, з яких 24 у відділенні першого класу, поставили спеціальне устаткування для забезпечення зручностей пасажиром з обмеженою рухливістю, виділили зони для перевезення велосипедів і великогабаритного багажу. Найбільш помітним нововведенням є те, що при модернізації ці електропоїзди оснащуються установками кондиціонування повітря з охолодженням води в теплообмінниках, змонтованих під кузовом причіпного вагона [49].

1.1.2.2 Розвиток електрорухомого складу в країнах СНД

Основним постачальником електропоїздів для вітчизняних залізниць у період 1947-1991 років був Ризький вагонобудівний завод (РВЗ). Невеликий відрізок часу причіпні й головні вагони будував Калінінський вагонобудівний завод (КВЗ), але у зв'язку з нестачею виробничих потужностей і збільшенням випуску пасажирських вагонів КВЗ припинив їх випуск. В 1991 році було створено РАО ВСМ, одним із завдань якого було виробництво приміського електрорухомого складу. З його ініціативи на Торжокському вагонобудівному заводі (ТВЗ) був організований випуск

електропоїздів постійного струму. За основу була взята конструкція електропоїзда ЕР2Т, що випускає РВЗ. У серпні 1993 року ТВЗ випустив перший десятивагонний електропоїзд, призначений для перевезення пасажирів на приміській і місцевій залізничній лініях, електрифікованих на постійному струмі з виходом як на високі, так і низькі платформи. Електропоїзд був позначений як ЕТ2. У зв'язку з тим, що ТВЗ входив у комплекс ВПК, на перших ЕТ2 була прийнята своя нумерація вагонів: вони мали номери в тім порядку, у якому були причеплені до складу. Згодом нумерація була приведена до стандартного вигляду (парні номери - моторні, непарні - причіпні, 01 і 09 - головні). Кузови вагонів мали довжину 19,6 м, установлені на безщелепні візки. На електропоїзді застосовані комплекти електроустаткування РВЗ, аналогічні встановлюваним на ЕР2Т. Кузови вагонів виготовляв ТВЗ, візки - заводи у Твері й Тихвіні. На ЕТ2, на відміну від ЕР2Т, були застосовані тверді сидіння зі склопластику. Планування кабіни машиніста й пасажирських салонів, розташування електроапаратури залишилося як на ЕР2Т останніх випусків. Є невеликі відмінності в конструкції кузова. Електропоїзди ЕТ2 направлялися, в основному, на Жовтневу й Свердловську залізницю. Конструкційна швидкість ЕТ2 – 130 км/год, номінальна місткість десятивагонного складу 2326 чоловік. Кількість місць для сидіння в головному вагоні 74, у моторному вагоні 98, у причіпному вагоні – 98. Маса тари головного вагона 41,65 т, моторного вагона 57,2 т, причіпного вагона 39,8 т. Діаметр коліс моторного вагона 1050 мм, причіпного й головного 950 мм.

Можливе формування поїзда із 4, 6, 8 і 12 вагонів. Починаючи з №028 за аналогією з електропоїздами ЕД4 ТВЗ почав установлювати комплекти вітчизняного електроустаткування виробництва ВЕНДІ, НЕВЗ, Електросила. Такі електропоїзди одержали позначення ЕТ2М. ЕТ2М-028 був виготовлений у вересні 1999 року. У конструкцію лобової частини головного вагона ЕТ2М були внесені невеликі зміни. Салони були оснащені люмінесцентними світильниками й новими пластиковими лавами, установлений новий пульт машиніста. На ТВЗ в 1997-99 роках за замовленням Жовтневої залізниці була випущена партія головних вагонів електропоїздів ЕР2 для заміни несправних. Поряд із серійними головними вагонами ЕТ2 випускав також модернізований їхній варіант. Головні вагони, що одержали позначення ЕТ2Р, могли працювати як у складі електропоїздів сімейства ЕР2Р, ЕР2Т, ЕТ2, так і в складі поїздів ЕР2. В 1999 році був виготовлений дослідний чотиривагонний електропоїзд ЕТ2А-001 з асинхронним тяговим приводом. Наприкінці 1992 року в Ризі був придбаний електропоїзд ЕР2Т-7233, що став останнім ризьким складом на Московській залізниці. На базі цього електропоїзда проводилися випробування першого вагона, зібраного на Деміхівському машинобудівному заводі (ДМЗ), що раніше випускав рухомий склад для вузькоколієк, але був реконструйований для виробництва вітчизняного електрорухомого складу.

У період 1992-93 років завод випускав тільки причіпні вагони, які позначалися ЕД-001п, ЕД-003п і т. д. Усього було виготовлено 10 вагонів, яким присвоїли серію ЕД2Т. Вони були реалізацією проекту ЕР24, що передбачав збільшення довжини вагона до 21,5 м, за рахунок чого збільшувалися розміри тамбурів і дверних прорізів. Довжина пасажирського салону збільшувалася приблизно на 1,5 метри, що дозволило відмовитися від застосування вузьких вікон і зробити всі дивани, крім крайніх, двосторонніми шестимісними. У причіпному вагоні ЕД2Т 116 місць для сидіння (в ЕР2 - 108, в ЕР2Т - 98). Основною особливістю схеми вагонів ЕД2Т була можливість роботи в складі тривагонної секції М+П+П, що дозволяє формувати состави з 5, 7, 9, 11, 13 вагонів, а також можливе складання електропоїзда з окремих секцій "голова до голови", за аналогією з ЕР22. В іншому вагони сумісні з ЕР2Р і ЕР2Т, що дозволяло формувати состави з різних вагонів.

Наприкінці 1993 року на ДМЗ починається випуск головних вагонів ЕД2Т (також з використанням проекту ЕР24). Кількість місць для сидіння в них - 86. Кабіна машиніста за рахунок зміни пульта керування й збільшення довжини вагона має більшу площу. Зовнішніми відмінностями є дверцята на лобовій стіні для розеток міжсекційних з'єднувачів, низько розташовані буферні ліхтарі, і встановлений на деяких вагонах буфер. Через відсутність можливості випуску моторних вагонів на ДМЗ було ухвалене рішення закуповувати їх у Ризі до освоєння власного виробництва. В 1993 році було сформовано два десятивагонних склади ЕД2Т-0001 і ЕД2Т-0002, після чого поставки вагонів з Риги були припинені. В 1994 році на ДМЗ було сформовано 3 безмоторних склади ЕД2Т-0003 - ЕД2Т-0005, що складаються з головних і трьох причіпних вагонів. У травні 1994 року виробництво моторних вагонів для ЕД2Т було освоєно, і першим повноцінним поїздом став ЕД2Т-0006, випущений у серпні. Візки вагонів виготовляються заводом "Трансмаш", встановлювалося електроустаткування виробництва РВЗ. Перший електропоїзд із російським електроустаткуванням був виготовлений в 1996 році і одержав назву ЕД4-0001.

В 1997 році МШС замовило ДМЗ три електропоїзди, які передбачалося подарувати Москві на 850-річчя. До цього часу на заводі був готовий проект модернізованих електропоїздів ЕД2М і ЕД4М. У цих поїздів змінена форма головних вагонів, установлена нова система пожежогасіння, електронні маршрутні покажчики "рядок, що біжить" у салонах вагонів. Всі ці системи управляються за допомогою бортового комп'ютера. У салонах вагонів установлені люмінесцентні світильники. У зв'язку з необхідністю доопрацювання електроустаткування НЕВЗ, виробництво ЕД4 у квітні 1998 року було припинено. Для укомплектування готових составів було закуплене устаткування РВЗ. Вони одержали назву ЕД4М.

На початку грудня 1998 року випуск ЕД4 відновився й починаючи з поїзда ЕД4М-0011 електрична схема стає практично незмінною. ЕД4-0014 став останнім поїздом з кабіною, розробленою в Ризі. Серійні ЕД4М

випускалися з березня 1999 року. На окремих вагонах проходили випробування нові рішення для перспективного електропоїзда п'ятого покоління ЕД6. В 1999 році на базі ЕД4М був виготовлений електропоїзд підвищеної комфортності ЕД4МК. Він відрізняється встаткуванням салонів вагонів з різним рівнем комфорту для пасажирів. ДМЗ випускає електропоїзд ЕД4Е з електроустаткуванням заводу "Електросила". Даний електропоїзд використовує енергозберігаючу технологію розгону поїзда з перемиканням тягових двигунів з послідовного на послідовно-паралельне з'єднання. Нумерація серії ЕД4Е почнеться з номера 0001.

У зв'язку з більшим дефіцитом парку електропоїздів змінного струму, а також перспективами розвитку приміських ліній, електрифікованих на системі змінного струму 25 кВ, перед ДМЗ було поставлене завдання розробити й запустити у виробництво електропоїзд для заміни ЕР9Т. За основу також був прийнятий проект ЕР29 (механічна частина) і доопрацьований комплект електроустаткування, що випускає РВЗ. Головною особливістю нового поїзда ЕД9Т є використання нової системи регулювання в режимі реостатного гальмування. Також передбачена можливість підключення причіпного вагона до секції М+П и М+Г. Наприкінці 1995 року був виготовлений перший електропоїзд серії ЕД9Т, а починаючи з 1996 року випускаються серійно.

З 2000 року ВАТ «Електросила» почала поставляти комплекти електроустаткування для ЕД9М. На базі ЕД9М також виготовлявся електропоїзд підвищеної комфортності ЕД9МК. В 2001 році ДМЗ виготовив дослідний зразок перспективного приміського електропоїзда постійного струму ЕД6-0001. Кузови вагонів ЕД6 обшиті нержавіючою сталлю. Для електропоїзда сконструйовані нові моторні візки, розраховані на експлуатацію зі швидкістю 160 км/год. Тягові двигуни асинхронні. Електропоїзд обладнаний рекуперативно-реостатним гальмуванням. Для керування всіма системами електропоїзда розроблена дворівнева мікропроцесорна система керування. Застосовано міжвагонні з'єднання нової конструкції. У майбутньому планується почати серійний випуск електропоїзда й паралельно доопрацьовувати конструкцію для впровадження нових систем і устаткування. У рамках Державної Програми розвитку й підвищення якості приміських пасажирських перевезень на залізничному транспорті в 1992 році було ухвалене рішення про виробництво приміських електропоїздів.

Була розроблена повна конструкторська документація й почата підготовка виробництва електропоїзда змінного струму з тиристорним регулюванням і рекуперативним гальмуванням (ЕН1). При цьому тягове електроустаткування конструктивно й технологічно було аналогічно електроустаткуванню електровоза ВЛ80Р. Макетні секції пройшли успішні випробування, у процесі яких вдалося зрушити з мертвої точки проблему створення асинхронного тягового привода. Беручи до уваги результати випробувань, було ухвалене рішення припинити роботи щодо електропоїзда

ЕН1 і почати розробку електропоїзда ЕН3. Дослідний 5-вагонний електропоїзд змінного струму із плавним тиристорним регулюванням, асинхронним тяговим приводом і рекуперативним гальмуванням ЕН3 був виготовлений в 1999 році. Він складається із двох п'ятивагонних зчепів, кожний з яких є автономним і містить у собі два головних вагони, два моторних і причіпний (Г+М+П+М+Г). Конструкція вагонів передбачає можливість компонування з різного співвідношення моторних і причіпних вагонів.

Перехід на основну складеність М+1,5П став можливий завдяки більш високій потужності АТД. Рекуперативне гальмування дозволяє забезпечити повернення в тягову мережу до 30% електроенергії, спожитої на тягу. Нові електропоїзди Торжокського й Деміхівського заводів ще не повною мірою можуть замінити на російських залізницях поїзди виробництва РВЗ. У зв'язку із цим величезну роль відіграє капітально-відбудовний ремонт (КВР) старих поїздів. При цьому може здійснюватися практично повне переустаткування електропоїзда. Так, електропоїзди серії ЕР2 при виробництві КВР і переустаткуванні на Московському локомотиворемонтному заводі, одержують нову серію ЕМ ("електропоїзд московський"). На них проводиться монтаж нових віконних рам, відеокамер спостереження, туалетів, електронних інформаційних табло, оновлений докорінно інтер'єр пасажирських салонів і тамбурів, інша кабіна, а також нові вузли тягового привода й електроустаткування.

У затвердженому МШС в 2003 році "Типажі моторвагонного рухомого складу" уперше в окремий тип були виділені електропоїзди внутрішньоміського сполучення. Це викликано тим, що для вирішення транспортних проблем великих міст доцільне використання електропоїздів з характеристиками, близькими до вагонів метрополітену. Умови роботи електропоїздів у містах і найближчих пригородах характеризуються більшим пасажиропотоком, частими зупинками, високими прискореннями й уповільненнями. Приміські електропоїзди не повною мірою задовольняють ці вимоги. Перший проект із використанням таких поїздів був реалізований на найбільш навантаженому напрямку Москва - Ярославському, котрий передбачав розвиток всієї інфраструктури напрямку. На базі електропоїзда ЕМ2 для цих цілей був розроблений електропоїзд внутрішньоміського повідомлення ЕМ4 «Супутник», що був запущений в експлуатацію в 2004 році [49].

Враховуючи значний технічний та виробничий потенціал, досвід виготовлення і проведену підготовку щодо виробництва по вагонів приміського сполучення з локомотивною тягою створення електропоїздів змінного та постійного струму було доручено ХК "Луганськтепловоз". На ньому були створені електропоїзди ЕПЛ2Т та ЕПЛ9Т, за основу яких були прийняті прибалтійські поїзди ЕР2Т, ЕР9Т [49, 295, 333, 336, 337]. Принциповою відмінністю їх від ризьких є те, що довжина вагона збільшена до 25 м та вагон розділений на два салони з забезпеченням входу та виходу

через три тамбури [223, 251, 256]. Характеристики електрорухомого складу виробництва країн СНД наведені в табл А.1.

1.2 Аналіз підходів до контролю рухомого складу під час його виробництва та експлуатації

Як показали роботи [13, 16, 80, 310, 332, 345], спільного підходу до контролю рухомого складу під час його виробництва та експлуатації в різних виробників не має.

Так, в Росії, підвищення надійності роботи тягового рухомого складу при одночасному зниженні трудомісткості ремонту, а, отже, і експлуатаційних витрат передбачено комплексною програмою реорганізації й розвитку локомотивного господарства, затвердженою колегією МШС у квітні 2001 року. А для цього, як показує практика, необхідно докорінно змінити технічний стан локомотивного парку.

Справа в тому, що існуюча планово-попереджувальна система ремонту локомотивів не відповідає сучасним вимогам. Вона не в повній мірі враховує кліматичні й експлуатаційні умови, зношування локомотивів, інтенсивність їхнього використання, конструктивні особливості. Але ефективність технологічних процесів при виробництві ТО та ПР локомотивів прямо залежить від рівня механізації, впровадження передових і ресурсозберігаючих технологій, діагностичних комплексів, а також від підвищення технічних знань персоналу.

Вирішити дану проблему можливо двома основними шляхами:

- закупівлею нового МВРС, або модернізацією існуючого вбудованими системами контролю і діагностики, які пов'язані з системою ТОР;
- оснащенням ремонтних підприємств стаціонарними засобами діагностики локомотива та його вузлів.

Забезпечити стійку й безпечну роботу тягового рухомого складу, як вважають в Росії, можна тільки шляхом оснащення локомотивних депо високоефективними технологіями й розвитком ремонтної бази [80, 315].

Нова генеральна схема розміщення ремонтних потужностей передбачає спеціалізацію депо за великими видами ремонту і серіями локомотивів, і відповідне їхнє оснащення.

Спеціалізація ремонту дозволила широко застосовувати засоби механізації й особливо безрозбірну діагностику. В [80, 164, 315] зроблено ставку на розроблену центром "Транспорт" трирівневу систему діагностики, впровадивши її у всіх базових депо (додаток Б.1).

Перший рівень - обстеження вузлів у складанні в процесі ремонту із застосуванням діагностичних комплексів, стендів, дефектоскопів і комп'ютерів. Така система призначена для контролю й регулювання технічних характеристик апаратів і вузлів на робочих місцях.

Другий рівень - діагностика вузлів у процесі проведення ПР-1, ПР-2, ТО-3 діагностичними комплексами "Прогноз-1", "Доктор-30", "Кіпарис", "

Сітол", "Деста", "Кедр". Всі вони також розроблені центром "Транспорт" і ефективно діють уже багато років.

Третій рівень - бортові системи контролю й діагностування (БСКТ) і (ПС). Вони сполучають у собі систему контролю й попередження машиніста про нагрівання підшипникових вузлів і пристрій виявлення осередків загоряння на локомотиві. Система придатна для установа на електровозах серій ВЛ10, ЧС2 і ВЛ80 всіх модифікацій. Принцип побудови системи - модульний. Дані збираються уніфікованими модулями, а оброблена інформація виводиться на загальний термінал у кабіні машиніста. Уже 108 електровозів обладнані такими системами. У центрі "Транспорт" пішли далі - там розробляють системи контролю стану силових ланцюгів і ланцюгів керування з можливістю зберігати інформацію в накопичувачах і за нею проводити повну діагностику при заході електровоза в депо.

На 22 тепловозах серії ЧМЕЗ установлено бортові апаратно-програмні комплекси "Борт-ЧМЕЗ", які призначені для діагностування й керування теплотехнічним станом дизель-генераторних установок. Вони стежать за витратою масла, дизельного палива. Все це дозволило перейти на нові міжремонтні пробіги. Всі базові ремонтні депо ведуть середній ремонт локомотивів, вони збільшили пробіг між ТО-2 до 72 годин і на третину - між ПР-1, ліквідувавши ТО-3 електровозів [315].

Механізм взаємодії елементів трирівневої системи контролю й діагностики в рамках системи якості ISO 9000 наведений на рис.1.1.

Тяговий рухомий склад піддається контролю й діагностиці на таких етапах свого життєвого циклу:

- експлуатація (використання за призначенням) - бортові системи контролю й діагностики;
- технічне обслуговування - переносні, мобільні діагностичні комплекси;
- ремонт - цехові системи контролю якості ремонту.

Алгоритм роботи зазначених систем контролю й діагностики передбачає виконання таких операцій:

- 1) ідентифікація (локомотива, пристрою, апарата й т.д.);
- 2) ідентифікація працівника, який експлуатує рухомий склад або виконує обслуговування чи ремонт;
- 3) виконання контрольних-діагностичних операцій;
- 4) кількісне і якісне оцінення параметрів і показників;
- 5) виявлення й локалізація несправності;
- 6) видача рекомендацій з пошуку й усунення несправностей;
- 7) прогнозування технічного стану, попередження виникнення й розвитку дефектів;
- 8) запис результатів у БД;
- 9) складання звітних форм;
- 10) передача інформації в загальну БД підприємства.

Як кінцеві споживачі інформації виступають елементи системи якості ISO 9000, перераховані раніше.

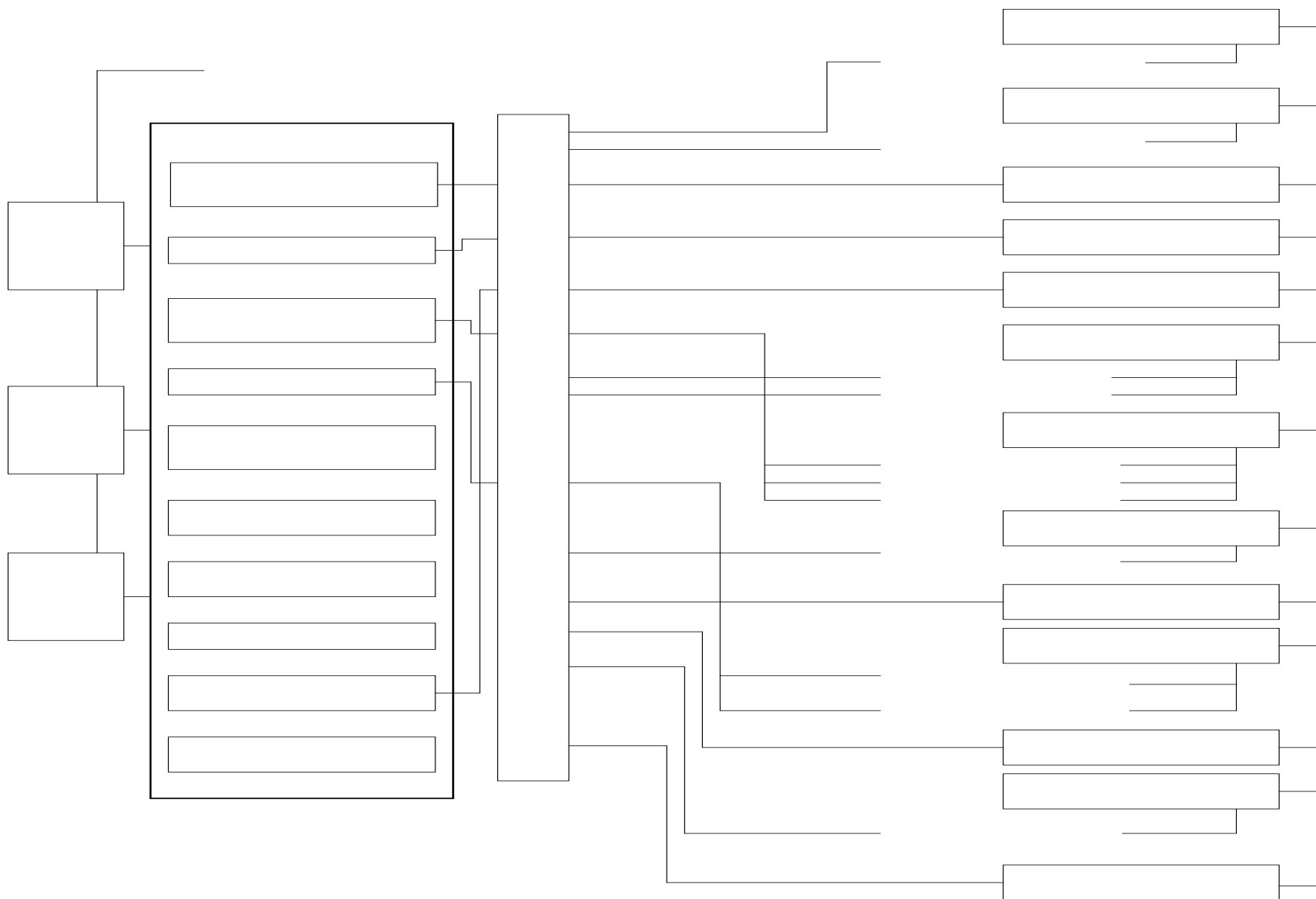


Рис. 1.1 Трирівнева система контролю і діагностики розроблена центром "Транспорт" (РФ)

Інтеграція трирівневої системи контролю й діагностики із системою якості ISO 9000 пов'язана з вирішенням таких завдань:

- розроблення методики інтеграції трирівневої системи контролю й діагностики із системою якості ремонтних підприємств локомотивного господарства;
- розроблення методики об'єктивного контролю якості ремонту з використанням технічних засобів трьохрівневої системи контролю й діагностики;
- розроблення методик організації технологічних процесів ремонту з автоматичним контролем якості (для електроапаратного, електромашинного, автоматного й візкового цехів);
- розроблення алгоритмів оптимізації й підвищення ефективності керування технологічним процесом з використанням об'єктивних даних систем контролю й діагностики;
- розроблення однакових вимог до форми, формату й структури даних від діагностичних комплексів з метою уніфікації й автоматизації документообігу;
- розроблення технічних вимог до оснащення депо засобами обчислювальної техніки і комунікацій, а так само системним та інструментальним програмним забезпеченням;
- розроблення структури єдиної БД систем контролю й діагностики;
- розроблення алгоритмів і механізму передачі даних з діагностичних комплексів для формування єдиного електронного паспорта одиниць рухомого складу;
- узгодження інтерфейсів і механізмів обміну даними з іншими автоматизованими системи рівня підприємства («Електронний паспорт», «Асут-ремонт» та ін.);
- розроблення технічних засобів передачі даних від систем контролю й діагностики в єдину базу даних;
- розроблення прикладного програмного забезпечення для моніторингу єдиної БД;
- розроблення WEB-інтерфейсів, що забезпечують можливість подання складних характеристик у вигляді графіків, діаграм та інших візуальних форм.

Останнім часом на мережі залізниць Росії набули поширення комп'ютерні засоби діагностики технічного стану рухомого складу на основі віброакустичного методу контролю, що забезпечують підвищення безпеки руху й зниження експлуатаційних витрат (додаток Б.2).

Віброакустичний метод контролю базується на основі аналізу коливань періодичного характеру, що виникають при обертанні механізмів. Для переведеного швидким перетворенням Фур'є з часової в частотну область вібраційного сигналу розраховуються деякі фазові, просторові й модуляційні характеристики, що несуть інформацію про механічний стан частин механізмів при їхньому обертанні.

Незаперечною перевагою віброакустичного методу контролю є забезпечення безрозбірного неруйнівного контролю підшипникових і редукторних вузлів механізмів з високою вірогідністю.

Широко в стаціонарних засобах контролю та діагностики використовують ендоскопи при діагностиці та ремонті локомотивів [134]. З їх допомогою виконують діагностику таких систем та вузлів локомотивів:

- екіпажна частина (колісні центри коробчатого перетину колісних пар; косозубі двосторонні тягові передачі; ресорне підвішування; ударно-тяговий апарат);
- автогальмівне обладнання (деталі та вузли компресора; елементи системи пневматичного гальмування);

- електричні апарати силових ланцюгів (електрична частина електропневматичних контактів; електричні машини та ін.);
- дизель та його системи (втулки циліндрів; клапанні отвори; клапани; гідромеханічний редуктор та ін.).

Широко в стаціонарних пунктах діагностики починають використовувати методи і засоби інфрачервоної термографії механічного, теплоенергетичного і електричного обладнання. Такий контроль здійснюється за допомогою переносних малогабаритних тепловізорів і термографів. Основна перевага термографії полягає в суттєвому скороченні часу та підвищенні достовірності контролю, так як даний метод дозволяє без контакту з об'єктом отримувати інтегральний розподіл температури у певній області, яка відповідає відеокадру. При цьому забезпечується висока точність вимірювання температури об'єктів, що контролюються, яка досягає десяти та сотих часток градуса. Все це дозволило проводити діагностику на ранньому етапі розвитку дефектів в процесі експлуатації обладнання.

До числа ІК-камер відносяться "Іртіс 2000" (фірми "Іртіс", м. Москва) "VarioCAMTM" (фірми "Jenoptic", Німеччина) "ThermaCAM P65" і "ThermaCAM E45" (фірми "FLIR SYSTEM", США), "ТН 7102" і "ТН 9100" (фірми "NEC", Японія) та ін. Вартість тепловізорних камер за останні роки істотно знизилася і знаходиться в межах вартості засобів вібродіагностики, що робить їх перспективними для застосування. Програмне забезпечення інфрачервоних камер має багатовіконний інтерфейс і дозволяє здійснювати їх управління і оперативне настроювання, фіксувати максимальну, мінімальну і середню температури в полі кадру і в виділених областях, корегувати коефіцієнти випромінювання, записувати окремі термограми у файли стандартних графічних форматів, вимірювати температури в заданих точках, будувати ізотерми, гістограми, графіки температурних змін за часом та роздруковувати їх.

Співробітники секції "Неруйнівний контроль та діагностування" Іркутського державного університету шляхів сполучення (ІрДУШС) разом зі спеціалістами Східно-Сибірської залізниці провели великий комплекс робіт з вивчення можливості ефективного використання тепловізійного методу при вирішенні задач контролю та діагностування дефектів електричного та машинного обладнання. Роботи в ІрДУШСі у галузі впровадження тепловізійної діагностики розвиваються за двома напрямками: розширення можливостей ефективного використання тепловізорів при технічних оглядах та ремонті локомотивів та розроблення програмного забезпечення автоматизації обробки великих масивів термоінформації з метою діагностики дефектів деталей електричних вузлів локомотивів.

Проведені дослідження показали, що тепловізор може ефективно застосовуватись на пунктах технічного обслуговування локомотивів та при контролі якості ремонтів в депо. На електровозах можна виявляти такі пошкодження, як міжвиткові замикання, порушення та пробій ізоляції, послаблення з'єднань, задівання рухомих елементів за кожухи, дефекти резисторів та щітко-колекторних вузлів, надмірне нагрівання та дефекти підшипників тягових електродвигунів, дефекти тягових трансформаторів, реакторів, випрямних установок ланцюгів управління, дахового та низьковольтного обладнання, акумуляторних батарей, букс та ін.

Завдяки створенню загальної бази даних у дистанційних центрах створюються електронні діагностичні паспорти на об'єкти контролю, що дозволяють вести оперативне спостереження за технічним станом контрольованих виробів. На основі діагностичних паспортів можливо в перспективі проводити ремонт за фактичним станом об'єкта контролю.

Надалі залізничні дистанційні центри контролю якості ремонту будуть інтегровані в єдиний галузевий центр керування безпекою руху поїздів [164].

Розробка "Техтрансу" – комплекс технічної діагностики тепловозів "Магістраль". Він може застосовуватися для діагностування дизелів будь-якого призначення, базується на IBM PC AT 486 і забезпечує такі режими, як оцінення протікання робочого процесу в циліндрах двигуна (діагностується паливна апаратура, робота клапанів газорозподілу, щільність циліндра), оцінення стану газоповітряного тракту дизеля в цілому та окремих його частин, контроль частоти обертання колінчастого вала дизеля, оцінення стану елементів ланцюгів збудження тягових двигунів шляхом вимірювання їх електричного опору. Досвід використання комплексів "Магістраль" в чотирьох депо Жовтневої залізниці свідчить про те, що при виконанні отриманих ними рекомендацій щодо регулювання та усунення несправностей можна на 4-7% знизити витрати палива.

ВНІАС МПС Росії (м. Москва) – державний науково-дослідний та проектно – конструкторський інститут інформатизації, автоматизації та зв'язку розробив комплексний локомотивний пристрій безпеки "КЛУБ-У", який призначений для підвищення безпеки та регулювання руху поїздів у складі комплексної уніфікованої системи "КУРС-Б".

Пристрій "КЛУБ-У" може встановлюватися на будь-які типи локомотивів і живитися від бортової мережі з номінальною напругою 24, 50, 75 і 110 В. Уніфікована система призначена виконувати такі функції, як змінення та індикація швидкості та координат поїзда за сигналами супутникових навігаційних систем і осьових датчиків швидкості; контроль допустимої швидкості; контроль гальмування перед забороняючим сигналом світлофора; обмін інформацією з колійними пристроями за точковим каналом зв'язку та радіоканалом.

Універсальний блок живлення контрольної та діагностичної апаратури (розробка СаМШТу) призначений для перетворення бортової напруги локомотива в стабілізовану постійну напругу живлення контрольної-діагностичної апаратури та датчиків. Особливість даного виробу – можливість роботи з напругою в мережі 50-150 В постійного та змінного струмів без яких-небудь переключень, а також висока перешкодозахищеність. Схема блока живлення включає систему вхідних та вихідних фільтрів для підвищення стабільності напруги в ланцюгах живлення.

Гальмові системи, які використовуються в цей час на різному рухомому складі, являють собою пневматичні або електропневматичні прилади. Розвиток гальмових засобів завжди йшов по шляху вдосконалювання пневматичних приладів, підвищення їхньої надійності, довговічності, швидкодії, поліпшення експлуатаційних показників.

У країнах СНД експлуатуються й продовжують серійно випускатися гальмові прилади, які були розроблені в 50-60-ті роки. Тому в останні роки стало досить актуальним завдання створення принципово нових гальмових систем, які відповідають сучасним вимогам як з погляду технічних параметрів, так і ергономіки, дизайну, особливо для електропоїздів і локомотивів швидкісного руху. Розвиток гальмових систем нового покоління йде шляхом розроблення нових електропневматичних приладів, що дозволяють управляти гальмами і по поїзних проводах, і від мікропроцесорних систем.

У цей час та, ймовірно, у найближчій перспективі мікропроцесорні системи керування будуть застосовуватися не на всіх видах рухомого складу. Наприклад, використання навіть елементарної автоматики на вантажному рухомому складі досить складне через важкі умови його експлуатації й відсутність джерел живлення, що забезпечують електроенергією керуючу й виконавчу частини гальмової системи. Тому гальма вантажного рухомого складу ще тривалий час залишаться пневматичними. Сьогодні застосовувати мікропроцесорні засоби керування найбільш доцільно на пасажирських вагонах, метрополітені й, особливо, на новому швидкісному рухомому складі.

Електронна техніка у вітчизняному гальмобудуванні вперше з'явилася наприкінці минулого тисячоріччя й з перших кроків змусила абсолютно по-новому поглянути на

гальмову систему. У першу чергу це стосується вагонів метро «Яуза», що експлуатуються на Люблинській лінії Московського метрополітену. За відгуками машиністів, настільки повну інформацію про стан гальмової системи неможливо одержати на жодному поїзді колишніх поколінь.

Автоматичне гальмування із заміщенням електричного гальма електропневматичним не вимагає зайвих дій машиніста, що значно знижує його стомлюваність і дає можливість зупинити состав у строго заданій точці. Застосування мікропроцесорних засобів у вагонах метро нового покоління дозволяє не тільки полегшити керування, але й увести елементи діагностики основних параметрів гальмової системи, виявляти несправності окремих гальмових приладів.

В останні роки розробляється принципово нова гальмова система для високошвидкісного електропоїзда «Сокіл». Тут для керування гальмами використані спеціалізовані мікропроцесорні пристрої, які дозволяють автоматично управляти компресорами, пристроями очищення й осушення повітря, магніторейковими й зупиночними гальмами, а також реалізовувати функції автоведення.

Апаратні й програмні засоби керування гальмовою системою поїзда «Сокіл» призначені для оперативної діагностики її стану в процесі руху поїзда й інформування машиніста в масштабі реального часу про стан гальмової системи в цілому й окремих її елементів. Засоби діагностики можуть накопичувати в «пам'яті» всі відмови і збої гальмової системи в процесі роботи.

У систему керування гальмами високошвидкісного поїзда «Сокіл» закладені такі функції:

- дія ЕПГ на всіх вагонах при відсутності електричного гальмування й тільки на немоторних вагонах при електричному гальмуванні на моторні;
- спільна дія з повною гальмовою силою електричного гальма на моторних вагонах і ЕПГ на немоторних при повному службовому гальмуванні;
- заміщення електричного гальма при його відмові на будь-якому моторному вагоні електропневматичним гальмом при регульовальному й повному службовому гальмуванні;
- дія пневматичного гальма з повною гальмовою силою при розриві ланцюга безпеки при екстремому й аварійному гальмуванні на немоторних вагонах;
- автоматичне й дистанційне керування апаратами подачі й відключення живлення котушок магніторейкового гальма й блоком його керування;
- автоматичне керування основними компресорами й електропневматичними клапанами й контроль блоків осушення;
- керування стоп-кранами;
- контроль за тиском у гальмовій і живильній магістралі;
- виконання команд безпеки від КБСУ;
- формування й видача сигналів для запису в захищений реєстратор «чорний ящик»;
- формування й видача інформації про стан системи керування фрикційними гальмами, ЕПГ і його систем у КБСУ;
- керування автоматичними зупиночними гальмами.

Застосування мікропроцесорів у керуванні гальмовими системами неможливо без створення нових електропневмомоментів, що дозволяють здійснювати керування безпосередньо від мікропроцесора й видавати діагностичний сигнал про свій стан.

У цей час актуальним стає завдання створення більш надійного дистанційного крана машиніста, що забезпечує безпеку руху. Дистанційний кран машиніста складається з контролера керування, розташованого на пульті керування локомотивом, виконавчих

електропневматичних і пневматичних приладів, а також адаптера, побудованого на базі мікропроцесора. Останній забезпечує зв'язок крана із системами керування верхнього рівня й здійснює діагностику роботи його окремих елементів - електронних, пневматичних і електропневматичних. Дистанційний кран машиніста може працювати автономно, тобто без використання зв'язків з верхнім рівнем через CAN-інтерфейс, при цьому адаптер виконує тільки діагностичні функції.

1.3 Аналіз підходів до визначення параметрів моторвагонного рухомого складу та методів його проектування

Питанням визначення показників рухомого складу, оціненню їх технічного рівня приділяється багато уваги. Фундаментальні дослідження в цьому напрямку виконувались і виконуються як в наукових організаціях, особливо таких, як ВНДІЗТ, ВЗДІТ, МІПТ, ЛІЗТ, ОмІПТ, РІЗТ, СамІЗТ, ДІПТ, СНУ ім. В.Даля, НТУ «ХПІ», КУЕТТ, ХІПТ та ін., так і на виробничих підприємствах ВАТ ХК «Луганськтепловоз», ВО «Завод ім. Малишева», ДЕВЗ, Брянський ТБЗ (Росія), Коломенський 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., Міщенко К.П., Мороз В.І., Найш Н.М., Тартаковський Е.Д. та ін.

В Східноукраїнському національному університеті приділяється багато уваги питанням взаємодії коліс рухомого складу з рейками та системами охолодження енергетичних установок [81, 82, 137, 285, 286, 320]. Ці роботи виконуються під керівництвом проф. Голубенка О.Л. такими вченими як Горбунов М.І., Могила В.І., Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П. та ін.

В Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту велика увага приділяється розробленню стаціонарних і бортових систем діагностики електровозів ДЕ1. Роботи по розробленню інформаційного забезпечення систем діагностики виконуються під керівництвом професора Боднаря Б.Є. Також цим науковим закладом приділяється багато уваги визначенню характеристик маневрових тепловозів з гідروпередачею. На жаль, уваги приміському рухомому складу приділено мало [56, 58].

Роботи по розробленню та впровадженню стаціонарних переносних пристроїв діагностики для виявлення несправностей локомотивів під час виконання технічного обслуговування та ремонту виконуються в УкрДАЗТ на кафедрі експлуатації та ремонту рухомого складу під керівництвом Тартаковського Е.Д. [202, 291, 292, 306, 308, 311]. Також на кафедрі ведуться роботи по впровадженню бортових технічних засобів для виявлення причин транспортних подій та передрейсового контролю локомотивних бригад [59, 312] і визначення характеристик тепловозів та їх випробувань [328].

В Петербурзькому державному університеті шляхів сполучення (м. Санкт-Петербург, Росія) розробляються та впроваджуються на тепловозах 2ТЕ116 системи неперервного удаленого контролю параметрів локомотивів [100].

Особливої уваги заслуговують підходи до визначення параметрів рухомого складу на ВАТ ХК «Луганськтепловоз». Оскільки дане підприємство виконує розроблення МВРС (дизель-поїзди ДПЛ1, ДПЛ2, ДЕЛ-01, ДЕЛ-02 та електропоїзди ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т), фактично не маючи досвіду роботи з продукцією такого виду, то воно виступає як НВО, що виконує весь цикл створення виробу від проектування та побудови першого зразка до впровадження в серійне виробництво. Тому на заводі приділяють велику увагу оптимізації якості функціонування всієї сукупності систем, що беруть участь в ланцюжку «дослідження – проектування - ... - серійне виробництво» [14-17, 19, 20, 22, 34, 39, 47, 49, 113, 135, 144, 194, 302 та ін.]. Але ці роботи потребують ще доопрацювання.

На ВО «Завод ім. Малишева» для дизельного МВРС (ДЕЛ-01 та ДЕЛ-02) велись розроблення нових енергетичних установок. Але використання старих підходів до визначення їх характеристик та основних параметрів, економічні та соціальні проблеми не дозволили в короткі строки створити дизелі, які поставленим заданим в технічному завданні умовам. Тому на дизель-поїзді ДЕЛ-02 використовується економічний дизель фірми MTU [16].

Аналіз методів проектування рухомого складу показав, що традиційні способи проектування і доведення не дозволяють створювати конкурентноспроможний рухомий склад в короткі строки [46, 153, 203, 265, 278, 342, 349]. 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. (вони дозволяють створювати двовимірні об'єкти, креслення, програмування обробки на станках з ЦПУ);

для середнього класу – Solid Works, Cimatron, AnvilExpress і т.п. (вони дозволяють створювати об'ємні моделі, визначати інерційно-масові, міцнісні та інші характеристики, моделювати всі види обробки з ЦПУ, випускати документацію);

для високого класу – EDS, ADAMS, ALIAS, DUST-5 і т.п. (вони дозволяють створювати об'ємні моделі рухомого складу, контролювати технологію виготовлення, виконувати динамічний аналіз складання з імітацією складальних пристосувань і інструментів, проектувати оснастку).

При проектуванні нового рухомого складу необхідно використовувати програмні комплекси усіх класів [46].

1.4 Постановка мети та задач дослідження

Зроблений вище аналіз показав, що з інтенсивним розвитком електронної техніки, інформаційних технологій, нових систем контролю та діагностики для приміського залізничного транспорту та промисловості України необхідні нові наукові підходи до створення та контролю технічного стану нового МВРС. Тому метою роботи є вирішення науково-прикладної проблеми – розвитку наукових основ визначення характеристик, створення та контролю технічного 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 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;

- розробити моделі для визначення параметрів системи технічного обслуговування та ремонту нового МВРС;
- розробити техніко-економічну модель щодо визначення ефективності впровадження розроблених заходів при виробництві МВРС.

1.5 Висновки по першому розділу

За результатами проведеної роботи в першому розділі 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 викликає необхідність використання вагонів з нахилом кузова. Для збільшення посадочних місць використовують двоярусні вагони, дизелі з підвагонним 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.
3. На новому МВРС використовуються вбудовані системи діагностики, що дозволяють виконувати його обслуговування та ремонт за станом. Спостерігається зменшення строку служби МВРС до 10-15 років та використання модульного принципу при його формуванні. При цьому середньорічний пробіг складає 120-140 тис. км, а середня пасажиромісткість – 60-90 чоловік.
4. 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.).
5. Аналіз виконаних робіт показав, що з інтенсивним розвитком електронної техніки, інформаційних технологій, нових систем контролю та діагностики для приміського залізничного транспорту та промисловості України необхідні нові наукові підходи до створення та контролю технічного стану нового МВРС.

Розділ 2

Підходи до створення нового моторвагонного рухомого складу

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 [21], яка узагальнює визначення науково - обґрунтованих характеристик і розвиває принципи побудови МВРС з урахуванням умов експлуатації, світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту , зниження витрат за весь життєвий цикл, модульного підходу їх компонування та особливостей промисловості і залізниць України [21] і рекомендований типаж МВРС та його основні характеристики [33, 49].

2.1 Концепція створення нового моторвагонного рухомого складу для залізниць України

Розглянемо еволюцію розвитку МВРС та підходів і концепцій щодо його створенню на Україні та в СНД. Приміський рухомий склад почав розвиватися з розвитком залізничного транспорту. Так, ще до Жовтневої революції в Росії для перевезення невеликої кількості пасажирів використовувалися паровозо-вагони, які вироблялися на паровозобудівельних заводах. Моторвагонна електрична тяга була на невеликих вузькоколіїних під'їзних коліях. Рухомий склад для неї вироблявся на Російсько-Балтійському вагонобудівельному заводі в м. Рига. В той період концепція створення була направлена на виготовлення МВРС, який забезпечував би виконання свого функціонального призначення. При цьому комплектуючі бралися в кращих виробників. Так, вагони комплектувалися обладнанням виробників різних країн. Наприклад, моторні вагони були обладнані тяговими електродвигунами типу GE-58 фірми Дженерал Електрик (США) [276].

Після революції 1917 року в силу обставин, що склалися, змінилась і концепція розвитку МВРС. Вона була тепер направлена на виробництво рухомого складу в основному з вітчизняних складових. Особливо це було видно починаючи з 30-х років минулого століття.

Після Другої світової війни з створенням соціалістичного табору концепція розвитку МВРС змінилася в бік розширення його виробництва в соціалістичних країнах. При цьому вже його виробництво виконувалось на окремих спеціалізованих заводах.

При набутті Україною незалежності змінювалась і концепція розвитку вітчизняного МВРС. У першому періоді, починаючи з 1991 і по 2000 рр., концепція розвитку вітчизняного рухомого складу, як і всієї промисловості, була направлена на виробництво техніки лише вітчизняним виробником, хоча деякі вузли закуповувались за кордоном. Так був розроблений і випущений перший на території СНД дизель-поїзд ДЕЛ-01 з асинхронним

приводом та універсальний пасажирський трьохдверний вагон типу 1003.

Починаючи з 2001 р. була прийнята друга концепція розвитку рухомого складу, яка змінилася в бік його виробництва з кращих комплектуючих, незалежно від виробника. Так був розроблений і введений в експлуатацію дизель-поїзд ДЕЛ-02 з дизелем фірми MTU (Германія). Були розроблені в Польщі за замовленням залізниць України рейкові автобуси типу РА-620М [9], що склалися з дизеля MTU (Германія), австрійської гідропередачі, чеської системи керування та польського інтер'єру. На даному рухомому складі використовуються вбудовані системи контролю та діагностики, особливо на рейкових автобусах. Але вони в основному виконують функції контролю і ніяк не пов'язані з системою обслуговування та ремонту.

Тому виходячи з раніше зробленого аналізу та отриманого досвіду з використанням експертних методів була запропонована концепція розвитку вітчизняного моторвагонного рухомого складу, яка узагальнює визначення науково - обґрунтованих характеристик і розвиває принципи побудови МВРС з урахуванням умов експлуатації, світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту з урахуванням вбудованих систем діагностики, зниження витрат за весь життєвий цикл, модульного підходу їх компонування та особливостей промисловості і залізниць України.

Для реалізації концепції необхідно розробити моделі та методи визначення характеристик МВРС, удосконалити та розробити технології його виготовлення та контролю технічного стану. Ці заходи дозволять розвинути наукові основи створення та контролю технічного стану нового МВРС для залізниць України.

Реалізувати запропоновану концепцію можна відповідним порядком, який можна навести в такому вигляді:

$$\text{Аконц } \{A1A2A3A4A5A6A7 A8A9A10A11A12A13A14A15Z1\}, \quad (2.1)$$

де А1 - збір та аналіз даних по МВРС виробництва різних компаній;

А2 – вибір методу визначення технічного рівня МВРС;

А3 – визначення технічного рівня та його динаміки для МВРС;

А4 – визначення оптимального технічного рівня на заданий період та розроблення типу нового МВРС;

А5 – отримання залежностей показників МВРС з урахуванням зміни технічного рівня;

А6 - прогноз параметрів для перспективного МВРС;

А7 – оцінення технічного рівня існуючого МВРС системним методом;

А8 – визначення оптимального технічного рівня МВРС з урахуванням вартості його життєвого циклу;

А9 - прогноз та розрахунок параметрів перспективного МВРС з урахуванням вартості його життєвого циклу;

А10 - вибір вузлів та агрегатів для МВРС, які б задовольняли визначений технічний рівень;

А11 – попередній вибір системи ЕТОР і її характеристик;

А12 – виробництво МВРС з врахуванням можливостей виробника МВРС;

А13 – випробування МВРС;

А14 – оброблення експлуатаційних показників роботи МВРС;

A15 – уточнення системи ЕТОР;

Z1 – отримання кінцевих результатів та закінчення роботи.

Перший етап реалізації (A1) розглянутий в першому розділі. В результаті зробленого аналізу було отримано, що кожному поколінню рухомого складу відповідає відповідний тип системи ЕТОР. По масиву характеристик МВРС виробляється або на замовлення залізниць, або за отриманими виробником оптимальними характеристиками.

Питання які необхідно вирішити з другого по восьмий етап розглядаються в працях [15, 328].

Особливий науковий інтерес являє вирішення проблем на 8 – 15 етапах.

З урахуванням робіт [15, 328] розглянемо класифікацію характеристик МВРС. Характеристики, які описують МВРС як засіб транспортної системи, являють масив Р. Їх можна класифікувати на такі групи:

$$P=\{P1;P2; P3; P4;P5\}, \quad (2.2)$$

де P1 – масив технічних характеристик МВРС;

P2 – масив економічних характеристик МВРС;

P3 – масив характеристик надійності МВРС;

P4 – масив експлуатаційних характеристик МВРС;

P5 – масив характеристик, які являють систему обслуговування та ремонту МВРС.

У свою чергу масив P1 являє собою набір показників, які характеризують технічний бік МВРС:

(2.3)

де - потужність силової установки МВРС, кВт;

- вага МВРС, кН;

- осьове навантаження МВРС, кН/вісь;

- сила тяги МВРС, кН;

- довжина МВРС, м;

- висота МВРС, м;

- ширина МВРС, м;

- кількість вагонів у складі МВРС;

- кількість головних вагонів у складі МВРС;

- кількість осей у складі МВРС.

Економічні характеристики можна підрозділити на цінові та питомі, тобто

(2.4)

До цінових відносяться економічні характеристики, які містять цінову складову, тобто

(2.5)

- де
- вартість МВРС, грн;
 - вартість життєвого циклу МВРС, грн;
 - вартість технічного обслуговування та ремонту МВРС, грн;
 - вартість пального для МВРС, грн;
 - вартість екірувальних робіт МВРС, грн.

До умовних відносяться характеристики, які відносно характеризують економічний бік локомотива, тобто:

(2.6)

- де
- час роботи МВРС, год;
 - ефективна витрата палива МВРС, г/кВт год;
 - витрата піску МВРС, кг/км;
 - витрата води МВРС, кг/км.

Масив характеристик надійності на основі [211] можна записати таким чином:

(2.7)

- де Р31 – вектор характеристик безвідмовності МВРС;
 Р32 – вектор характеристик довговічності МВРС;
 Р33 – вектор характеристик збережуваності МВРС;
 Р34 – вектор характеристик ремонтпридатності МВРС;
 Р35 – вектор комплексних характеристик надійності МВРС.
 У свою чергу

(2.8)

- де
- λ - імовірність безвідмовної роботи МВРС;
 - середнє напрацювання до відмови МВРС;
 - середнє напрацювання між відмовами МВРС;
 - гамма-відсоткове напрацювання на відмову МВРС;
 - λ - інтенсивність відмов МВРС;
 - λ - середня інтенсивність відмов МВРС;
 - параметр потоку відмов МВРС;
 - середній параметр потоку відмов МВРС.

(2.9)

де

- середній ресурс МВРС;
- гамма-відсотковий ресурс МВРС;
- середній термін служби МВРС;
- .3 - гамма-відсотковий термін служби МВРС.

(2.10)

де

- .3 - середній термін збережуваності МВРС;
- .3 - гамма-відсотковий термін збережуваності МВРС.

(2.11)

де

- імовірність відновлення МВРС;
- середня тривалість відновлення МВРС;
- гамма-відсоткова тривалість відновлення МВРС;
- інтенсивність відновлення МВРС;
- середня інтенсивність відновлення МВРС;
- середня трудомісткість технічного обслуговування (ремонт) МВРС.

(2.12)

де

- .3 - коефіцієнт готовності МВРС;
- .3 - коефіцієнт неготовності; коефіцієнт простою МВРС;
- .3 - середній коефіцієнт готовності МВРС;
- .3 - стаціонарний коефіцієнт готовності МВРС;
- .3 - коефіцієнт оперативної готовності МВРС;
- .3 - коефіцієнт технічного використання МВРС;
- .3 - коефіцієнт збереження ефективності МВРС.

У свою чергу вектор P_4 являє собою набір показників, які характеризують експлуатаційні показники використання МВРС. Їх можна розділити на кількісні та якісні показники

(2.13)

Вектор P_5 являє собою набір показників, які характеризують систему обслуговування та ремонту МВРС

де p_{51} – показники, що характеризують види ТО, ПР і КР МВРС;

p_{52} – показники, що характеризують кількість ТО, ПР та КР і пробіги між ними для МВРС;

p_{53} – показники, що характеризують види і об'єми робіт на ТО, ПР та КР МВРС.

З іншого боку всі показники МВРС умовно були розділені на три групи: в першу групу увійшли показники, значення яких є детермінованими (габаритні розміри, мінімальний радіус кривих); в другу групу увійшли показники, значення яких є стохастичними, але з відповідним припущенням їх можна вважати на відповідних стадіях детермінованими (вага МВРС, максимальна та розрахункова швидкості); в третю групу увійшли показники, значення яких є, незалежно від етапу експлуатації, стохастичними (потужність силової установки, сила тяги, ціна МВРС, вартість життєвого циклу, строк служби).

В результаті аналізу робіт по прогнозуванню характеристик локомотивів [24, 53, 73, 134, 147, 183, 187, 212, 213, 242, 243, 244] була розроблена класифікація методів та моделей прогнозування характеристик МВРС.

Показники МВРС з урахуванням світового досвіду вагоно- та локомотивобудування більш доцільно визначати з використанням наступних моделей.

Модель прогнозування характеристик МВРС за одиничними показниками.

Для реалізації концепції були розроблені наукові основи по визначенню характеристик МВРС. Пропонується визначити показники МВРС з урахуванням світового досвіду локомотиво- та вагонобудування. Оскільки переважна кількість їх має стохастичний характер, і відповідно їх неможливо розрахувати за відомими формулами, то пропонується наступна модель прогнозування за питомими параметрами. Вона представляє собою допрацьовану модель [15, 16] і полягає в наступному. Спочатку методом таксонів МВРС був розбитий на види: електричний та дизельний. Дизельний МВРС можна класифікувати за критеріями на групи:

- за критерієм вісності: чотири-, восьмивісні і т.д.;
- за критерієм ефективної потужності: до 300 к.с., від 300 к.с. до 600к.с., та більше 600 к.с.;
- за критерієм передачі потужності: з електричною та гідравлічною передачею.

Для цих груп були отримані залежності різних характеристик МВРС від потужності. Невідомі коефіцієнти знаходились з використанням методу найменших квадратів. При цьому були введені обмеження:

Перевірка значущості отриманих залежностей виконувалася з допомогою відомого кореляційного відношення R .

В Українській державній академії залізничного транспорту розроблена модель прогнозування техніко-економічних параметрів рухомого складу та порівняння з

Рис.2.2. Класифікація основних методів прогнозування характеристик маневрових тепловозів за ступенем їх формалізації

урахуванням їх технічного рівня, і відповідний програмний комплекс.

Модель прогнозування характеристик МВРС з урахуванням тенденції зміни технічного рівня.

При наявності необхідної вибірки МВРС єпропонується використовувати модель, яка полягає в наступному. Технічний рівень МВРС можна охарактеризувати наступними векторами:

- вектор характеристик МВРС;

- вектор значень характеристик МВРС;

- вектор вагових коефіцієнтів МВРС;

- вектор імовірності незмінення цього показника у вибраному стані.

Тоді критерій технічного рівня МВРС матиме вигляд

(2.16)

З використанням теорії множин [5, 153, 249] були вибрані показники, які характеризують МВРС у роботі:

(2.17)

Для визначення вагових коефіцієнтів цих показників бажано використовувати експертний метод. Експертами повинні виступали провідні вчені в галузі локомотиво- та вагонобудування і експлуатації МВРС.

При вирішенні багатьох практичних задач часто виявляється, що фактори, що визначають кінцеві результати, не піддаються безпосередньому вимірюванню. Характеристики МВРС мають різну природу і внаслідок цього непорівнянні, тобто в них немає спільного еталону порівняння. Тому встановлення відносної їх значущості необхідно виконувати за допомогою експертів.

Ранжирування характеристик МВРС з визначенням їх вагових коефіцієнтів можна використовувати в наступних ситуаціях:

- 1) при упорядкуванні характеристик в часі;
- 2) при упорядкуванні характеристик у відповідності до відповідної якості, але при цьому не потрібно проводити їх точні вимірювання;
- 3) при неможливості характеристики в теперішній момент бути вимірюваною з причин практичного або теоретичного характеру, хоча, в принципі вона вимірювана.

Точність і надійність процедури ранжирування характеристик в значному ступені залежить від їх кількості. Кількість характеристик n , при цьому не повинна перевищувати 20, а найбільш надійна ця процедура, коли вона знаходиться в межах 7...10.

В якості експертного методу групового оцінення бажано використовувати метод Дельфі [73, 135]. Він являє собою ряд послідовних процедур, які направлені на

формування групової точки зору на проблеми, стосовно яких відчувається недостача інформації.

Процедури, які застосовуються у методі Дельфі, характеризуються наступними основними рисами:

- анонімністю (досягається застосуванням спеціальних питальників);
- зворотним зв'язком, який регулюється (здійснюється за рахунок проведення декількох турів опиту, причому результати кожного туру оброблюються за допомогою статистичних методів і повідомляються експертам);
- груповою відповіддю (дозволяє зменшити статистичний розкид індивідуальних оцінок і отримати групову відповідь, у якій правильно відображена думка кожного експерта).

В основу методу Дельфі покладені наступні передумови [73]:

- поставлені питання повинні припускати можливість вираження відповіді у вигляді числа;
- експерти повинні володіти достатньою інформацією для того, щоб дати оцінку;
- відповідь на кожне питання (оцінка) повинна бути обґрунтована експертом.

Метод Дельфі дозволяє зблизити точки зору експертів при виявленні суджень, які переважають. Хоча незважаючи на зближення оцінок, розбіжність буде існувати і у кінці дослідження.

Вагу характеристик бажано визначати за допомогою методу безпосереднього оцінення, який полягає в розділенні на декілька інтервалів (кожному із яких присвоюється певна оцінка від 0 до 5) діапазону зміни якої-небудь характеристики.

Модель прогнозування характеристик МВРС з використанням нейронних мереж

Вихідними даними моделі є характеристики МВРС, які приймаються детермінованими та відомі методи визначення технічного рівня. Для кожної групи МВРС за вибраними критеріями з використанням нейронних мереж будуються моделі для прогнозування [127]. Для цього задається функція $f(t)$, яка характеризує технічний рівень МВРС в рік побудови у визначеному інтервалі $[t_0, t_1]$, де t_0, t_1 – відповідно початковий та кінцевий моменти часу, в інтервалі якого розглядається технічний рівень МВРС. Прогноз виконується для значення технічного рівня в точці $t > t_1$, тобто в момент часу $(t_1 + \Delta t)$, де Δt - прогнозний період. Для цього будується нейромережа, яка має k_1 входів та k_2 виходів. В якості вхідного вектора взято вектор X , компоненти якого представлені часовим рядом, який подяє значення технічного рівня МВРС на інтервалі часу $[t_0, t_1]$

(2.18)

Основною вимогою до вхідних даних є їх стаціонарність, яка характеризується для часових рядів:

- однойменністю законів їх розподілів, тобто

(2.19)

- несуперечливістю, тобто, щоб набори, які входять до складу як навчальної, так і контрольної вибірки, не суперечили один одному.

Вихідний вектор КТРпрог являє собою множину змінних, яка є підмножиною змінних вхідного сигналу.

Моделювання нейронної мережі можна виконувати в програмному продукті Neural Network Wizard 1.5 фірми "BaseGroup" або любому аналогічному. У вихідні дані вносяться значення зі сформованої раніше бази даних по МВРС. Це рік випуску й відповідний коефіцієнт технічного рівня. Вхідні й вихідні поля задають по автонормалізації. Кількість схованих шарів мережі бажано прийняти 2 по 10 нейронів у кожному. На цьому кроці також необхідно настроїти параметри сигмоїди, так званої функції активації «альфа», яка дорівнює одиниці. Вибірку необхідно розділити «за замовчуванням», тобто в навчальну вибірку необхідно взяти 80% всіх одиниць МВРС, швидкість навчання (крок зміни синаптичних ваг) бажано прийняти 0.1 і задану точність прогнозу, рівну 0.9.

2.2 Типаж моторвагонного рухомого складу для залізниць України

Виходячи з основних положень концепції рухомого складу нового покоління, визначених з урахуванням вимог законодавства, нормативних документів, досягнень науково-технічного прогресу і сучасних світових тенденцій в електротехніці, дизелебудуванні, транспортному і загальному машинобудуванні був розроблений типаж МВРС [16, 49].

В основу типуажу покладений принцип спеціалізації рухомого складу за видами пасажирських і вантажних сполучень, що враховує необхідність забезпечення соціальних і екологічних характеристик при максимальній уніфікації устаткування між різними типами рухомого складу, а також експлуатаційні вимоги вагонного парку й інфраструктури залізниць [16, 49].

2.2.1 Дизель-поїзди

Дизель-поїзди призначені для перевезень пасажирів, в основному на неелектрифікованих ділянках. Передбачається створення двох типів дизель-поїздів: такі, що працюють на відстанях 150 км із довжиною перегонів 4-7 км, і прискорені, для перевезень пасажирів між містами на відстані до 700 км на ділянках зі стійким пасажиропотоком (зупинятися вони будуть тільки на великих станціях). Повинна бути передбачена можливість формування поїздів з різним числом і співвідношенням моторних і причіпних вагонів. Планування салонів і комплектація устаткування будуть обиратися в залежності від класу вагонів і необхідного рівня комфорту. Вагони дизель-поїздів будуть максимально уніфіковані.

Основна модель дизель-поїзда являє собою головний вагон з підвагонним дизель-генератором потужністю не менше 550 кВт, моторний вагон із двома тяговими

асинхронними двигунами, інверторами, комутуючою апаратурою і причіпний вагон [16].

Вимоги до обладнання нових дизель-поїздів

Кузов. Для всіх вагонів дизель-поїздів повинні застосовуватися кузови полегшеної конструкції з використанням корозійно-стійких матеріалів. Кузови всього моторвагонного рухомого складу будуть максимально уніфіковані між собою. Матеріал кузова і габаритні розміри визначають на етапі конструкторського розроблення.

Головні вагони повинні бути обладнані кабінами керування з енергопоглинаючими антиаварійними пристроями. Внутрішні зчіпні пристрої – твердого типу з автоматичним з'єднанням пневматичних магістралей і електричних ланцюгів, зовнішні (на головних вагонах) – напівтвердого типу.

Уніфіковані міжвагонні переходи будуть закритими, що забезпечуватимуть зручний і безпечний перехід пасажирів через поїзд на зупинках і при русі. Міжвагонна перехідна площадка – на одному рівні з підлогою вагона.

Екіпажна частина. Повинні застосовуватися уніфіковані двовісні моторні і немоторні візки, розраховані на максимальні швидкості в експлуатації до 160 км/год. Ресорне підвішування кузовів – двоступінчасте, з безпосередньою опорою на пружні елементи.

Тягова передача – уніфікована, з опорно-рамним підвішуванням тягових двигунів і редукторів.

Гальмове і пневматичне устаткування. Устаткування пневматичних ланцюгів (гальмових і керування) повинно бути уніфікованим із усіма видами рухомого складу. Устаткування пневматичних ланцюгів (гальмових і керування) повинно передбачати автоматичне керування з інтеграцією в комплексну бортову мікропроцесорну систему керування і комплекс діагностичних пристроїв для автоматичного контролю роботи пневматичних ланцюгів. Моторвагонний рухомий склад буде обладнаний різними видами гальм з урахуванням умов його експлуатації, у тому числі і при максимальній швидкості руху.

Тягове електроустаткування. На усіх видах моторвагонного рухомого складу повинні застосовуватися нові асинхронні двигуни із самовентиляцією. Двигуни будуть обладнані датчиками температури обмоток статора. Клас ізоляції силових обмоток тягових двигунів повинний бути не нижче Н.

Переважна елементна база тягових перетворювачів – сучасні напівпровідникові прилади. У конструкції тягових перетворювачів повинна бути забезпечена блокова уніфікація (допускається різне компонування блоків). Система охолодження повітряна або рідинна. Конструктивне виконання – підвагонне.

Система керування тяговим і допоміжним перетворювачами повинна бути мікропроцесорною і блочно уніфікованою. Функціонально вона повинна бути інтегрована в комплексну бортову мікропроцесорну систему керування.

Силові електричні апарати (вимикачі, роз'єднувачі) повинні вибиратися для ланцюгів постійного та змінного струму з уніфікованого ряду за номінальними напругами і струмами. У конструкції комутуючих апаратів повинні використовуватися вакуумні контактні пристрої. Складовою частиною апаратів повинні бути схеми контролю для реалізації комплексу діагностичних функцій. Електричне устаткування, що використовується, повинно відповідати нормативній документації і необхідним вимогам безпеки. Негативний вплив тягового і допоміжного електроустаткування на пристрої СЦБ, зв'язку, радіозв'язку і радіомовлення повинний бути виключений.

Силові установки дизельного рухомого складу. На дизель-поїздах повинні застосовуватися силові установки, що забезпечують економічну витрату палива в широкому діапазоні експлуатаційних режимів.

У конструкції силових установок передбачається регульований наддув, паливна апаратура підвищеного тиску, електронне регулювання частоти обертання колінчатого

вала, потужності двигуна і подачі палива, оптимізація робочого процесу при всіх режимах роботи двигуна.

Кабіна машиніста. Уніфікована кабіна машиніста повинна бути модульної конструкції. Лобова частина кабіни нижче прорізу вікон повинна мати посилювальний пояс для захисту обслуговуючого персоналу при зіткненні рухомого складу. Кабіни машиніста всіх типів локомотивів повинні обладнуватися уніфікованим пультом машиніста, комплексом приладів безпеки, системою керування локомотивом і устаткуванням забезпечення необхідного мікроклімату з установкою кондиціонування повітря. У кабіні повинні бути передбачені звукова і світлова сигналізація про виникнення пожежі на локомотиві, а також засоби пожежогасіння та евакуації.

Ергономіка і параметри внутрішнього середовища в кабіні машиніста повинні задовольняти прогресивним санітарно-гігієнічним вимогам [28, 29].

Система керування і забезпечення безпеки руху. Система керування і забезпечення безпеки руху повинна бути уніфікованою для усіх видів локомотивів і моторвагонного рухомого складу.

Нові локомотиви повинні обладнуватися комплексним локомотивним пристроєм безпеки з цифровим радіоканалом, що забезпечує можливість дистанційного керування локомотивом по радіоканалу в аварійних ситуаціях, а також засобами технологічного радіозв'язку для ведення переговорів і обміну дискретною інформацією з пристроями, що на підлозі.

Повинна застосовуватися уніфікована поїзна шина керування і передачі інформації. Система забезпечення безпеки руху повинна бути багаторівневою і у комплексі із системою керування забезпечувати керування всіма системами локомотива, контроль безпеки руху, автоведення, бортову діагностику, реєстрацію параметрів руху і режимів роботи устаткування локомотивів.

Система керування тяговими і допоміжними перетворювачами повинна бути мікропроцесорною і блочно уніфікованою. Функціонально вона повинна бути інтегрована в комплексну бортову мікропроцесорну систему керування.

Допоміжне устаткування. Повинні використовуватися асинхронні допоміжні електричні машини відповідно уніфікованих для електровозів, тепловозів, електропоїздів і дизель-поїздів потужнісних рядів.

Живлення допоміжних ланцюгів здійснюється від статичного перетворювача. Елементна база – сучасні напівпровідникові прилади. Повинна бути забезпечена блокова уніфікація перетворювачів для локомотивів, моторвагонного рухомого складу і пасажирських вагонів локомотивної тяги (допускається різне компонування блоків).

Система забезпечення мікроклімату і комфорту проїзду пасажирів. Установки мікроклімату в салонах вагонів, кабіні машиніста й інших приміщеннях по можливості максимально уніфікують для всіх типів моторвагонного рухомого складу.

У головних вагонах дизель-поїздів будуть передбачені місця для проїзду інвалідів з обмеженою рухомістю. Ці вагони повинні мати пристрої для швидкого підйому інвалідів у вагон і надійне кріплення інвалідних колясок, спеціальні санвузли великої площі. У залежності від регіону експлуатації і класу вагонів салони можуть бути обладнані системою кондиціонування повітря [16].

2.2.2 Електропоїзди

Основні вимоги до типажу електропоїздів викладені з урахуванням вимог нормативних документів, досягнень науково-технічного прогресу і сучасних світових тенденцій у транспортному і загальному машинобудуванні. При розробленні вимог також розглядалися матеріали, викладені в нормативному документі на типаж МШС РФ [320].

Визначений типажем рухомий склад призначений для заміни вагонів приміських електропоїздів, що відпрацювали встановлений термін служби. Рухомий склад для міських, міжміських і швидкісних перевезень призначений для задоволення попиту на такі види перевезень.

В основу формування типуажу покладений принцип спеціалізації рухомого складу за видами пасажирських сполучень, що враховує необхідність забезпечення соціальних, екологічних і експлуатаційних характеристик, необхідного рівня комфорту в залежності від тривалості поїздки при максимальній уніфікації устаткування між різними типами вагонів, а також експлуатаційні вимоги інфраструктури залізниць.

Передбачається, що доосвоєння виробництва вагонів нового покоління, виготовлення електропоїздів, що випускаються в даний час вітчизняними підприємствами, може бути продовжене за узгодженням з Укрзалізницею на замовлення залізниць.

У типаж включені такі типи рухомого складу (зазначені умовні позначки типів):

- електропоїзд міського сполучення;
- електропоїзд приміського сполучення;
- електропоїзд міжміського сполучення;
- електропоїзд швидкісний.

Електропоїзди міського сполучення. Електропоїзди призначені для забезпечення масових перевезень пасажирів у транспортних системах великих міст на порівняно короткі відстані з короткими перегонами (1,5...3км), з високим прискоренням при розгоні і уповільненні. Максимальна швидкість в експлуатації - 100 км/год [115].

Кількість секцій поїзда в залежності від місцевих умов може змінюватись. Рівень комфорту визначається нетривалим часом поїздки (у середньому 20...30 хв).

Електропоїзди приміського сполучення. Електропоїзди призначені для забезпечення перевезення пасажирів на відстань до 150 км на ділянках із середньою довжиною перегону 3...6 км.

Довжина електропоїзда основної складеності повина бути в межах 200 м. Кількість секцій і моторних осей поїзда в залежності від місцевих умов може змінюватись.

Вагони електропоїздів повинні бути обладнані вхідними автоматичними розсувними дверями і накопичувальними тамбурами з можливістю виходу пасажирів на високі і низькі платформи. У середньому час однієї поїздки може складати від 30 хв до 2 год у залежності від ділянки обертання. У базовому варіанті вагони комплектуються системами опалення і вентиляції. На спеціальне замовлення планування салонів і комплектація устаткуванням (включаючи кондиціонування повітря) вибирається в залежності від класу вагонів для забезпечення необхідного рівня комфорту.

Умови проїзду пасажирів повинні відповідати сучасним санітарним нормам і вимогам.

Електропоїзди міжміського сполучення. Електропоїзди призначені для прискорених перевезень пасажирів між містами із зупинками тільки на великих станціях. Максимальна швидкість в експлуатації — 160 км/год. Для забезпечення високого значення середньої швидкості руху між кінцевими пунктами залишкове прискорення при швидкості 160 км/год повинно бути не нижче 0.1 м/с².

Повинні бути передбачені три основні модифікації електропоїздів місцевого сполучення: постійного струму, змінного струму і двосистемні.

У поїзді повинні бути передбачені місця тільки для сидіння. Складеність поїзда — секційна, число моторних осей у складі поїзда визначається в залежності від місцевих умов. Середній час однієї поїздки може складати від 2 до 6 год. Кондиціонування повітря повинно передбачатися у всіх вагонах електропоїзда.

На електропоїзді передбачається спеціальне гальмове устаткування і системи забезпечення безпеки руху.

Електропоїзди швидкісного сполучення. Електропоїзди призначені для швидкісних перевезень пасажирів між великими містами по спеціально обладнаних лініях зі швидкостями руху до 250 км/год. Через те, що можливо, при здійсненні швидкісного руху, використання існуючих ліній, дані електропоїзди повинні розвивати початкові прискорення, порівнянні з прискореннями приміських поїздів.

Повинно бути передбачено три модифікації швидкісних електропоїздів: постійного струму, змінного струму і двосистемні.

Довжина і матеріал кузова вагонів визначаються за результатами попереднього конструкторського опрацювання. Планування салонів і комплектація устаткування повинні вибиратися в залежності від класу вагонів для забезпечення необхідного рівня комфорту. Кондиціонування повітря повинне передбачатися у всіх вагонах електропоїзда.

На електропоїзді повинно бути встановлене спеціальне гальмове устаткування і системи забезпечення безпеки руху.

Вимоги до устаткування нових електропоїздів. З метою зменшення загальної маси електропоїзда і рівномірного розміщення устаткування по вагонах, конфігурація електропоїзда повинна бути секційною. Для експлуатації електропоїзд формується з декількох базових функціонально завершених секцій. У секцію можуть входити кілька вагонів. Допускається зміна конфігурації секцій. Для збереження працездатності секції електропоїзда при відмовленні одиниці тягового устаткування або відповідного йому допоміжного, електрична частина секції повинна складатися з не менш ніж двох комплектів тягового і допоміжного устаткування. У випадку, якщо застосовується тільки один комплект устаткування, він повинний мати підвищену надійність.

Головні вагони електропоїздів обладнуються кабінами капсульного типу з енергопоглинаючими антиаварійними пристроями. Для електропоїздів міжміського і швидкісного сполучення повинні бути вжиті заходи для зниження величини опору руху. Зчіпні пристрої внутрішні — жорсткого типу з автоматичним з'єднанням пневматичних магістралей і електричних ланцюгів, зовнішні (на головних вагонах) — напівжорсткого типу з контуром зачеплення, сумісним з автозчепленням СА-3.

Міжвагонні переходи повинні забезпечувати зручний і безпечний прохід через поїзд у всіх режимах експлуатації і захист від проникнення пилу і вологи. Підлога перехідного містка міжвагонного переходу повинна бути на одному рівні із підлогою вагона.

Візки електропоїздів повинні бути обладнані антиблокувальною системою гальмування, системою контролю і діагностики [55].

Устаткування пневматичних ланцюгів (гальмових і керування) електропоїздів повинне бути уніфікованим. Електропоїзди повинні бути забезпечені різними видами гальм з урахуванням умов їх експлуатації.

На перспективних електропоїздах повинний застосовуватися асинхронний тяговий електропривод.

У конструкції тягових перетворювачів повинна бути забезпечена блокова уніфікація (допускається різне компонування блоків). Система охолодження повітряна або рідинна на основі води. Основне конструктивне виконання устаткування — у підвагонних ящиках.

У перехідний період, до відпрацювання асинхронного тягового привода на електропоїздах, допускається використання в тяговому приводі двигунів постійного струму з енергозберігаючим електроустаткуванням [41].

Система керування і забезпечення безпеки руху повинна бути багаторівневою і забезпечувати керування всіма системами поїзда. Система повинна бути уніфікована для всіх типів локомотивів і моторвагонного рухомого складу.

Допоміжне устаткування електропоїздів повинне бути уніфіковане. Необхідно передбачити потужніший ряд устаткування.

Система життєзабезпечення пасажирів. Електропоїзди повинні відповідати сучасним санітарно-гігієнічним і ергономічним вимогам, а також сучасним міжнародним вимогам до рівня сервісу і комфорту проїзду пасажирів. Вид і якість послуг, наданих пасажиром, визначається типом поїзда і класністю вагонів. Наявність вагонів підвищеного рівня комфорту (з набором сервісних послуг) передбачається тільки в поїздах, де пасажирові гарантовано надається місце для сидіння. У головних вагонах електропоїздів повинні бути передбачені місця для проїзду інвалідів з обмеженою рухливістю. Ці вагони повинні мати пристрої для швидкого підйому інвалідів у вагон і надійне кріплення інвалідних колясок, спеціальні санвузли більшої площі, пристосовані для користування інвалідами.

У поїздах міжміського сполучення повинні бути передбачені вагони різних класів за рівнем комфорту (різняються шириною, кроком і числом крісел) і наданих послуг (наявність міжміського телефонного зв'язку, Інтернет, аудіо- і відеотрансляція, бар, буфет, і т.п.). У залежності від регіону експлуатації і класності вагони обладнуються системою кондиціонування повітря.

Пристрої системи життєзабезпечення повинні бути, але по можливості максимально уніфіковані для всіх типів електропоїздів [49].

2.3 Типаж моторвагонного рухомого складу виробництва ВАТ "ХК "Луганськтепловоз"

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 з урахуванням сервісного і технічного обслуговування за весь життєвий цикл (рис.2.1) [33].

Рис.2.1. Схеми формування моторвагонного рухомого складу на основі модульної концепції базової конструкції уніфікованого пасажирського вагона

2.4 Прогноз техніко-економічних характеристик перспективного моторвагонного рухомого складу

Вибору типу тягової передачі та привода для моторвагонного рухомого складу і дослідженню їх властивостей приділяється багато уваги [48, 51, 54, 55, 73, 127, 129, 133, 160, 169, 172, 175, 177, 180, 181, 184, 215, 216, 259, 268, 293, 301, 313, 339, 348]. На електропоїздах зі швидкостями до 120 км/год раціонально використовувати передачу постійного струму, а при швидкостях більше 140 км/год перспективною є передача змінного струму з асинхронними електродвигунами. На дизельному рухомому складі використання гідравлічної та електричних передач в основному є рівнозначним.

З використанням відомих та розроблених моделей [16, 49] був зроблений прогноз основних технічних характеристик нового рухомого складу, який наведений в табл.2.1 – 2.3.

Таблиця 2.1

**Характеристики дизельного моторвагонного рухомого складу, що
рекомендуються відповідно до типу**

Умовні позначення серії	ДП1	ДП2	РА
Нова серія	ДЕЛ-02		
Тип передачі потужності	Електрична змінного струму	Електрична змінного струму	Гідравлічна
Ділянка обороту, км, не більш	150	700	50
Основна складеність	ГД+П+ГД	ГД+П+П+П+ГД	ГД
Число рушійних осей	4	4	2
Кількість місць для сидіння в поїзді основної складеності	340	450 (*)	80
Потужність по силовій установці, кВт	2x505	2x1000	2x315
Навантаження від осі на рейки, не більш, кН	150	150	140
Конструкційна швидкість, км/год	130	160	160
Швидкість максимальна в експлуатації, км/год	130	160	140
Прискорення при розгоні до V=30 км/год	0,4	0,6	0,7
Коефіцієнт корисного використання потужності, не менш	0,8	0,82	0,75
ККД у тривалому режимі	0,31	0,35	0,28
Ресурс бандажа до повного зносу, тис. . км.	1.000		
Коефіцієнт готовності, не менш	0,92		
Ціна, млн грн.	14,5	20,0	

(*) – визначається умовами комфорту проїзду пасажирів.

(**) – вартість життєвого циклу розраховується окремо для кожного регіону експлуатації.

Умовні позначення:

ГД – головний вагон з кабіною керування і дизель-генераторною (або гідродинамічною) установкою;

М – моторний вагон;

Г – головний вагон;

П – причіпний вагон;

Т – тягова одиниця без салону для пасажирів.

Таблиця 2.2

**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.	Двосистем. з асинхр. привод.

Таблиця 2.3

Рекомендовані характеристики електричного МВРС

Типи електропоїздів	Міського сполучення (умовні позначки)		Приміського сполучення		Міжміського сполучення (умовні позначки)			Швидк-го сполучення (ум. позн.)
	E1	E2	Модифікація ЕПЛ2Т	Модифікація ЕПЛ9Т	E3	E4	E5	E6
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Замінні серії електропоїздів	-		EP2T	EP9T	ЕПЛ2Т, EP2T,	ЕПЛ9Т, EP9T	-	-
Експлуатаційні показники								
Рід струму, номінальна напруга на струмоприймачі	Постій- ний 3 кВ	Змінний 25 кВ, 50 Гц	Постійний 3 кВ	Змінний 25 кВ, 50 Гц	Постійний 3 кВ	Змінний 25 кВ, 50 Гц	Постійний 3 кВ і змінний 25 кВ 50 Гц	
Максимальна швидкість в експлуатації, км/год	100		120		160			250
Середнє прискорення до 60 км/год	не менш 0.9		0.7 ... 0.8		0.7 ... 0.8			0.7 ... 0.8
Середня зуповільнення з 80 км/год	не менш 0.9		0.7 ... 0.8		0.7 ... 0.8			0.7 ... 0.8
Залишкове прискорення на максимальній швидкості, м/с ² , не менш	0,05		0,05		0.1			0.05
Розрахункова довжина перегону, км	1,5 ... 3,0		3 ... 6		20...40*			40...100*
Вид електричного гальмування	Рекуперативно – реостатне							
Діапазон робочих температур	- 40 °С ... + 40 °С							
Масо - габаритні показники								
Довжина вагона, м	20...25		20...25		25			25
Довжина основного складу, м	100		200		200			200

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
бЧ7и8сло вхідних дверей для пасажирів на один бік вагона	3		2 ÷ 3		2			2
Ширина дверного прорізу, мм	не менш 980		не менш 980		980			980
Навантаження від колісної пари на рейки при максимальній населеності, кН, не більш	200		200		180			170
Діаметр нового колеса по колу катання, мм	950 (1050)		950(1050)		950			950
Комфорт проїзду пасажирів								
Число місць для сидіння на 1 м довжини електропоїзда, не менш	2,5		3,5...4...4		2(уточнюється при визначенні умов комфорту проїзду пасажирів)			
Безпека життя і здоров'я	Забезпечення сучасних санітарно-гігієнічних і ергономічних вимог							
Санвузли	Екологічно чисті туалети й умивальники в кожній секції				Екологічно чисті туалети й умивальники в кожному вагоні			
Проїзд інвалідів	У головних вагонах місця і туалети для інвалідів на колясках							
Сервісні послуги	Монітори для інформації пасажирів				Монітори для інформації пасажирів. Міжміський телефон, аудіо- і відеотрансляція. Бари, буфети,			
Ціна основного складу, млн грн.	7...10	7...10	15...18	15...18	20...25	20...25	20...30	40,0
Життєвий цикл, р	20	20	30...35	30...35	40...45	40...45	40...45	50

* Уточнюються в процесі розроблення рухомого складу.

2.5 Підхід до створення й удосконалення МВРС, як нової продукції для промисловості України

На Україні МВРС до 1993р. не випускався, тому локомотивобудівельні заводи не мають досвіду роботи з даною продукцією. В даний момент вони виступають як науково-конструкторські виробничі об'єднання, які виконують весь цикл створення МВРС від наукових досліджень до проектування, виробництва, випробувань і впровадження в серійне виробництво без наявності спеціалізованих НДІ, конструкторських бюро та наукового заділу.

При цьому потенціальні можливості локомотивобудівельної промисловості України для виробництва МВРС використовуються ще не повністю, так як багато питань створення та їх розвитку в даний момент часто вирішуються на емпіричному рівні, без достатніх наукових обґрунтувань та розрахунків. Виконавці, які відповідають за організацію виробництва МВРС, потребують сьогодні науково обґрунтованих методів оцінення та оптимізації якості функціонування усієї сукупності систем, що беруть участь в його дослідженні, проектуванні, виготовленні. Робіт по функціонуванню даних систем достатньо, але що стосується їх роботи в сукупності - мало, тобто при наявності наукового заділу проблема опису, оцінення, моделювання та оптимізації якості функціонування будівельного підприємства по виробництву МВРС як людино-машинної системи на даний момент не достатньо вирішена.

В останні роки проходить інтенсивний процес формування нових принципів та підходів до вирішення проблеми оцінення оптимізації якості процесів управління, які відрізняються від традиційних методів дослідження, про що свідчить аналіз існуючих методів оцінення ефективності складних організаційних систем [5, 15, 273].

Це є результатом розвитку нових напрямків сучасної науки і техніки, розроблення нових наукових методів аналізу з використанням сучасних інформаційних технологій. На даний момент домінуючого значення в розробленні проблем теорії управління процесами створення нового МВРС набули системний аналіз, дослідження операцій, економіко-математичні методи, логістика та ін. При цьому, незважаючи на існуючі розбіжності і багатоманітність підходів до вирішення проблем управління, характерним для усіх є впровадження методів і апарату точних наук.

Це потребує розроблення такого математичного методу, який був би застосований до широкого кола процесів від проектування до виробництва МВРС. Опис, оцінення і оптимізацію якості процесів функціонування будівельної промисловості МВРС необхідно виконувати з використанням апарату функціональних ланцюжків. Він дозволяє урахувати як цілеспрямований характер людино-машинних систем, так і стохастичність процесів від проектування до виробництва через помилки при розробленні конструкторської та технологічної документації, організаційних та

структурних відмов суб'єктів праці, знарядь праці і предметів праці, а також дефектів виготовлюваних МВРС, через помилки в діях людини. В основу функціональних ланцюжків формалізовані представлення процесів від наукових досліджень до процесів виготовлення нових МВРС. Вони відповідають логіко-часовим закономірностям організаційно-керуючої та технологічно-виконавчої діяльності спеціалістів і підрозділів виробництва МВРС, так як базуються на сучасних системах нормативно-технічної документації, які відображають реально існуючу організацію діяльності підрозділів і усього процесу від досліджень до серійного виробництва.

Кількісні показники оцінки якості процесів функціонування підприємств по виробництву МВРС являють масив :

$$\{T, R_{вих}, S_{жц}\}, \quad (2.20)$$

де T - час, який іде на розроблення і організацію виробництва нової продукції, (час виконання процесу "наукові дослідження – серійне виробництво");

R_b - надійність (імовірність безпомилкового виконання) цього процесу "наукові дослідження – серійне виробництво ";

$S_{жц}$ - витрати (загальні витрати), які були на протязі усього процесу "наукові дослідження – серійне виробництво ".

Серед усіх факторів, які впливають на ефективність процесу "наукові дослідження – серійне виробництво", велику роль відіграють показники фактору часу, тобто економія часу і скорочення тривалості цього циклу. Прискорення строків впровадження нових розробок у виробництво в кінцевому рахунку є економією матеріальних, фінансових і трудових витрат. Скорочення тривалості процесу "наукові дослідження – серійне виробництво" викликано задачами інтенсифікації економії і витратами, які використовуються у сфері науки і виробництва, які повинні себе окупувати. При цьому тривалість даного процесу, який протікає в рамках науково-конструкторського виробничого об'єднання, складається із часу виконання етапів:

- час на розроблення наукової проблеми,
- час на розроблення конструкції МВРС,
- час на технологічну підготовку виробництва МВРС;
- час на виробництво дослідної партії,
- витрат часу на "з'єднаннях" цих етапів, які пов'язані з організаційними недоліками системи.

Час виконання повного циклу "наукові дослідження – серійне виробництво" розраховується за формулою

$$.3 \quad , \quad (2.21)$$

де $T_{ПЦ}$ – час виконання повного циклу, год;

T_{Pi} – час виконання робіт i -го етапу, год;

$T_{пері}$ – тривалість часу між i -м та $i+1$ -м етапом, год.

Досвід робіт науково-конструкторських виробничих об'єднань показує, що в ряді випадків тривалість процесу від наукових досліджень до серійного виробництва затягується і перевищує запланований час розроблення і освоєння виробництва любого нового рухомого складу [5, 15, 273]. Значна тривалість часу процесу від наукових досліджень до виробництва визначається не тільки тривалістю процесу, але і затримками при переході розроблення із однієї стадії в іншу. Вони особливо значні при переході розроблення із галузі науки в галузь дослідного виробництва. Несвоєчасне дослідження нового МВРС збільшує час і витрати процесу "наукові дослідження – серійне виробництво", зменшує очікуваний ефект у сфері експлуатації.

Збільшення тривалості даного процесу, з однієї сторони збільшує витрати і зменшує його ефективність, але з іншої – внаслідок несвоєчасного освоєння і серійного виробництва нового виробу - зменшує очікуваний ефект у сфері експлуатації.

Правильно зроблений аналіз і розрахунки часу виконання етапів процесу "наукові дослідження – серійне виробництво" [5, 316] дозволяє уникнути витрат часу, раціонально розподілити ресурс часу за стадіями та етапами, забезпечити вибір варіанта виконання комплексу робіт з оптимальними витратами часу.

Представляє інтерес фактор надійності. В процесі розроблення і освоєння виробництва нового МВРС беруть участь колективи людей і технічні засоби – будинки, обладнання, інструмент, матеріали, напів фабрикати, комплектуючі вироби і т.д., тому особливе значення при цьому відіграє фактор надійності виконання ними своїх завдань. Як відомо, технічні засоби без людини – це мертвий капітал, і поки вони не будуть приведені в рух, виробництво буде зазнавати збитків. Усі ці засоби, які будуть правильно приведені в рух людиною, можуть забезпечити досягнення поставленої перед системою мети. При цьому ефективне досягнення мети складною людино-технічною системою залежить не тільки від надійності технічних засобів, а і від надійності людей. Як показує досвід роботи, якість робіт, які виконуються в даному об'єднанні, і особливо в його науково-дослідних і проектно-конструкторських підрозділах, в першу чергу залежить від надійності функціонування людей, які безпосередньо беруть участь в процесі створення нової техніки.

Зроблено цілий ряд фундаментальних досліджень та розроблено ряд нормативних документів, які присвячені питанням кількісного оцінення надійності технічних засобів. Користуючись методами розрахунків, викладених в працях [7, 65, 67, 75, 81, 84, 114, 150, 151, 198-200, 261, 272, 284, 305, 330], практично можна розраховувати надійність усіх технічних засобів, які використовуються в процесі створення нового РС, в тому числі і МВРС. Разом з тим, питанню дослідження надійності функціонування людей приділено набагато менше уваги. Хоча праця людей, які зайняті створенням нових виробів, є інтелектуальною працею і залежить від наступних основних

чинників:

- кваліфікації,
- знань,
- досвіду роботи,
- уміння,
- зусиль робітника та ін.

Ці чинники в цілому характеризують малу надійність розробників, яка при цьому є. Вона може бути спричинена неякісним, помилковим виконанням робіт на різних етапах усього циклу, приводить до затягування процесу створення, освоєння виробництва нового МВРС. В цьому випадку виникає необхідність визначення етапу, де була допущена помилка, і його виконання заново і доопрацювання, на що витрачається деякий час. При низькій надійності системи або окремих її елементів витрати часу на доопрацювання і повторне виконання окремих робіт будуть суттєво збільшувати витрати і тривалість процесу створення і освоєння нової продукції. У зв'язку з цим виникає об'єктивна необхідність визначення часу виконання заданої роботи з урахуванням надійності виконавця. Поряд з цим мала надійність розробників не забезпечує виконання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт на сучасному науково-технічному рівні. В ряді випадків вперше створені одиниці рухомого складу через погані технічні характеристики і неконкурентноспоможність з кращими вітчизняними та закордонними зразками мають обмежений строк експлуатації і малу економічну ефективність від використання. Все це є результатом помилок, які допущені в процесі проектування та виробництва. Це наглядно видно на створенні дизель-поїзду ДЕЛ-01, а іменно по створеній силовій установці та перетворювачу передачі. Крім того, цей РС має малу експлуатаційну надійність і його не ефективно використовувати в експлуатації.

Даний аналіз показує, що фактор надійності як людей, так і технічних засобів повинен стати обов'язковим критерієм при оцінці ефективності процесу від конструкторських досліджень до серійного виробництва. За основну кількісну характеристику надійності процесу, етапу, стадії і робочої операції необхідно обирати імовірність їх безпомилкового виконання. Для цього необхідно вміти оцінити діяльність людини як якісно, так і кількісно. До останнього часу в теорії і практиці оцінення діяльності людини не використовувались які-небудь якісні методи вимірювання, що підтверджує проведений аналіз. Разом з тим оцінити діяльність людини в складних людино-технічних системах можливо з використанням функціонально-структурної теорії [5, 7].

Представляє інтерес фактор витрат. Виходячи із вимог об'єктивних економічних законів важливою характеристикою будь-якого процесу є досягнення заданої мети при мінімальних трудових, матеріальних і фінансових витратах. У зв'язку з цим обов'язковою умовою ефективного виконання процесу від конструкторських досліджень до виробництва перших зразків, а потім і серійного виробництва, є скорочення витрат, зв'язаних із

науковими дослідженнями, проектними роботами та освоєнням нової техніки . Повні витрати, віднесені на виконання процесу виробництва нового МВРС, розраховуються за формулою

$$B_{\Pi} = B_{\text{нд}} + B_{\text{ркд}} + B_{\text{тпв}} + B_{\text{в}}, \quad (2.22)$$

де $B_{\text{нд}}$ - підсумкові витрати на етапі наукових досліджень, грн;

$B_{\text{ркд}}$ – витрати на розроблення конструкції МВРС, грн;

$B_{\text{тпв}}$ – витрати на технологічну підготовку виробництва, грн;

$B_{\text{дв}}$ – витрати на виробництво МВРС, грн.

Також повні витрати можна представити у вигляді підсумкових витрат, які включають витрати на оплату праці наукових співробітників, матеріальні ресурси, витрати на утримування основних фондів, наукові відрядження, адміністративно-керівничі та накладні витрати та ін.

$$, \quad (2.23)$$

де i – етапи процесу від наукових досліджень до виробництва;

j – витрати на i -тому етапі, грн.

Визначення повних витрат, зроблених при виконанні процесів від досліджень до виробництва, практично не являє собою важкої задачі, оскільки існуюча система обліку витрат в об'єднанні дозволяє визначити обсяг усіх видів ресурсних витрат по кожній роботі. Основні методи розрахунку витрат, пов'язані із виконанням науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, викладені у роботах [5, 273, 316]. Наведенні методи дозволяють визначити витрати, зроблені на етапах процесу від наукових досліджень до виробництва з відповідною вірогідністю.

При розробленні і освоєнні нового рухомого складу в ряді випадків вводяться обмеження щодо фінансових, трудових і матеріальних ресурсів, тобто максимально допустимі значення повних витрат не повинні перевищувати максимально допустимого обсягу ресурсів, які виділяються для цієї мети. Обмеження щодо витрат потребує раціонального ведення процесу від наукових досліджень до серійного виробництва. Фактор витрат безпосередньо або побічно наявний в усіх видах економічних розрахунків і є визнаним критерієм ефективності. Аналіз процесу, який розглядається показує, що усі три розглянутих критерії якості промислового підприємства (час T , надійність P_b і витрати B) взаємопов'язані. Збільшення часу виконання циклу, як правило, веде до більшої кількості витрат у галузі розроблення, виробництва і експлуатації. Мала надійність процесу від досліджень до виробництва приводить до збільшення часу і витрат процесу створення і освоєння нових МВРС.

У системі взаємопов'язаних критеріїв "час-надійність-витрати" при їх формалізації можна оптимізувати деяку цільову функцію при обмеженнях, які накладаються на поведінку системи.

Можна виділити наступні процеси створення і освоєння нового МВРС:

- розроблення наукової проблеми (розроблення технічних вимог),
- розроблення конструкції МВРС (технічного завдання та технічного проекту),

- розроблення технології виробництва, обладнання та інструменту, норм витрат матеріалів та норм часу,
- розроблення та затвердження ціни на МВРС,
- забезпечення виробництва матеріалами, комплектуючими виробами та інструментом,
- виготовлення технологічної оснастки, інструменту, засобів механізації і автоматизації виробництва,
- навчання та підготовку кадрів,
- виготовлення деталей та вузлів МВРС,
- складання, випробування МВРС
- серійне виробництво МВРС.

Виділені етапи можна згрупувати в основні групи етапів: науково-технічні дослідження і створення науково-технічної документації --- виробництво --- випробування --- ерійне виробництво. Даний процес розглядається як система, яка переходить із одного стану в інший при виконанні конкретного етапу робіт, при цьому процес створення нового МВРС закінчується при переході системи в кінцевий стан. Перехід із одного стану в інший має стохастичний характер і проходить за конкретним імовірним законом з відповідними характеристиками.

При оптимізації якості процесів функціонування промислового підприємства, в рамках якого існує процес виробництва нового МВРС, виникає ряд постановок задач, які дозволяють оцінити його діяльність з точки зору тривалості виконання процесу, імовірності безпомилкового його виконання та прибутку.

Виходячи з попередніх досліджень виділяються три класи задач: максимізація середнього прибутку з урахуванням обмежень на імовірність безпомилковості і часу R_pT , максимізація імовірності безпомилковості з урахуванням обмежень на середній прибуток і час PBT , мінімізація часу виконання процесу з урахуванням обмежень на середній прибуток і безпомилковість TrT , а також розглядаються інші їх модифікації. Ці задачі класифікуються з точки зору того, що приймається за функцію оптимізації: прибуток (B), імовірність безпомилкового виконання (P_b) або середній час виконання процесу (T). В такому викладі ці задачі є задачами керованого марківського процесу спеціального виду [5].

Із трьох типів задач в теперішній час найбільш актуальною є задача визначення середнього прибутку PBT ., розв'язувати яку пропонується з використанням алгоритму Ховарда. Він заключається у визначенні на кожному кроці множин можливо допустимих стратегій, кожна із яких збільшує сумарний середній прибуток.

На основі запропонованого підходу серед можливо допустимих стратегій обирається та, при якій виконуються умови задачі. Отримана таким чином стратегія береться в якості допустимої і до неї знову застосовується даний алгоритм. Процес продовжується до знаходження оптимальної стратегії [5, 122] або відсутності допустимих стратегій.

Розглянемо математичний запис даної моделі. Припустимо, що

стратегія f є допустимою, тобто при заданому f виконується умова і
 \dots , і нехай її перехідна матриця має вигляд

(2.24)

Зауважимо, що так як перестановкою рядків і колонок можна привести будь-яку перехідну матрицю з k поглинаючими станами, то в подальшому будемо вважати, що перехідні матриці, які розглядаються, мають вигляд даної матриці. Модель розв'язання розробленого методу можна подати в такому вигляді

.3

(2.25)

Етап 1.

1.1 Вибираємо

де S - множина допустимих стратегій.

Відмітимо, що S - множина усіх стратегій (оператор $A1$).

1.2 Згідно зі стратегією f визначаємо

1.3 Методом оберненої матриці (малий крок) визначимо Pf_i (оператор $P2$).

1.4 Якщо Pf_i , то f – допустима стратегія, переходимо до пункту 2.1 (оператор $A3$).

1.5 Формуємо

де S_i - множина допустимих стратегій на кроці (оператор $A6$).

1.6 Якщо множина S_i не пусто, тобто

то переходимо до пункту 1.1 (оператор A_1).

1.7 Якщо \mathbf{p} - не нульова стратегія, то переходимо до пункту 4.3 (оператор A_{14}).

Етап 2.

2.1 Розв'язуємо систему лінійних рівнянь

Нехай вектор \mathbf{p} - розв'язання ваги цієї системи (оператор A_3).
Визначимо

де π - прибуток при допустимій стратегії \mathbf{p} .

2.2 Якщо $\pi < 0$ (оператор P_4), то переходимо до пункту 1.5.

2.3

Етап 3.

3.1 Визначимо множину тих \mathbf{p} , для яких

3.2. Згідно з 3.1 формуємо множину допустимих стратегій по прибутку π .

3.3. Якщо множина \mathbf{p} пусто, тобто $\mathbf{p} = \emptyset$, то \mathbf{p}^* - оптимальна стратегія.

Етап 4.

4.1. Формуємо \mathbf{p}^* (оператор A_{12}).

Тут \mathbf{p}^* - множина недопустимих стратегій, які були виявлені за перші k кроків.

4.2 Якщо множина \mathbf{p}^* не пусто, тобто $\mathbf{p}^* \neq \emptyset$ (оператор P_{13}), то переходимо до пункту 1.1.

4.3 Згідно з 3.1 формуємо \mathbf{p}^* - множину недопустимих (по прибутку) стратегій, кожна з яких задовольняє умову (оператор A_{14})

.3

4.4 Формуємо (оператор A_{14})

4.5 Формуємо

.3 .

4.6 Якщо пусто (оператор P15), тобто , то - оптимальна стратегія (оператор Z11).

4.7 Якщо , переходимо до пункту 1.1, допустивши, що (оператор A16).

Справедлива наступна теорема. Припустимо, що стратегія визначена методом припущень. Тоді ця стратегія є оптимальною стаціонарною стратегією , при цьому прибуток

2.6 Висновки по другому розділу

За результатами проведеної роботи в другому розділі можна зробити такі висновки:

1. Зроблений аналіз еволюції розвитку моторвагонного рухомого складу та концепцій при його створенні та виробництві.
2. 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 умов експлуатації, світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту, модульного підходу їх компонування та особливостей промисловості і залізниць України, що дозволить знизити витрати за весь життєвий цикл.
3. 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.
4. При оцінці рівня наукового промислового підприємства з виробництва нового МВРС основними критеріями для оцінення якості процесів створення нового МВРС є фактори часу, надійності і витрат на всіх етапах від наукових досліджень до серійного виробництва.

Розділ 3

Наукові основи визначення оптимальних параметрів моторвагонного рухомого складу

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.

3.1 Загальна постановка задачі визначення раціональних параметрів моторвагонного рухомого складу

Вихідними даними моделі є:

- класи вагонів;

- масив вимог до даного класу вагонів;

- початкові розміри вагона.

Обмеженнями при цьому виступають:

а) габарити рухомого складу та міцність конструкції, O_a [219, 220].

, (3.1)

де - навантаження в рамі вагона;

- згинальний момент рами;

- прогин рами;

- навантаження від вітру;

- доцентрова сила;

- зусилля в стержнях ферми.

При цьому до рами вагона:

, (3.2)

, (3.3)

, (3.4)

де - статичне навантаження, кН;

- коефіцієнт динаміки;

- статичний прогин ресорного підвішування, мм;

- найбільша допустима швидкість в кривій, м/с;
 R – радіус кривої, м.
 Згинальний момент та прогин рами, які розраховуються відповідно:

$$, \quad (3.5)$$

$$. \quad (3.6)$$

При цьому до кузова:

навантаження від вітру: ,

доцентрова сила: ,

де ω – інтенсивність тиску вітру, ;

- підвищення зовнішньої рейки, мм;

- маса кузова, кг;

2s – відстань між опорними точками коліс, мм.

Зусилля в стержнях ферми X1, X2, ..., Xn

$$, \quad (3.7)$$

б) санітарно-екологічні та норми пожежебезпеки [45, 64, 214, 221, 257]

$$, \quad (3.8)$$

де - допустима довжина поверхні, м;

- кількість , яка виділяється одним пасажиром за годину, мЗ;

- потужність, яка витрачається на опалення, кВт;

- температура в приміщенні, 0С;

- температура навколишнього середовища, 0С;

- висота, на якій виконуються заміри, м;

- рівень шуму;

p – вимірювальний звуковий тиск;

- звуковий тиск на порозі слуху;

- де
- витрати по вагона за весь життєвий цикл, кН;
 - вага вагона, кН;
 - різниця осьових навантажень, кН.

Цільова функція являє собою витрати по вагону за весь життєвий цикл, які повинні бути мінімальні:

. (3.15)

Для покращення динамічних якостей вага вагона повинна

. (3.16)

При розрахунках також повинні враховуватися сили, що виникають при взаємодії колеса і рейки під час руху МВРС [1, 12, 35, 66, 68, 101, 104, 117, 168, 285, 286, 290, 320, 327, 344].

3.2 Визначення раціональних параметрів нового моторвагонного рухомого складу

При науковому обґрунтуванні розрахунків основних характеристик нових головних та причіпних вагонів за умов забезпечення підвищеної комфортності необхідно визначити:

- розміри вагона (а, в, с);
- розміри всередині салону ();
- розміри вікон та їх кількість ();
- розміри дверей та їх кількість ();
- характеристики нагрівальних елементів (Nnagr), кондиціонера (Ncond) та ін.

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:

, де \mathbf{m} - m -вимірний вектор конструктивних та (або) фізичних змінних, α_{ij} – ціле число, k та α_I - 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 [57,195,197]. В результаті розрахунків були отримані об'єми приміщень та їх маси [16, 49, 251], які наведені в табл.3.1, 3.2.

Таблиця 3.1

Об'єми приміщень по вагонах електропоїздів ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т та дизель-поїзда ДЕЛ-02

Вид приміщення	Внутрішні розміри, мм	Об'єм, м3	Примітки
Салони	9220x3260x2370	73	
Тамбури крайні	1448x3200x2160	10	
Тамбури середні	1760x3200x2160	12	
Туалет	1530x1140x2160	3,8	
Купе провідника	1530x1140x2160	3,8	
Передній салон	6120x3260x2300	46	Лише для ДЕЛ-02
Передній тамбур	2480x3300x2050	14,8	Лише для ДЕЛ-02

Таблиця 3.2

Маса вагонів дизель- і електропоїздів

Вид рухомого складу	Маса, кг	
	прогнозна	дійсна
Головний вагон ЕПЛ2Т	17805	17882
Моторний вагон ЕПЛ2Т	18350	18303
Причіпний вагон ЕПЛ2Т	17401	17410
Головний вагон ЕПЛ9Т	17503	17592
Моторний вагон ЕПЛ9Т	18821	18879
Причіпний вагон ЕПЛ9Т	17638	17660
Головний (моторний) ДЕЛ-02	20051	20140
Причіпний ДЕЛ-02	17401	17470

3.3 Комплекс моделей по визначенню показників складових моторвагонного рухомого складу

Характеристики складових МВРС визначаються у відповідності до діючих нормативних документів та правил розрахунків. Але у зв'язку з використанням на новому рухомому складі електронних засобів та пристроїв, сучасних інформаційних технологій, нових матеріалів та ув'язання їх з засобами контролю та діагностики при виконанні ТОР виникла задача визначення нових наукових методів та підходів до їх розрахунку. Так, потребують особливих підходів моделі та методи визначення раціональних параметрів насосів, які необхідно використовувати в системі опалення кабін машиністів, ємностей для палива і піску та ін.

Для основних складових вузлів моторвагонного рухомого складу були розроблені моделі визначення їх раціональних параметрів.

3.3.1 Модель визначення раціональних параметрів колеса відцентрового насоса

Підтримання комфортних параметрів в кабіні і вагонах дизельного рухомого складу пропонується за рахунок використання водяної системи опалення з пристроєм гідродинамічного нагрівання [24, 131, 165, 183].

На основі математичної моделі роботи лопаточного колеса відцентрового насоса та проведеного двофакторного математичного дослідження визначені оптимальні відношення між кутами та радіусами входу та виходу лопатки, що дозволило забезпечити максимальну потужність насоса.

Створення сучасного рухомого складу залізниць і, зокрема, підтримання комфортних параметрів мікроклімату кабін та салонів транспортних засобів потребує пошуку нових рішень, які дозволять забезпечити потрібні параметри та позбавитись від недоліків існуючих конструкцій.

Застосування водяної системи опалення з приладом гідродинамічного нагрівання, який забезпечує активну дисипацію гідродинамічної енергії потоку рідини, дозволяє ліквідувати ряд недоліків, властивих існуючим конструкціям, а саме:

- * електро- та пожежобезпека;
- * необхідність використання котельного обладнання;
- * суттєвий температурний перегрів поверхні нагрівачів та огорожень.

Розроблення пристрою гідродинамічного нагрівання для рухомого складу залізниць означає мінімізацію габаритних параметрів при реалізації необхідної теплової потужності.

З одного боку, це приводить до необхідності розгляду гідродинамічних і потужнісних характеристик рідинних нагнітачів [15, 24, 213] з метою визначення їх зон працездатності і можливості реалізації максимальної потужності. Аналіз показує, що при відносно невеликих габаритних розмірах реалізація високих напір-витратних параметрів і, відповідно, потужності, характерна для відцентрових насосів.

З іншого боку, широкий діапазон варіювання геометричних параметрів елементів відцентрових насосів вимагає додаткових досліджень з метою визначення їх впливу на потужнісні характеристики.

На підставі теорії лопаткового колеса [24,131], яка забезпечує визначення теоретичного напору при певній витраті рідини, доповненої втратами напору в елементах насоса, отримана математична модель, що дозволяє оцінити вплив геометричних параметрів лопаткового колеса насоса на його потужність.

Напір лопаткового колеса, що визначається за схемою нескінченного числа лопаток, розраховується відповідно до (3.1).

$$, \tag{3.17}$$

де H_T – теоретичний напір колеса;

- поправочний коефіцієнт, що враховує кінцеву кількість лопаток;

- статичний момент середньої лінії лопатки;

- коефіцієнт, що враховує геометрію лопатки;

$r_{вх}$ $r_{вих}$ - радіус вхідної та вихідної кромки лопатки, відповідно;

- кути входу та виходу лопатки колеса, відповідно.

Теоретичний напір колеса визначається як

$$, \quad (3.18)$$

де σ - теоретичний коефіцієнт напору;

- колова швидкість потоку на виході з лопатки;

- колова складова абсолютної швидкості;

- площа колеса у вихідному перерізі;

- коефіцієнт ускладнення потоку;

- товщина лопатки в циліндричному перерізі;

n – частота обертання колеса;

Q – об'ємна витрата рідини;

$b_{вих}$ – глибина міжлопаткового каналу у вихідному перерізі;

Z - кількість лопаток в колесі;

ρ – щільність рідини, г/см³.

Статичний напір колеса визначається як

$$. \quad (3.19)$$

Виходячи з (3.18) та (3.19) динамічний напір склав:

$$. \quad (3.20)$$

Втрати напору в насосі визначалися відповідно до таких залежностей:

$$, \quad (3.21)$$

$$, \quad (3.22)$$

$$, \quad (3.23)$$

де $S_1 S_2$ - коефіцієнти місцевих опорів [24] для входу потоку з вхідного колектора в колесо та для спірального корпусу, відповідно, при характерних перерізах f_0 і f_{CT} ;

$S_3 S_4 S_5 S_6$ - коефіцієнти місцевих опорів [24] для дифузornoї ділянки, конфузornoї ділянки, повороту міжлопаткового каналу та кута атаки при вході, відповідно, при характерних перерізах $f_{вх}$, f_{12} . Потужність на валу насоса визначається як

$$(3.24)$$

Дійсний напір та ККД відцентрового колеса:

$$, \quad (3.25)$$

$$. \quad (3.26)$$

Аналіз математичної моделі дозволить визначити фактори впливу на потужнісні характеристики для колеса відцентрового насоса, а саме: кут входу лопатки $\beta_{вх}$, кут виходу лопатки $\beta_{вих}$, радіус входу $r_{вх}$ та радіус виходу $r_{вих}$. З метою визначення впливу перерахованих параметрів на гідродинамічні характеристики проведений числовий дослід, за допомогою якого визначалась потужність насоса у вигляді функції двох змінних (геометричних параметрів колеса насоса). При проведенні дослідження фактори впливу змінювались у межах, які представлені в табл.3.3.

Таблиця 3.3

Назва параметру	Позначення	Значення
кут входу лопатки	$\beta_{вх}$	75 ± 15 град
кут виходу лопатки	$\beta_{вих}$	160 ± 20 град
радіус входу	$r_{вх}$	35 ± 15 мм
радіус виходу	$r_{вих}$	80 ± 10 мм

$$N_{вн} = a_0 + a_1 x_{вх} + a_2 x_{вих} + a_1 x_{вх} + a_2 x_{вих} + a_1 x_{вх} + a_2 x_{вих}, \quad (3.27)$$

$$N_{вн} = a_0 + a_1 z_{вих} + a_2 z_{вх} + a_1 z_{вих} + a_2 z_{вих} + a_1 z_{вих} + a_2 z_{вих}, \quad (3.28)$$

де $N_{вн}$ - потужність відцентрового насоса при $H_{ст}=0$;

$\beta_{вх}$ – коефіцієнт кута входу лопатки $\beta_{вх}$;

$\beta_{вих}$ - коефіцієнт кута виходу лопатки $\beta_{вих}$;

$z_{вх}$ - коефіцієнт вхідного радіуса колеса;

$z_{вих}$ - коефіцієнт вихідного радіуса колеса;

$a_j, a_{j,k}$ – невідомі коефіцієнти рівняння.

Відповідно до матриці планування [167] числового досліду проведено розрахункові дослідження, результати яких наведені рівнянням апроксимації (3.27, 3.28)

$$N_{вн}=3626,67-48,33\beta_{вх}-1007,5\beta_{вих}-49\beta_{вх}\beta_{вих}-2356\beta_{вх}\beta_{вих} \quad (3.29)$$

На підставі поданої аналітичної залежності визначаються значення оптимальних кутів входу і виходу лопатки відцентрового колеса як сума часткових похідних, прирівняних до нуля, за змінними рівняння (3.29)

$$\quad (3.30)$$

В результаті розв'язання рівняння отримано значення коефіцієнтів кутів входу і виходу лопатки, а саме: $\beta_{вх}\beta_{вих}$ отримаємо такі оптимальні значення кутів: $\beta_{вх}^\circ, \beta_{вих} = 155,72^\circ$.

Відповідно до отриманих раціональних геометричних параметрів кутів входу і виходу колеса насоса і проведені аналогічні розрахункові дослідження. Отримана апроксимуюча залежність для радіусів входу і виходу лопатки.

$$N_{вн}=10982+4871.5z_1+6678.33z_2-3058z_1z_2+2106z_1z_2+5514.5z_1z_2. \quad (3.31)$$

Аналіз даної залежності дозволяє відзначити, що спостерігається локальний максимум при дотриманні умови

$$\quad (3.32)$$

В результаті розрахунків та перетворень була отримана залежність, яка забезпечує максимум потужності насоса

$$R_{вх}R_{вих} = 61,29. \quad (3.33)$$

Проведений комплекс досліджень дозволив визначити, що в пристроях гідродинамічного нагрівання використання відцентрових насосів є переважним зважаючи на якнайкращу відповідність їх характеристик можливості реалізації гідродинамічного нагрівання.

Розроблення математичної моделі і проведення математичного експерименту дозволили визначити оптимальні геометричні параметри колеса відцентрового насоса. Враховуючи складність процесів, що проходять в елементах конструкції насоса, отримані результати вимагають експериментальної перевірки і при необхідності коректування математичної моделі [24, 50, 53, 60, 131, 165].

3.3.2 Модель визначення раціональних параметрів ємностей для палива і піску

Для виготовлення кузовів, паливних баків, пісочниць та інших ємностей з урахуванням їх міцності, вартості та раціональних параметрів являють інтерес удосконалені методи визначення раціональних геометричних розмірів та розкроювання матеріалів з використанням геометричного та лінійного програмування.

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

$$, \quad (3.34)$$

де Π – об'єм екіпіровочного матеріалу, м³;
 c – вартість перевезення в обидва боки, грн/км;
 D – вартість матеріалу 1м², який іде на виготовлення днища, грн/м²;
 b – вартість матеріалу 1м², який іде на виготовлення стінок, грн/м²;
 x_i – геометричні параметри ємності, м.

Витрати на одну поїздку запишуться у вигляді \dots , а ціна матеріалів -

Цільова функція поставленої задачі матиме вигляд:

$$\dots \quad \text{при } x_1 > 0, \dots, x_n > 1, g_i(x_1, \dots, x_n) \leq a_i, \quad i = 1 \dots n. \quad (3.35)$$

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

$$\dots \quad (3.36)$$

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.

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.

З використанням розроблених моделей були також розраховані, удосконалені або запропоновані нові вузли МВРС [52, 118, 194, 218, 222, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236, 237, 238, 241, 242, 244, 246, 248, 249, 250, 252, 253, 254, 255, 267].

3.3.3 Модель раціонального розкрою матеріалів при виготовленні складових рухомого складу

Одною з нових галузей вітчизняного транспортного машинобудування стало освоєння та виробництво сучасного моторвагонного рухомого складу МВРС «ХК Луганськтепловоз». Це викликало необхідність наукового обґрунтування багатьох інженерних задач, в тому числі розкрою матеріалів при виготовленні корпусів вагонів, їх інтер'єру, підлог, стель, меблів та іншого обладнання [142].

В загальному вигляді задача раціонального розкроювання матеріалів запишеться так:

q_{ij} – число заготовок з партії i , які заплановано розкромити j -м способом;
 a_i - кількість одиниць заготовок.

Загальна кількість заготовок S , яку можна отримати за планом

розкроювання $\sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot x_j$ дорівнює S . Цю кількість заготовок

можна використовувати для складання такого числа комплектів:

Загальна кількість E повних комплектів заготовок дорівнює найменшому з отриманих вище чисел, тобто

$$E = \min \left\{ \sum_{i=1}^m \frac{a_i}{\sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot x_j} \right\} \quad (3.37)$$

Для визначення E необхідно максимізувати відповідним вибором план розкрою Q . Обмеження задачі розбиваються на дві групи:

1) напівфабрикат, що надійшов на підприємство, повинен використовуватися

повністю: $\sum_{j=1}^n q_{ij} \cdot x_j = a_i$;

2) кількість розкроюваних одиниць напівфабрикату по кожному з способів

повинна бути невід'ємною:

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

$$; \quad (3.38)$$

$$; \quad (3.39)$$

$$. \quad (3.40)$$

Приклад розрахунку оптимального розкрою за розробленою моделлю наведений в додатку В.

3.4 Розрахунок електропередачі

На початку 70-х років знову повернулися до електропередачі, і останнім часом усе більше закордонних фірм працюють над створенням локомотивів і дизель-поїздів з електропередачею [16, 116].

Тепер, поряд з дизель-поїздами фірм, що давно спеціалізуються на випуску дизель-поїздів з електропередачами: британськими (Соутерндизель-електрик), голандсько-швейцарськими (ТЕЕ), румунськими, норвезькими (двовагонними секціями ВМ/В392), успішно експлуатуються комфортабельні німецькі дизель-поїзди VT/VS2E, DE-1C-20000 з електропередачею змінного струму.

Слід зазначити, що переваги гідравлічної передачі, які наводяться в літературі, у порівнянні з електричною відносяться до того періоду, коли в електричній передачі застосовувалися тільки колекторні тягові електродвигуни, що мають, як відомо, істотні недоліки в порівнянні з асинхронними тяговими двигунами. Але навіть тоді підкреслювалося [16], що електрична передача за багатьма показниками переважала гідравлічну (додаток Д).

Щоб дати більш глибоку й об'єктивну відповідь на питання переваг і недоліків різних типів передач було проведено всебічний аналіз характеристик цих передач, починаючи з головного: як вони забезпечують потрібну раціональну тягову характеристику поїзда, для чого вони, власне, і призначені [8, 101, 136, 138, 140].

Відомо, що тягова характеристика дизель-поїзда являє залежність сили тяги на ободі колеса (дотичної сили тяги) F_k від швидкості руху V , $F_k(V)$.

Тягова характеристика має такі обмеження: за зчепленням коліс з рейками, потужністю силової установки і конструкційною швидкістю.

При русі поїзда зі швидкостями від 0 до V_1 дотична сила тяги не повинна перевищувати силу зчеплення коліс з рейками, у протилежному випадку порушення зчеплення веде до боксування. Щоб уникнути цього, в цьому діапазоні швидкостей повинна виконуватись умова [212, 266]

(3.41)

де $P_{сц}$ – зчіпна маса поїзда, т;

$\Psi_{кг}$ – розрахунковий коефіцієнт зчеплення, що становить для дизель-поїзда залежність [16],

(3.42)

У діапазоні швидкостей від V_1 до V_{max} тягова характеристика поїзда має обмеження за потужністю силової установки, причому цю обмежену потужність необхідно використовувати цілком у всьому робочому діапазоні зміни швидкості руху. Це може бути виконано тільки за умови

(3.43)

що являє собою рівняння гіперболи. Іншими словами, для забезпечення повного використання потужності тягова характеристика в цьому діапазоні швидкостей повинна максимально наближатися до гіперболічного вигляду.

Що стосується максимальної (конструкційної) швидкості руху V_{max} , то вона обмежується міцністю екіпажної частини й умовами безпеки руху. Звичайно для магістральних тепловозів і дизель-поїздів у діапазоні швидкостей від V_1 до V_{max} швидкість і сила тяги змінюється в 4-5 разів.

Реалізація такої тягової характеристики можлива тільки при такій передачі потужності, що найкраще здійснить пристосування характеристик дизеля до умов тяги завдяки безступеневій автоматичній зміні передаточного числа.

Розглянемо тепер, як же ці два основних типи передач потужності – електрична і гідравлічна – забезпечують виконання умов раціональної тягової характеристики.

Для оцінення тягових властивостей електропередачі з АТД необхідно установити найбільш ефективні закони регулювання режимів роботи АТД, що впливають з оптимального закону частотного керування АТД, сформульованого академіком М. П. Костенко,

(3.44)

де U_1 і $U_{1ном}$ - відповідно поточні і номінальне значення фазної напруги, В;

f_1 і $f_{1ном}$ - те ж частоти струму статора, Гц;

M і $M_{ном}$ - те ж обертового моменту АТ [263],
або ж після складних перетворень

(3.45)

де V і $V_{ном}$, F і $F_{ном}$ - поточні і номінальні значення швидкостей руху і значення сил тяги

При цьому величина крутильного моменту на валу АТД із достатньою точністю визначається залежністю

(3.46)

де f_2 - частота струму або абсолютне ковзання ротора, Гц;

R_2 - активний опір ротора, Ом.

Величини дотичної сили тяги і швидкості розраховуються за формулами:

(3.47)

(3.48)

де β - коефіцієнт, що враховує витрати потужності на допоміжні потреби;

N_e - потужність дизель-поїзда, к.с.

η_g - ККД тягового генератора;

$\eta_{атд}$ - ККД перетворювача (випрямної установки й інвертора);

$\eta_{атд}$ - ККД асинхронного тягового двигуна;

$n_{атд}$ - частота обертання асинхронного тягового двигуна, об/хв;

t - кількість тягових електродвигунів дизель-поїзда.

Тоді дотична сила тяги і швидкість дорівнюють

(3.49)

де μ - передаточне число тягового редуктора;

$\eta_{тр}$ - ККД тягового редуктора;

D_k - діаметр колеса, м.

З робіт [16, 133, 176, 201, 260, 263] видно, що момент, що крутить, на валу АТД, а разом з ним дотична сила тяги і швидкість дизель-поїзда не залежать від характеристики дизеля, а залежать від потужності й електричних параметрів генератора й АТД, тому їхню величину можна змінювати шляхом регулювання рівня і частоти фазної напруги U_i . Якщо врахувати при цьому, що економічність роботи дизеля при зниженій потужності визначається характером залежності моменту опору генератора $M_g = f(n)$, що у свою чергу залежить від магнітного потоку, обумовленого завантаженням тягових електродвигунів, то автоматичним регулюванням електричних параметрів АТД і генератора в залежності від кутової швидкості можна забезпечити роботу будь-якого дизеля з найбільшою

економічністю у всьому діапазоні робочих швидкостей.

З оптимального закону частотного керування і залежності обертового моменту АТД впливає, що тягова характеристика дизель-поїзда в діапазоні швидкостей від 0 до V_1 , обмежена зчепленням коліс з рейками, може бути реалізована електричною передачею з АТД у режимі пуску шляхом регулювання фазної напруги пропорційно

швидкості руху до

або пропорційно частоті живильної напруги, тобто

при постійному і мінімальному абсолютному ковзанні f_2 і, отже, мінімальних втратах в АТД.

Таким чином, у дизель-поїздах з електропередачею з АТД сила тяги при зрушенні з місця і розгоні може автоматично підтримуватися постійною, що збільшує прискорення і поліпшує динаміку розгону поїзда. А проти можливого боксування при поганих умовах зчеплення можуть бути прийняті ефективні заходи.

Для забезпечення гіперболічної тягової характеристики в діапазоні швидкостей від V_1 до V_{max} у режимі постійної потужності досить при $U=const$ магнітний потік

змінювати по гіперболі , тому що $U = C \cdot f_1 \cdot \Phi$, для чого необхідно величину абсолютного ковзання f_2 (частоту струму в роторі) змінювати пропорційно частоті струму статора f_1 , а величину струму зберігати постійною, $I_2=const$, тому що $M = \Phi \cdot I_2$.

На тепловозі ТЕ120 таке регулювання здійснене в діапазоні швидкостей від V_2 до V_{max} (рис.3.1).

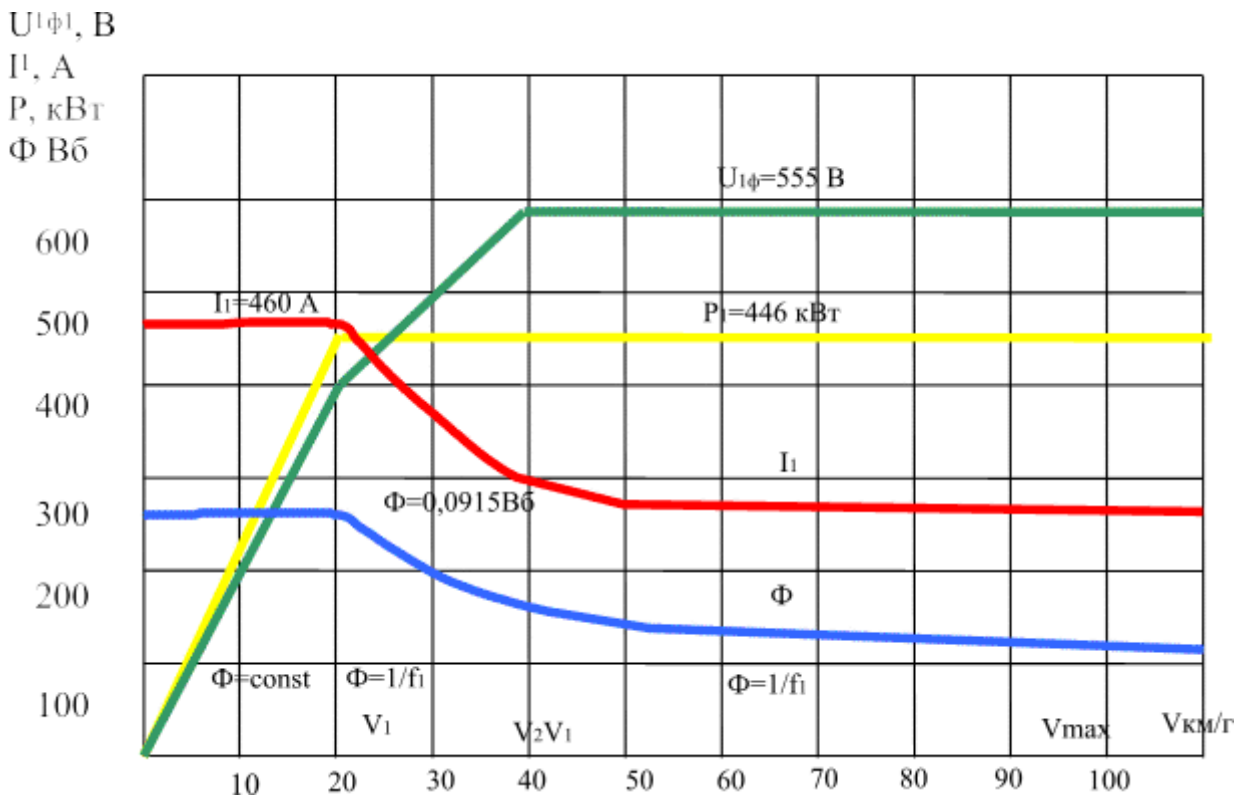


Рис. 3.1. Характеристики тягового електродвигуна ЕД900

В діапазоні швидкостей від V_1 до V_2 для забезпечення умови фазна напруга U_1 змінюється пропорційно , при цьому магнітний потік необхідно змінити за законом

або, що те ж саме, за законом

Виконання таких умов регулювання донедавна не уявлялося можливим, але в даний час розвиток статичних напівпровідникових перетворювачів дозволяє успішно вирішувати цю задачу.

Отримана в такий спосіб тягова характеристика має незначні відхилення від ідеальної гіперболічної кривої постійної потужності, що залежить від зміни ККД тягового генератора й електродвигуна, тобто ККД електричної передачі в робочому діапазоні швидкостей.

Таким чином, електрична передача з АТД із короткозамкненим ротором при частотному регулюванні АТД забезпечує потрібну граничну тягову характеристику у всьому діапазоні регулювання при мінімальних втратах у тягових двигунах і економічній роботі дизеля у всьому діапазоні швидкостей, плавно без будь-яких перемикачів [16, 133, 160, 263].

Застосування АТД в електропередачі дизель-поїзда дозволяє не тільки усунути недоліки колекторних тягових двигунів і значно розширити тим самим переваги електричної передачі, але і звести до мінімуму основні переваги гідропередачі. Наприклад , за загальними розмірами і вагою тепловози і дизель-поїзди з гідропередачею мало відрізняються від тепловозів і дизель-поїздів з електропередачею з АТД, маса яких може бути значно знижена як за рахунок відсутності колектора й обмоток додаткових полюсів і компенсаційної, так і за рахунок зниження маси остова двигуна, що не є магнітопроводом, міцність якого може бути забезпечена вибором матеріалу і застосуванням ребер жорсткості.

Крім того, застосування групового живлення АТД, при якому частота і напруга для двигунів одного візка однакові, дозволяє використовувати задану жорсткість тягової характеристики АТД при постійній частоті струму статора, що забезпечує кращі протибуксовочні властивості, тому що при порушенні зчеплення колеса з рейкою частота обертання двигуна і зв'язана з ним швидкість ковзання колеса (від якої залежить коефіцієнт зчеплення) незначно змінюються, що виключає можливість розносного боксування і дозволяє реалізувати граничні за умовами зчеплення сили тяги. А можливість перерозподілу електричного навантаження АТД у залежності від діаметра колеса і статичного навантаження від осі на рейку, як при зрушенні з місця, так і при русі, підвищує коефіцієнт використання зчепної маси дизель-поїзда, що в поєднанні з жорсткими характеристиками АТД забезпечує кращі тягові властивості, ніж навіть мономоторного привода, тому що різниця діаметрів бандажів колісних пар при мономоторному приводі збільшує опір рухові, а реалізована при цьому сумарна сила тяги по колісних парах менше, ніж у приводі з АТД.

Зниження вартості електричної передачі з АТД за рахунок значного скорочення витрати кольорового металу, ізоляції й електротехнічної сталі, реалізація великих потужностей і крутних моментів, компактність, надійність у роботі і простота в експлуатації зводять до мінімуму переваги гідропередачі і за цими показниками.

У випадку застосування гідропередачі (при роботі на гідротрансформаторі) дотична сила тяги на ободі колеса дизель-поїзда визначається залежністю [78 ,165]

де M_d , - крутний момент на валові дизеля, $\text{кг}^*\text{м}$;

i_p - передаточне число підвищувальної передачі;
 $i_{\text{мех}}$ - передаточне число зубчастих коліс від турбінного колеса до коліс дизель-поїзда;
 $i_{\text{гт}}$ - передаточне число гідротрансформатора;
 z - число пар зубчастих коліс, що знаходяться в зачепленні;

- ККД циліндричної зубчатої передачі;

- ККД конічної зубчатої пари;

$\eta_{\text{гт}}$ - ККД гідротрансформатора;

D_k - діаметр колеса, м .

При цьому швидкість дизель-поїзда дорівнює

(3.51)

де p_d - частота обертання вала дизеля, об/хв.

Крім того, між моментами і кутовими швидкостями дизеля і насосного колеса встановлюється залежність

(3.52)

де η_d - ККД підвищувальної передачі.

Як видно з [78] тягової характеристики дизель-поїзда з гідро передачею, $f_{\text{кг}}=f(V)$ залежить як від характеристики дизеля (M_d , p_d), так і від характеристики

гідротрансформатора ().

При цьому економічність роботи дизеля при номінальній потужності так само, як і в електропередачі, визначається залежністю моменту опору, тільки вже гідропередачі, від кутової швидкості, що для відцентрових насосів дорівнює

$M_n = k_n \cdot n^2$, (3.53)

де k_n - коефіцієнт пропорційності.

Отже, економічна робота дизеля з гідропередачею в цьому випадку можлива, якщо характеристики насосного колеса проходять через зону найбільшої економічності дизеля.

Іншими словами, робота дизеля з гідропередачею визначається характеристикою насосного колеса, як показує досвід, гідро передачу важко навантажувати з різними характеристиками дизеля по витраті палива. Тому при однаковій потужності витрата палива при гідравлічній передачі виявляється на 11% більше, ніж при електричній.

На рис. 3.2 наведена зовнішня характеристика одноступінчатого гідротрансформатора, що являє залежність відносної величини крутного моменту на

валові турбіни і ККД гідротрансформатора від відносної кутової швидкості

турбіни при постійному крутному моменті M_n і кутовій швидкості насосного колеса.

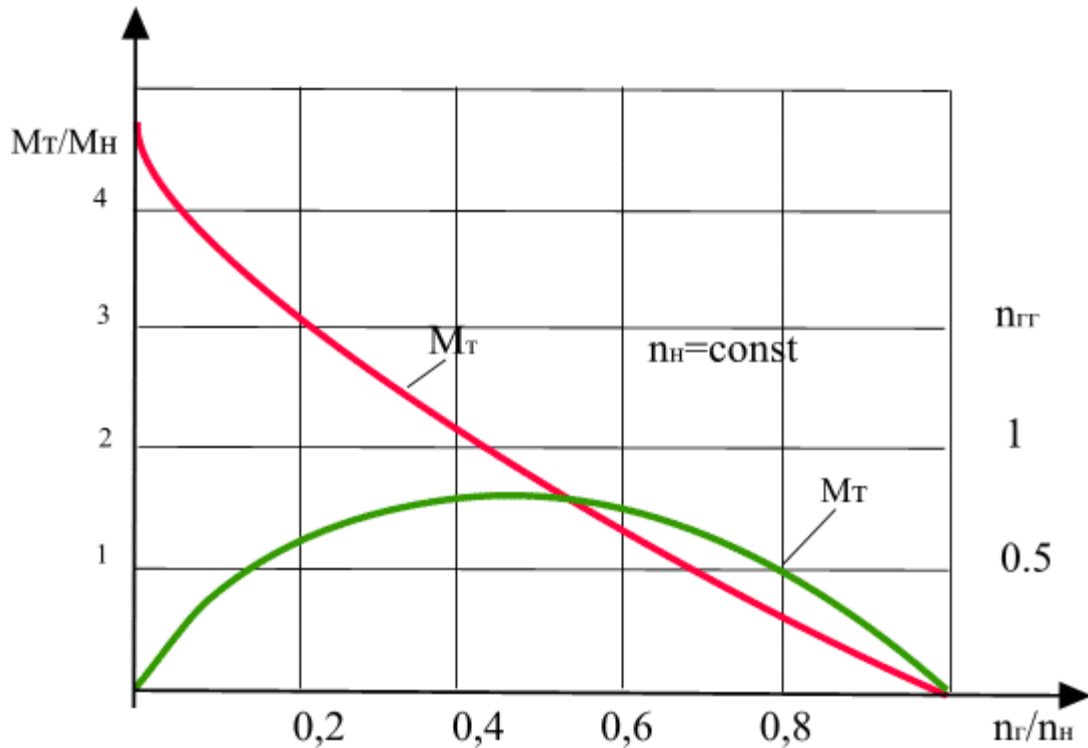


Рис. 3.2. Зовнішня характеристика одноступінчатого гідротрансформатора при постійній кутовій швидкості насосного колеса n_n

На рис. 3.3 для порівняння наведена тягова характеристика дизель-поїзда з гідравлічною передачею ДР 1 М (із двома гідротрансформаторами) і очікувана тягова характеристика проектованого на ХК «Луганськтепловоз» дизель-поїзда з електропередачею з АТД, приведена до потужності дизель-поїзда ДР1М (1000к.с.) при однаковій потужності на допоміжні потреби, а також криві ККД електричної і гідравлічної передач цих дизель-поїздів.

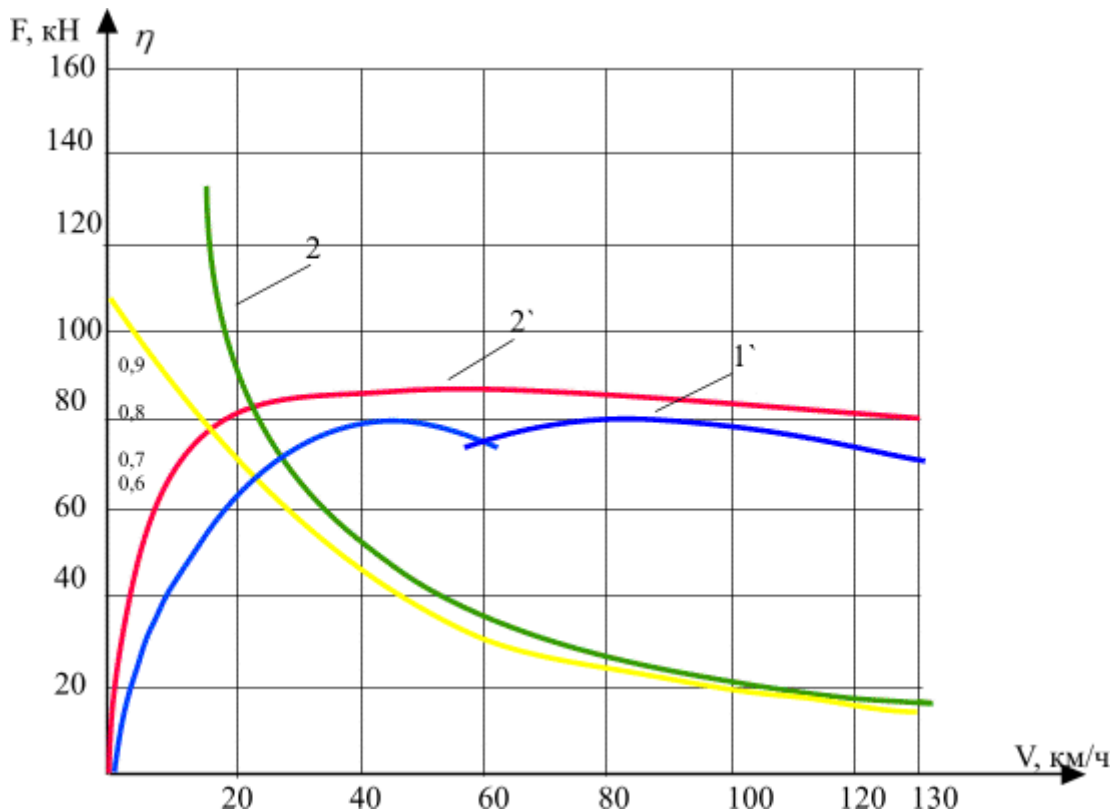


Рис. 3.3. Тягові характеристики і ККД передачі дизель-поїздів

1,1'' - характеристики дизель-поїзда ДР 1 П;

2,2'' - характеристики дизель-поїзда з асинхронним приводом.

З характеристик (рис. 3.2, 3.3) видно, що гідравлічна передача може економічно використовуватися тільки в обмеженому діапазоні швидкостей, де задовільні значення ККД гідротрансформатора. Тому, для реалізації необхідної кратності зміни сил тяги і швидкості руху застосовується кілька гідротрансформаторів, що вмикаються послідовно, у залежності від швидкості руху, у нашому прикладі на дизель-поїзді ДР1М - два гідротрансформатори.

Для забезпечення роботи гідротрансформаторів по можливості в області найбільших ККД їхнє переключення, як правило, здійснюється в точці перетину кривих ККД гідротрансформаторів шляхом спустошення одного і наповнення іншого, що не дозволяє керувати передачею так, щоб потужність дизеля залишалася постійною, як при електропередачі.

У процесі перемикання, що триває мінімум 4 с, відбувається спочатку короткочасне зниження потужності дизеля до 25%, а потім швидко підвищення потужності до 1,25 від номінальної, тобто відбувається швидка зміна короткочасних розвантажень і перевантажень.

Це позначається на тяговій характеристиці у вигляді неминучих уступів і падіння кривої ККД.

Крім того, при зрушенні з місця і розгоні дизель-поїзда ККД гідропередачі залишається низьким, тому що велика частина потужності дизеля припадає на втрати в гідротрансформаторі. Це пояснюється тим, що при зрушенні з місця і розгоні, як правило, потрібна велика сила тяги, що визначається при гідропередачі крутним моментом на турбінному колесі M_t , що залежить від переданої потужності й оборотів турбінного колеса: чим більше потужність і менше обороти, тим більший момент.

Таким чином, щоб забезпечити максимальну силу тяги при зрушенні з місця дизель-поїзда з гідро передачею, необхідно число оборотів дизеля довести до максимальних, при

цьому різко збільшується ковзання і втрати в гідротрансформаторі. Тому, на відміну від електропередачі взагалі, а з асинхронним приводом особливо, при гідравлічній передачі неможливо при розгоні поїзда підтримати постійною силу тяги, що розвивається при зрушенні з місця, навпаки, вона на початку розгону різко падає внаслідок підвищених втрат на малих швидкостях, що значно погіршує розгінні характеристики поїзда з досить відчутною втратою часу на розгін [322].

3.3.4 Вибір силової установки дизель-поїзда

Дизель-поїзди виконують значний обсяг залізничних пасажирських перевезень, головним чином у внутрішньорегіональних сполученнях і в сполученнях з пересадочними станціями магістральних ліній. Початок застосування дизельних двигунів для тяги моторвагонних поїздів відноситься до 1924 р., коли німецька фірма Maybach Motorenbau, попередниця нинішньої фірми MTU, установила на моторний вагон дизель потужністю 150 к.с.

До дизелів моторвагонного рухомого складу в Європі пред'являються строгі вимоги щодо вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах.

В Європі встановлені такі норми вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах г/кВт: CO₂ – 4; CH – 1,1; NO – 7; часток сажі – 0,15. У ході приведення у відповідність до зазначених вимог розроблювачі натрапили на численні фізико-хімічні проблеми. Так, є протиріччя між зниженням вмісту NO і часток сажі. Зменшення однієї з цих складових спричиняє збільшення інших і навпаки. Таке протиріччя виникає між наявністю NO у вихлопі і витратою палива, а також між питомою витратою палива і рівнем шуму двигуна. Відповідно до законів фізики, двигун, який настроєний на мінімальну витрату палива за рахунок високого тиску упорскування і короткого часу згоряння, генерує високий рівень шуму, що неприпустимо для серійного рухомого складу, особливо в пасажирському сполученні [16].

Наприклад, компанія MAN, як правило, вирішує проблеми з зазначеними протиріччями за рахунок змін у самому дизелі. Зовнішнім заходам, таким як установлення фільтрів для уловлювання часток сажі або каталізаторів, відводиться другорядна роль. Фірма MAN провела ряд удосконалювань камери згоряння, що дозволило значно зменшити вміст NO у вихлопі і знизити рівень шуму при згорянні палива. Тиск упорскування був підвищений до 1500 бар, що в сполученні з використанням форсунок зі збільшеним числом отворів дозволяє поліпшити розпилення палива і підвищити точність регулювання моменту упорскування. Принциповим нововведенням, реалізованим на двигунах фірми MAN, було установлення електронної системи регулювання упорскування в залежності від режиму руху, температури палива, тиску наддува. Комп'ютер задає паливному насосові параметри упорскування.

Таблиця 3.4

Параметри дизелів MAN		
Тип дизеля	Потужність, кВт	Номінальна частота обертання
D 2866 LNE	300	2100
D 2842 LE 601	735	2300
D 2842 LE 602	588	2100
D 2842 LE 603	500	2100

Фірма MTU робить для дизель-поїздів дизель типу 183 у шести- і дванадцятициліндровому виконанні потужнісного ряду від 160 до 500 кВт. Найбільша

монтажна висота (від 660мм до 880мм при горизонтальному рядному розташуванні шести - або V-подібному розташуванні 12 циліндрів) дозволяє розміщати їх під кузовом вагона. Природно, що при такому розташуванні дизеля необхідно вживати заходів для захисту його від впливу різних експлуатаційних факторів, таких, як забруднення, волога, зледеніння, удари часток щебеню, динамічні навантаження. Дизельні двигуни MTU у сполученні із сучасною електронною системою регулювання можуть забезпечити мінімальну витрату палива у всьому діапазоні частот обертання, при цьому робочий ресурс до капітального ремонту складає, як мінімум, 18 тис. год.

Базовою моделлю вітчизняних дизелів для дизель-поїзда був обраний серійний дизель типу 6ТД, призначений для транспортних машин спеціального призначення.

З метою збільшення ресурсу дизеля в складі потяга в базовій моделі було проведено ряд змін і удосконалень:

- зменшено повну (максимальну) потужність на 20%;
- знижено максимальну частоту обертання при повній потужності на 21,5% (максимальна швидкість поршня при цьому знижена на 21,5%);
- теплонапруженість циліндро-поршневої групи в режимі повної потужності знижена в 1,5 рази [159].

Дефорсований варіант дизеля виготовляється з тих же матеріалів і за тією ж технологією, що і базовий, серійний форсований дизель. Серійний дизель 6ТД спеціального призначення має достатні запаси міцності і зносостійкості і його вузли, у тому числі базові (блок, колінчатий і кулачковий вали, головна передача, циліндро-поршнева група) витримують у межах призначеного ресурсу навантаження (теплові, силові, динамічні, вібраційні, ударні, пилові) у звичайних і в екстремальних умовах експлуатації в кілька разів більше, ніж це може мати місце при експлуатації дизель-поїзда.

До особливостей роботи дизель-поїздів на залізницях України відноситься робота на низькому і середньому навантажувальному і швидкісному режимах, особливі умови до розгону і руху по перегону. При експлуатації дизель-поїзди піддаються впливу значних змінних навантажень. Такі зміни навантаження висувають високі вимоги до економічності, надійності і довговічності агрегатів і вузлів енергетичної установки. Проведений УкрДАЗТ аналіз роботи дизель-поїздів на окремих ділянках показав, що значний час дизель працює на низьких і середніх позиціях з першої по дев'яту. Результати розподілу часу роботи дизель-поїзда на різних ділянках обертання наведені на рис. 3.4 [16].

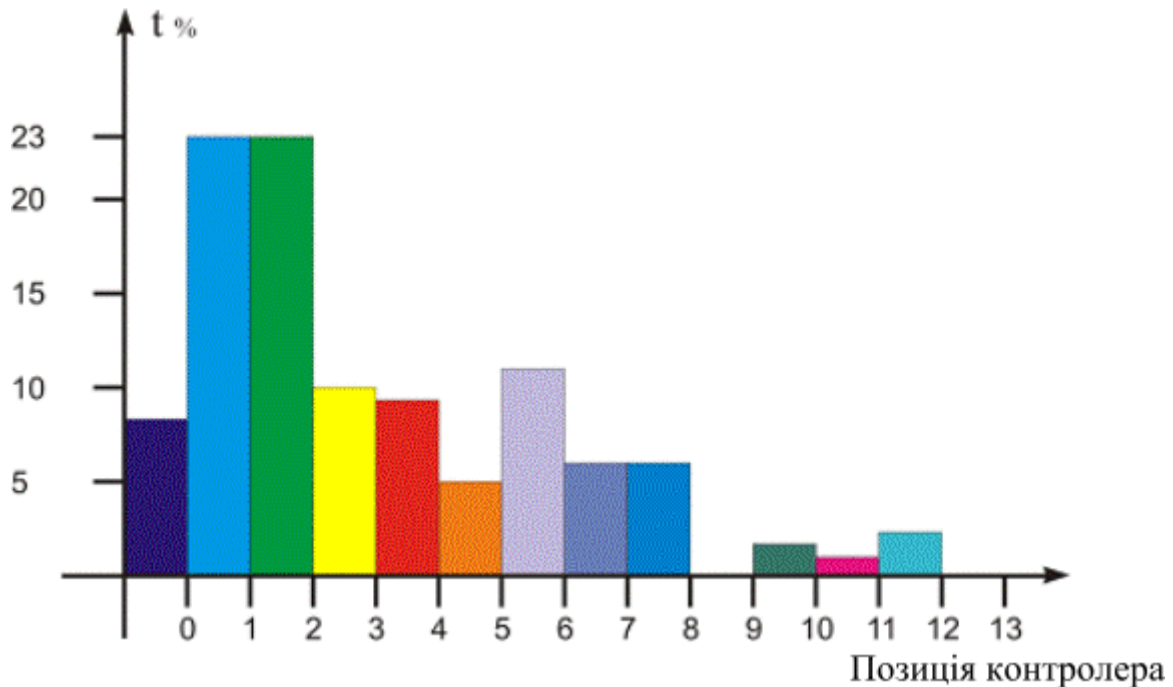


Рис. 3.4. Розподіл часу роботи дизель-поїзда на позиціях контролера на ділянці Гребінка-Полтава

Однією з основних вимог до силових установок дизель-поїздів є мінімальні значення маси і габарити, що дозволяє максимально використовувати площу моторних вагонів для розміщення пасажирів.

Тому вибір дизеля необхідно виконувати з урахуванням його технічного рівня, ціни придбання і вартості обслуговування в експлуатації, системи керування ним, тобто за критерієм

(3.54)

де C_{dizi} – коефіцієнт технічного рівня i -го дизеля;

CD_{dizi} – ціна i -го дизеля;

$CTOP_{dizi}$ – вартість обслуговування, ремонту та витрат в експлуатації i -го дизеля;

$PKER_{dizi}$ – параметри системи управління i -го дизеля.

За даною критерієм з використанням розроблених моделей та експертних методів були визначені дизелі, які доцільно використовувати на дизельному МВРС. Результати розрахунків наведені в табл.3.5.

Таблиця 3.5

Марки дизелів, які доцільно використовувати на МВРС

	Марка дизеля	Потужність, кВт	Ваговий коеф.
В першу чергу	MAN D 2842 LE 602	588	0,368
В другу чергу	MAN D 2842 LE 603	500	0,259
В третю чергу	MTU	305	0,248
Інші дизелі		300 - 600	0,125

3.3.6 Вибір силових напівпровідникових перетворювачів електропередачі дизель-поїздів

Був зроблений аналіз силових напівпровідникових приладів перетворювачів електричної передачі [16].

Особливості режимів роботи і вимоги до перетворювачів. Відомо, що перетворювачі для електрорухомого складу працюють у винятково важких умовах експлуатації через механічні, кліматичні і електричні впливи. Ці вимоги визначені у відповідних нормативних документах (ДСТУ 15150, ДСТУ 15543, ДСТУ 9269).

Разом з тим, проектування й експлуатація перетворювачів для дизель-поїздів має ряд специфічних особливостей, що викликані обставинами, які викладені нижче.

Оскільки дизель-поїзд має автономне живлення, то кріплення дизель-генератора до кузова викликає підвищені вібрації електроустаткування. Наявність у навколишньому середовищі парів машинної олії вимагає застосування спеціальних конструктивних заходів для виключення їхнього впливу на надійність роботи електрообладнання.

Обмежена потужність дизеля вимагає підвищеного ККД усіх споживачів і застосування економічних алгоритмів керування з метою одержання максимальної потужності на тягу.

Так як дизель-поїзди використовуються для приміського сполучення, то з метою підвищення середньої швидкості руху потрібне одержання максимального прискорення до 0,4 - 0,5 мс. При цьому прискоренні досягається перевантаження по струму в 1,5-2 рази.

Часті перевантаження по струму (розрахунковий робочий режим на протязі 10 хв в інтервалі пуску - руху - зупинки) викликають підвищені термічні перевантаження напівпровідникових приладів, що посилює вимогу до термоцикlostійкості. Сучасний стан силової електроніки дозволив вирішувати цю проблему шляхом застосування напівпровідникових приладів більшого номіналу і приладів із притискним контактом. Якщо основним приладом ще 5-10 років тому у вітчизняних локомотивах був прилад з номіналом 200 - 500 А при напрузі до 1500 В, то тепер ці параметри збільшилися до 2 - 3 кА при напрузі 2500 - 4500 В.

Використання більш досконалої елементної бази дозволило у вітчизняних дизель-поїздах виробництва ХК "Луганськтепловоз" значною мірою успішніше вирішувати протиріччя між малими габаритами і ремонтпридатністю перетворювальних установок, використовуючи блочно-модульну конструкцію, підвищити рівень уніфікації, що сприятливо позначилося на зниженні експлуатаційних витрат [64].

Порівняно невелика потужність силової установки до 600 кВт дозволяє використовувати повітряне охолодження, що істотно знижує вартість силової установки.

Використання асинхронних тягових двигунів АТД у сучасних дизель-поїздах дозволило забезпечити безконтактне регулювання швидкості і практично виключити із силового ланцюга контактну апаратуру, залишивши лише роз'єднувачі, що забезпечують безпечний ремонт і відновлення устаткування, що вийшло з ладу. Такі рішення дозволили істотно підвищити експлуатаційну надійність електропередачі і знизити експлуатаційні витрати.

Найважливіший елемент конструкції перетворювачів - це захист в аварійних режимах. В електропередачі з асинхронним приводом вона вирішується безконтактним способом - шляхом запирання цілком керованих приладів, зняття збудження генератора, вибором відповідного запасу по струму.

Вимога мінімальної маси, високого ККД визначили рівень робочої напруги генераторної установки, він визначений на рівні 950 - 1150 В. Прийнятий рівень напруги дозволяє порівняно легко вирішувати задачі уніфікації елементної бази для всього приміського електротранспорту, електропоїздів, а також автомотрис, маневрових і чотирирівісних пасажирських тепловозів.

Такий підхід істотно полегшує вирішення задачі експлуатації рухомого складу на тривалий період експлуатації, зниження витрат на організацію ремонтної бази.

Особливості функціональних схем установок електричних передач дизель-поїздів та перетворювачів і напрямки удосконалення ходової частини МВРС наведені в додатку Е

3.4 Висновки по третьому розділу

За результатами проведеної роботи в третьому розділі можна зробити такі висновки:

1. Розроблена модель оптимізації параметрів вагона моторвагонного рухомого складу , з використанням якої визначені об'єми приміщень вагонів електропоїздів ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т та дизель-поїзда ДЕЛ-02.
2. Розроблені моделі 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.
3. 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
4. Запропоновані підходи по скорочених розрахунках електричної передачі для дизель-поїздів, які після корегування можливо використовувати і для електричного моторвагонного рухомого складу.
5. Зроблений аналіз існуючих типів дизелів, які використовуються на моторвагонному рухомому складі. Пропонується вибір дизеля виконувати з урахуванням його технічного рівня, вартості придбання, обслуговування та витрат в експлуатації, системи керування за критерієм мінімальних витрат за весь життєвий цикл.

рухомого

ною мірою
януті питання

гонів

Для виготовлення бокових стінок кузовів вагонів з обшивкою із нержавіючої сталі пропонується модульна конструкція бокових стінок (рис.4.1) та нова технологія їх виготовлення, яка складається з п'яти етапів. На першому етапі за розробленою моделлю виконується оптимальне вирізування листів зі 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 [42].

В результаті впровадження даної науково - обґрунтованої технології підвищиться якість виготовлення за рахунок конструкторсько-технологічних заходів: введення жорсткості в місцях віконного ряду обшивки, заміни сталі 10x13618ДУ на 12x18н10Т та модульної конструкції бокових стінок. Також при цьому зменшиться навантаження бокових стінок, в 5-6 раз зменшиться трудомісткість виготовлення та цикл складання бокових стінок.

Підвищення надійності вагонів МВРС досягається також за рахунок впровадження нових технологічних та конструкторських заходів, що запропоновані в [3, 25, 32, 42, 69, 72, 76, 77, 142, 143, 154, 161, 171, 173, 206, 210, 240, 245, 247, 249, 282, 283, 317].

4.2 Технологія зварювання алюмінієвих дахів

Для складання і зварювання алюмінієвих дахів рухомого складу розроблена нова технологія кріплення обшивок кришок до елементів каркасу, в якій замість зварних швів використовуються гідронепроникні заклепки 4, 8xRNA3STTS48110 та клей - шпатлівка Polyurethane-50FC. Дана технологія дозволяє економити час та кошти за рахунок відсутності деформацій після виготовлення [44, 334].

4.3 Удосконалення технології виготовлення повітряних резервуарів

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 для автоматичного зварювання під шаром флюсу на флюсовій подушці [43, 132, 204, 209, 297, 298, 299, 300, 317, 325,

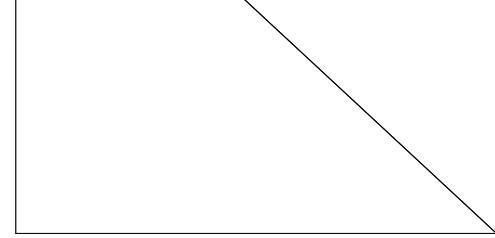
334].

4.4 Удосконалення технології виготовлення секцій радіаторів

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 [298, 299, 300, 317, 318, 319, 325, 334].

4.5 Удосконалення технології формування колісних пар

На основі розроблених математичних моделей та виконаних на їх основі розрахунків було удосконалено технологію формування колісних пар рухомого складу (рис.4.2).



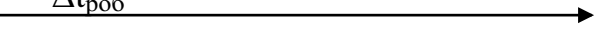
T_o, h, N_{in}



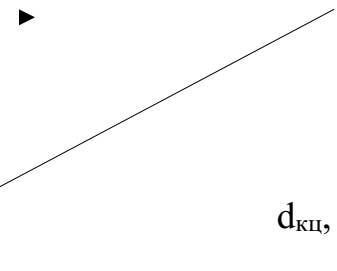
Δ

Електронний
контролер
формування
КП

$\Delta t_{роб}$



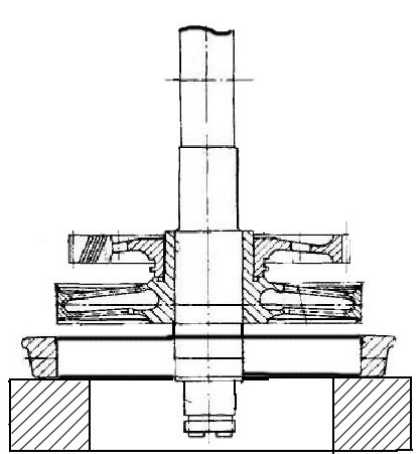
T_{opt}

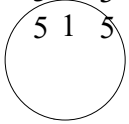


$d_{кц}, d_б$

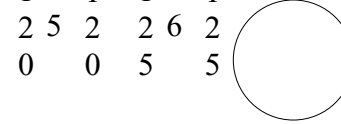
ПП
Комплект-
ультра

1



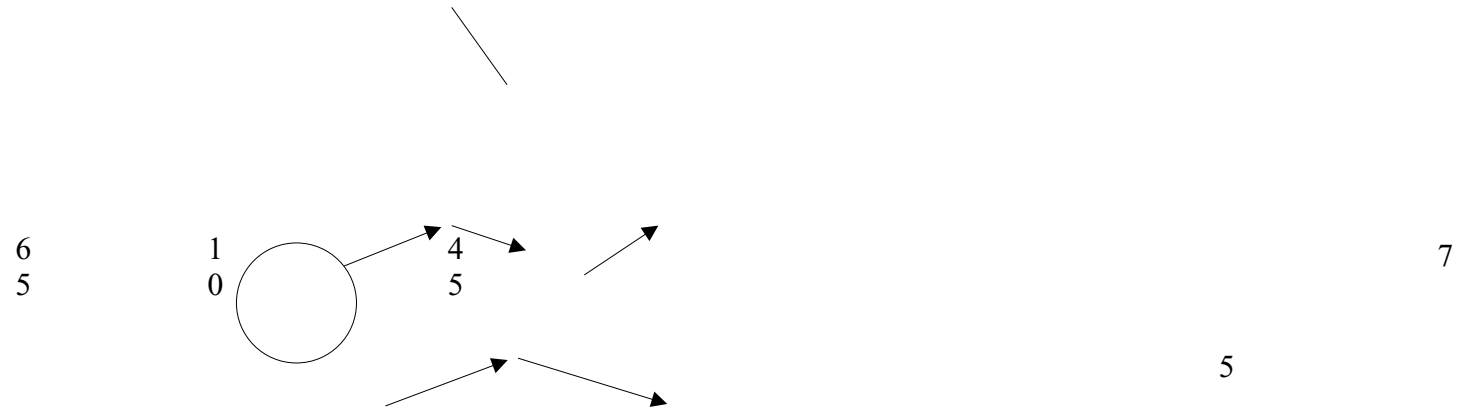


5 3 5



3 7 3
0 0

4 8 4
0 0



Етап 1 – ультразвуковий контроль колісного центру

Етап 2 – індукційний нагрів бандажу колісної пари

Етап 3 – формування колісної пари

Етап 4 – обтиск колісної пари

Рис. 4.2. Технологія формування бандажів колісних пар з використанням електронного контролера

Вона була удосконалена за рахунок впровадження раціонального нагрівання бандажів, нових засобів контролю температури бандажів при посадці на колісні центри та використання ультразвукового контролю колісних центрів [4, 26, 27, 30, 31, 36-38, 82, 85, 86-98, 120, 121, 125, 126, 148, 166, 185, 189, 190, 191, 193, 198, 207, 208, 262, 269, 270, 314, 323, 324, 329, 340].

Існуюча технологія складання колісних пар спочатку передбачає встановлення еталонного бандажу і настроювання по ньому індукційного нагрівача на нагрівання до необхідної температури. Лише після отримання даних щодо часу нагрівання і охолодження починається сам процес насадження бандажів на колісні центри.

Основними недоліками є:

- недосконалі методи виявлення браку колісних центрів при отриманні заготовок;
- розрив технологічного процесу від вхідного контролю збірних одиниць колісної пари до моменту їх формування;
- неможливість врахування впливу змін температури навколишнього середовища на процес складання коліс;
- збільшення часу на технологічний процес складання коліс та додаткові витрати на встановлення, нагрівання бандажу та настроювання індукційного нагрівача;
- неможливість отримання інформації про дійсну температуру бандажу для наступного його контролю;
- неможливість усунення нещільностей між бандажним кільцем та колісним центром і бандажем з іншого боку.

Технологічний процес формування колісної пари являє собою наступне: спочатку на прес устанавлюються попередньо підготовлені до натягу вісь і колеса. Потім міліметр за міліметром насаджується одне колесо, після чого пара за допомогою кран-балки повертається на 180°, і процедура повторюється з другим колесом. Зусилля запресовування - від 35 до 55 т на кожні 100 мм, або в цілому майже 70-110 т. Таке зусилля необхідно тому, що діаметр отвору колеса відрізняється від діаметра місця посадки на вісь на 0,1-0,25 мм. Весь процес напресування записується на діаграму, яка зберігається протягом 20 років. Процес натягу – дуже відповідальний технологічний процес і переробленню не підлягає. Після запресування виконуються відповідні заміри. Після цього, якщо параметри відповідають встановленим нормативною документацією, то ставляться відповідні клейма. Процес запресування бандажів на колісні центри поданий етапами 2 – 4 на рис.4.2.

Для усунення попередніх недоліків пропонується удосконалити технологію формування колісних пар, а саме, впровадження попереднього ультразвукового контролю колісних центрів перед напресовуванням та робіт на ділянці по запресуванню бандажів на колісні центри за

рахунок впровадження нових засобів контролю температури бандажу при нагріванні.

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 [4, 27, 31, 70, 71, 85, 95, 96, 120, 121, 280, 326].

Під керівництвом та за безпосередньої участі автора [27, 31, 70, 71, 326] отримані залежності: похибки від глибини розташування відбивача в ободі та в маточині колісного центру відповідно

$$\Delta_{об} = -0,0035 I_{об}^2 + 0,4037 I_{об} - 6,8516, \quad (4.1)$$

$$\Delta_{мат} = -0,0006 I_{мат}^2 + 0,1019 I_{мат} - 1,9141. \quad (4.2)$$

Також була отримана залежність коефіцієнта R від координати виміру, яка має такий вигляд:

$$R = -0,0005x^2 + 0,0489x + 0,8491. \quad (4.3)$$

На другому етапі виконується індукційне нагрівання бандажу колісних пар.

Для отримання параметрів індукційного нагрівання, визначення часу встановлення постійної температури бандажу за його товщиною при нагріванні та визначення часу охолодження під керівництвом автора за безпосередньої його участі було розроблено три математичні моделі, які наведені далі.

Для формалізації процесу теплового складання бандажів була розроблена математична модель процесу індукційного нагрівання. Метою моделі є отримання аналітичної залежності амплітуди коливань щільності вихрових струмів від товщини бандажу. Суть її полягає в наступному. Щоб отримати модель взаємодії деталі зі змінним магнітним полем для кількісного аналізу процесу бандаж колісної пари необхідно подати як заготовку товщиною h , яка розміщена в просторово-однорідному

зовнішньому магнітному полі. Вектор напруженості поля при цьому [8] замінюється з кутовою частотою ω

$$, \quad (4.4)$$

де \vec{H} - , // OX.

На поверхнях деталі при $z=\pm h/2$ як на границях між середовищами з різними властивостями, можна показати безперервні тангенціальні проекції вектора напруженості і нормальні проекції вектора магнітної індукції [8]. Поза деталлю магнітну проникність можна прийняти рівною одиниці, так що $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, а для заготовки μ . Тоді граничні умови запишуться в такому вигляді:

.3

(4.5)

Нижнім індексом відзначені проекції векторів напруженості і магнітної індукції на відповідні координатні осі. З використанням рівняння Максвелла [162, 163] було досліджено реальний розподіл щільності змінного струму в провіднику і з'ясовано вплив поверхневого ефекту на індуктивний і активний опір провідника

(4.6)

де ∇ - оператор Гамільтона ;
 \mathbf{j} - вектор щільності електричного струму;
 ρ_e – об'ємна щільність електричного заряду;
 \mathbf{E} - вектор електричного зсуву.
 Вектор електричного зсуву в свою чергу розраховується за формулою

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \epsilon \mathbf{E}. \quad (4.7)$$

При $\sigma = \text{const}$, $\mu = \text{const}$, $\rho_e \equiv 0$ в результаті перетворень в ізотропному середовищі з постійними кожна із проекцій ϵ_k при $\epsilon_0=1,2,3$ векторів \mathbf{e}_i на координатній осі, позначена через U , задовольняє телеграфному рівнянню [279, 323]

(4.8)

де c - швидкість світла;

Δ - оператор Лапласа.

Можна знехтувати струмами зсуву в порівнянні зі струмами провідності [158], (приймавши $\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E}$). Тоді кожна із проекцій N_x і N_y буде задовольняти одномірне рівняння при $a \rightarrow \infty$,

(4.9)

Далі рівняння розв'язуємо із застосуванням перетворення Лапласа [12, 185] вигляду

$$, \quad (4.10)$$

де \dots - зображення, за Лапласом, що залежить від z і параметра p , у загальному випадку комплексного, тобто $p \in \mathbb{C}$.

Приймаємо при $t=0$: $N_x(0,z)=N_y(0,z)=0$. Тоді у результаті перетворень з урахуванням (4.6) одержимо ОДР 2-го порядку

$$(4.11)$$

$$(4.12)$$

Граничними умовами будуть виступати

$$(4.13)$$

Розв'язання даного рівняння має такий вигляд:

$$(4.14)$$

Підставивши його в 2-ге рівняння (4.13), отримуємо таку систему постійних 32 і D2:

$$(4.15)$$

Ця система має нульовий розв'язок. Після перетворень і розв'язання першого рівняння ОДР другого порядку система (4.11) набуде такого вигляду:

$$, \quad (4.16)$$

де y і z - аналітичні функції аргументу p .

Прийнявши $y = \dots$, $z = \dots$, отримаємо

Для переходу зображення \dots до оригіналу \dots були знайдені полюси

[163] функції \dots комплексного змінного p .

Оскільки всі полюси прості, а функція задовольняє третю умову теореми розкладання [60], то їй відповідає оригінал у вигляді суми відрахувань цієї функції в її полюсах. Відрахування цієї функції в кожному полюсі p_n [163] буде виглядати так:

$$. \quad (4.17)$$

Після перетворень і обчислень знаходимо

$$(4.18)$$

де \dots .

Із часом всі доданки під знаком \dots прагнуть до нуля, тому починаючи з деякого моменту t^* можна вважати процеси зміни магнітного поля періодичними, що описується першими двома доданками. При \dots ряд, обумовлений цією сумою, є знаковмінним. Тому його значення не перевищить якогось \dots при $t \geq t^*$, якщо t^*

визначити з умови рівності першого члена цього ряду значень.

При досить високій ω дріб під знаком \ln може виявитися меншим 1 навіть при дуже малих δ . Це дає підставу стверджувати, що з похибкою, яка не перевищує δ , він є періодичним починаючи з моменту часу $t=0$, тобто варто прийняти $t^*=0$.

Для знаходження розподілу щільності вихрових струмів j у деталі використовується подання диференціальної операції ротора в прямокутній системі

координат [163, 279], де від нуля відмінна лише проекція j на ОУ Ox або, з огляду на вираз (4.17), тільки перші дві. Використовуючи формулу Ейлера [163], одержуємо:

(4.19)

де

,

.

Тобто при $\omega \delta \gg 1$, тоді в середині деталі $j \approx 0$.

З огляду на те, що $i = (1 - \delta^2/\lambda^2)^{-1/2}$, перетворимо вираз (4.19) до дійсного вигляду [278] з урахуванням того, що при високій ω і зовнішнього магнітного поля: $\omega \delta \gg 1$. Тоді можна прийняти

(4.20)

і амплітуду коливань щільності вихрових струмів відповідно до (4.19)

(4.21)

Найбільше значення амплітуди знаходиться з виразу

(4.22)

і буде на поверхнях деталі при $z = h/2$.

Ще одним завданням, яке виникає при нагріванні бандажів колісних пар є, необхідність розроблення моделі розподілу температури в поверхневому шарі бандажа колісної пари та встановлення постійної температури бандажу по його товщині при нагріванні. Для вирішення цієї задачі була розроблена наступна модель.

Бандаж колісної пари був поданий, як заготівка товщини h , яка поміщена у однорідне зовнішнє магнітне поле.

Середня за період коливань об'ємна потужність виділення джоулевої теплоти змінюється по товщині деталі і визначається таким чином:

(4.23)

де A - амплітуда коливань густини вихрових струмів;

z - координата;

H_0 - амплітуда напруги магнітного поля;

μ - магнітна проникність;

h - висота деталі;

ω - кутова частота коливань, μ_0 - магнітна проникність вакууму;

3

Якщо прийняти коефіцієнти теплопровідності λ і об'ємну теплоємність металу постійними, то при періодичному змінненні у ньому магнітного поля, яке описується функцією температури, $T(t, z)$ задовольняє рівняння [158, 279]

(4.24)

Граничні умови при цьому будуть такі

$$\dots \quad (4.25)$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні деталі до повітря температурою

Встановлений розподіл $T(z)$ можна знайти розв'язанням ОДР 2-го порядку, якщо прирівняти до нуля його праву частину.

В результаті першого інтегрування з урахуванням (4.22) і граничних умов

отримаємо рівняння

$$\dots \quad (4.26)$$

Після другого інтегрування отримаємо

$$\dots \quad (4.27)$$

Після цього визначимо з граничної умови на поверхні деталі:

$$\dots \quad (4.28)$$

$$\dots \quad (4.29)$$

Звідси виразимо і підставимо її у (4.27):

$$\dots \quad (4.30)$$

Перші дві складових будуть визначати температуру поверхонь. Тоді функція, яка описує нестационарне температурне поле при періодичному змінненні у ньому магнітного поля, матиме такий вигляд

$$, \quad (4.31)$$

де s_1, s_2 - полюси функцій комплексної змінної [163],

Прирівнявши Δ до першої складової другої суми у (4.31), можливо оцінити, час t , за який з абсолютною похибкою Δ здійснюється закінчення процесу встановлення розподілу температури у деталі

$$, \quad (4.32)$$

При цьому

На третьому та четвертому етапах виконується формування та обтискання колісної пари. Для повного завершення циклу формування автоматизації процесу бандажів на колісні центри необхідно мати дані про процес охолодження. Для цього була розроблена наступна модель охолодження бандажів.

Уявімо охолодження бандажу як функцію

$$, \quad (4.33)$$

де τ – час охолодження;

- температура навколишнього середовища, T_{∞} ;
- початкова температура, з якої починається охолодження бандажу.

Вихідними даними для розрахунку будуть $T=T_0$ при $t=0$. При охолодженні температура бандажу падає від T_0 до T . При цьому у довільний момент часу температура бандажу дорівнює T . За проміжок часу t кількість тепла, що віддається бандажем буде визначатись таким чином:

$$Q = -k(T - T_0)t \quad (4.34)$$

де k - коефіцієнт пропорції.

Кількість тепла Q , що віддає бандаж при охолодженні від T_0 до T , можна також розрахувати за формулою

$$Q = cM(T_0 - T) \quad (4.35)$$

Після перетворень отримаємо

$$k = \frac{cM}{t} \quad (4.36)$$

Використовуючи вихідні дані та виконавши математичні перетворення, отримаємо

;

$$k = \frac{cM}{t} \quad (4.37)$$

Тоді закон охолодження набуває такого вигляду:

$$Q = -k(T - T_0)t \quad (3.38)$$

В даній постановці додатковою умовою є визначення коефіцієнтуа пропорційності α .

При $T = T_0$ й $t = 0$ отримаємо

$$Q = -k(T - T_0)t \quad (4.39)$$

Звідси

Після перетворень отримаємо температуру, до якої знижується температура бандажа.

(4.40)

або

(4.41)

Виразивши , після перетворень отримаємо

(4.42)

На основі розроблених моделей та праць [35-38, 85, 141, 185] були отримані залежності зміни температури від часу при нагріванні та охолодженні бандажу з урахуванням температури навколишнього середовища, які наведені на рис.4.3.

З розрахунків видно, що при $T_{nc} =$ нагрівання відбувається в межах 49 ± 1 хв, а при $T_{nc} =$ - за 41 ± 2 хв, тобто різниця складає близько 18%.

Експериментально було отримано, що нагрівання бандажу здійснюється в основному за 38 ± 2 хв, при температурі $+200C$. Ці дані відрізняються від отриманих даних за розробленою моделлю не більше ніж на 11%, що є задовільним для даних розрахунків.

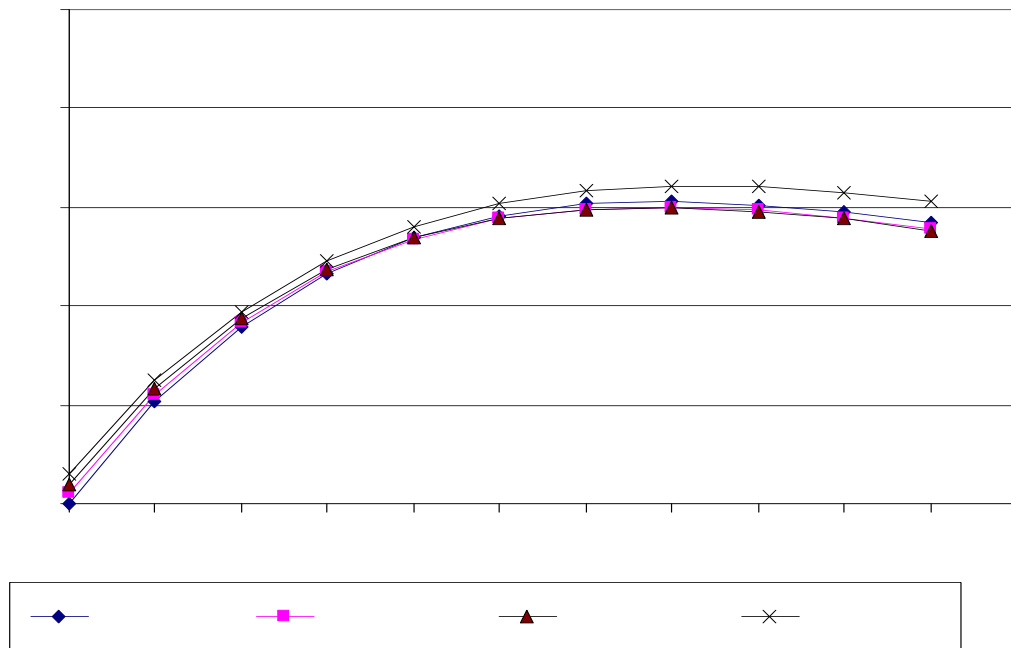


Рис. 4.3. Залежність температури нагрівання бандажу колісної пари від часу
Охолодження бандажу розраховувалось за отриманою формулою α , результати розрахунків подані на рис.4.4.

З них видно, що охолодження бандажу з температури до
відбувається за 12 ± 1 хв при $T_{нс} =$ і за 17 ± 1 хв при $T_{нс} =$.

Отриманого часу достатньо для того, щоб виконати операції по насадженню бандажів на колісні центри, встановленню, оббиттю та обтисканні бандажного кільця на стенді. Результати отриманих розрахунків відрізняються від експериментальних не більше ніж на 15%.

Керування технологічним процесом пропонується виконувати з використанням електронного контролера. Вхідною інформацією для нього є: температура навколишнього середовища, геометричні параметри бандажу та колісного центру, характеристики індукційного нагрівача. В результаті розрахунків за розробленими моделями визначається оптимальна температура нагрівання.

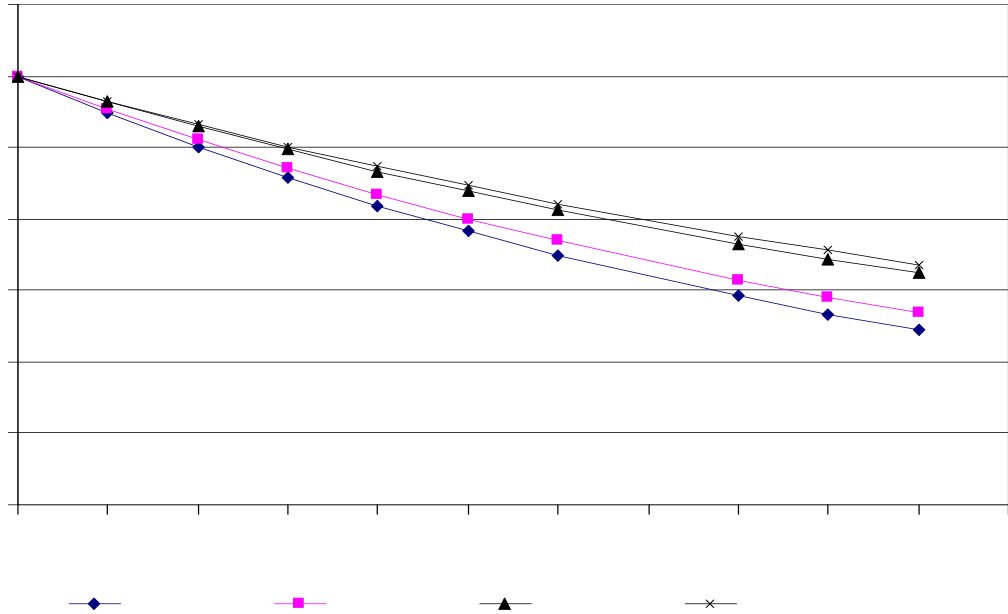


Рис. 4.4. Залежність температури охолодження бандажу колісної пари від часу

Заходи з удосконалення технології формування колісних пар включають наступне. Операцію 4 в технологічному процесі (рис.4.1) пропонується скоротити, а операцію 2 зменшити до 5хв за рахунок впровадження нових засобів контролю. Сітьовий графік нового технологічного процесу наведений на рис.4.4.

Вибір засобу контролю температури із вибраних експертним шляхом чотирьох видів (терморезистор, термоолівець, пірометр та тепловізор) здійснювався з використанням морфологічного аналізу за критеріями мінімальних витрат у відповідності до розвитку науково-технічної революції.

Критерій мінімальних витрат запишеться у такому вигляді:

де t_i - час на проведення i -тих операцій по встановленню пристрою;

K - абсолютна величина капітальних вкладень;

B - абсолютна величина експлуатаційних витрат;

k - питомі капітальні вкладення;

u - питомі експлуатаційні витрати.

Критерій відповідності розвитку науково-технічної революції має такий вигляд:

де β_3 - показник якості пристрою;

β_3 - характеристики пристрою.

Рис. 4.4. Сітьовий графік вдосконаленого технологічного процесу

Результати вибору засобу контролю та визначення температури і оптимальної технології формування колісних пар на ділянці їх обандажування, виконані морфологічним методом за критерієм мінімальних витрат, наведені в табл. 4.1÷4.2.

Таблиця 4.1

Вихідна морфологічна матриця вибору обладнання для удосконалення технології обандажування колісних пар

Операція (необхідне обладнання)	Вид обладнання					
	1	2	3	4	5	6
Операція 1						
Кантувач	механічний					
Операція 2						
Нагрівач	індукційний	електричний	Газова піч	Нагрівач струмами високої частоти		
Контроль температури	термометри	терморезистори	термоолівці	пірометри	тепловізори	
Операція 3						
Кран						
Операція 4						
Кран, завальцювання бандажного кільця	ручне	механічне	автоматичне			
Операція 5						
Кран						
Операція 6						
Станок для обточування ПА963	Станок для обточування П7799					
Операція 7						

кран	
------	--

Таблиця 4.2

Матриця часу виконання операцій технологічного процесу
формування колісних пар та витрат на них

Операція (необхідне обладнання)	Вид обладнання				
Операція 1					
Кантувач	15 / 1,9				
Операція 2					
Нагрівач	40 / 176,03	60 / 264,08	70 / 530,74	15 / 64,85	
Контроль температури	0	0,1 / 0,02	3 / 0	0,2 / 0,3	0,2 / 0,35
Операція 3					
Кран	5 / 1,9				
Операція 4					
Кран, завальцювання бандажного кільця	15 / 2,3	10 / 1,7	7 / 1,2		
Операція 5					
Кран	5 / ,063				
Операція 6					
Станок обтискання	15 / 1,9				
Операція 7					
Кран	5 / 0,63				

Розрахунки вибору засобів контролю температури за критерієм відповідності розвитку НТР здійснювалися бальним методом [187], і результати наведені в табл.4.3.

Таблиця 4.3

Характеристика засобу контролю температури	Найменування засобу контролю температури			
	Термо-олівець	Термо-резистор	Піро-метр	Тепло-візор
Ціна	4	4	2	1
Строк служби	2	5	5	4

Якість продукції	4	5	5	4
Рівень підвищення механізації	0	3	5	5
Рівень підвищення автоматизації	0	2	4	5
Всього	10	19	21	19

В результаті розрахунків оптимальним є технологічний процес, який наведений на рис. 4.6.

При цьому для даного технологічного процесу оптимальним є таке обладнання: кран – електрокран вантажопідйомністю 5т, нагрівач індукційний нагрівач, контроль температури – терморезистор, станок для обтискання – базовий.

Масиви засобів контролю та балів за другим критерієм матимуть такий вигляд відповідно:

Рис. 4.6. Оптимізований сітвовий графік вдосконаленого технологічного процесу

Експертним методом [187] із двох визначених масивів засобів контролю температури в якості пристрою контролю температури бандажа на даному етапі був вибраний терморезистор.

З використанням методу «мізкового штурму» було заплановано виконувати витримку бандажа на 4 операції, що дозволить усунути щілини між бандажним кільцем та бандажем з колісним центром. За рахунок цього буде досягнута рівнозначність температури по всьому бандажу.

На виробництві експериментальним шляхом був визначений цей час, який складав 10 ± 2 хв при температурі навколишнього середовища $20 \pm 5^\circ\text{C}$. За розробленою в другому розділі моделлю та отриманою залежністю був розрахований цей час, що склав 11 хв. при температурі . Різниця в розрахунках і в отриманих експериментальним шляхом даних становить не більш ніж 9%. Цей час (10 ± 2 хв) не впливає на виконання обандажування колісних центрів згідно з встановленою технологією [289, 316].

4.6 Висновки по четвертому розділу

За результатами проведеної роботи в четвертому розділі можна зробити такі висновки:

1. 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.
2. Для виключення використання ручного дугового зварювання, покращення якості зварювальних з'єднань, умов праці, підвищення продуктивності та зменшення собівартості була запропонована нова технологія виготовлення резервуарів.
3. Удосконалено технологію формування колісних пар рухомого складу за рахунок впровадження раціонального нагрівання бандажів, нових засобів контролю температури бандажів та посадки на колісні центри і використання ультразвукового контролю колісних центрів.
4. Розроблені моделі нагрівання бандажів перед напресуванням та їх охолодженням, на основі яких отримані формули для розрахунку часу, за який відбувається завершення процесу встановлення розподілу температури у бандажі та відповідні аналітичні залежності.

Розділ 5

випробування нового моторвагонного рухомого складу

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

5.1 Методологія прискорених випробувань нового моторвагонного рухомого складу з урахуванням особливостей залізниць України

З метою зменшення часу та витрат енергоресурсів як для нового МВРС, так і для того, що знаходиться в експлуатації була розроблена та впроваджена модель прискорених випробувань. План прискорених випробувань 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.

Основний принцип та прийом планування прискорених випробувань прийнятий агрегатний, тобто базовий цикл випробувань, формування набору факторів, які моделюються методика повних та прискорених випробувань, які враховують об'єктивні та суб'єктивні фактори. Підготовка початкових даних для програми випробувань передбачає використання автоматизованої системи збору та обробки інформації (АСЗОІ) та відповідного математичного та програмного забезпечення, оцінення точності визначення навантажень. «Стиснення» програми випробувань передбачає виключення періодів моделювання, під час яких моделюються основні режими. Потребують розроблення питання прискорення вібраційних навантажень і вирівнювання змін технічного стану. Необхідно виконати також науково-дослідну роботу по оціненні збігу результатів прискорених випробувань та реальної експлуатації, перевірки співпадання потоків параметричних та раптових відмов. Методи класичної теорії розпізнавання образів і методи статистичної перевірки гіпотез можуть бути використані лімітовано через незначні обсяги інформації. Прийнятий аксіоматичний підхід базується на системі умов, вибраних заходах та математичних визначеннях.

Аналіз теоретичних досліджень, виконаних у різних галузях науки і техніки, показує, що при невеликому числі випробувань підтвердити високі показники надійності технічних пристроїв можна тільки тоді, коли випробування проводяться на протязі, що перевершує необхідний час роботи пристрою. Очевидно, щодо багатьох видів обладнання нового МВРС, яке повинне мати високий рівень надійності, основним способом зменшення числа випробувань є збільшення числа коефіцієнта запасу по ресурсу. Тобто необхідно вирішити задачу по вибору оптимальних значень n і η , при яких досягаються мінімальні витрати для забезпечення заданих вимог щодо надійності. Приймемо такі допущення: залежності вартості $Z_1(n)$ виготовлення будь-яких складових МВРС від їхнього числа відомі; вартості $Z_2(\eta)$ зв'язані з досягненням заданої відносної тривалості випробувань. Загальна вартість для підтвердження заданих вимог щодо надійності буде визначатися таким чином

$$Z = Z_1(n) + Z_2(\eta), \quad (5.1)$$

де n - число випробувань;
 η - коефіцієнт запасу по ресурсу.

Таким чином, необхідно знайти значення n і η , при яких досягається мінімум функції Z , за умови виконання заданих вимог щодо надійності. Аналіз конструктивних рішень основних складових МВРС, як складних технічних і електричних систем, дозволяє припустити, що розподіл часу безвідмовної роботи описується розподілом Вейбулла-Гніденко. Це підтверджується аналізом надійності обладнання на МВРС. Крім того, цей розподіл добре погоджується з фізичними уявленнями як граничний розподіл для мінімальних значень. Для цього розподілу, крім усього, вдається одержати найбільш прості вирази, що важливо для інженерних розрахунків.

Умова виконання заданих вимог у біномінальній схемі відмовлень рівносильна тому, що число безвідмовних випробувань повинне дорівнювати заданому n_0 . Якщо час безвідмовної роботи описується розподілом Вейбулла, то справедлива наступна рівність:

де n_0 - мінімальне число безвідмовних випробувань, проведених при η для підтвердження вимог щодо надійності, тобто

Поставлену оптимізаційну задачу розв'язуємо методом Лагранжа. Для цього необхідно знайти мінімум функції

де λ - невизначений множник Лагранжа.

Оптимальні значення n_{opt} і η_{opt} визначаємо розв'язанням такої системи рівнянь

Для розв'язання цієї системи рівнянь необхідно знати залежності $C1(n)$ і $C2(\eta)$. Знайдемо розв'язок цієї системи для випадку, коли ці залежності лінійні. Приймаємо, що

$$C1(n)=An,$$

$$C2(\eta)=B\eta,$$

де A і B - відомі коефіцієнти.
Тоді

$$\dots, \dots, \dots \quad (5.2)$$

де

Відповідно отримаємо оптимальну кількість та надійність випробувань

(5.3)

Використовуючи запропоновану модель, були визначені співвідношення для гальмової системи МВРС. Прийнято, що при випробуваннях повинне підтвердитися значення імовірності безвідмовної роботи $RTP=0,95$ при $\gamma=0,9$. Було прийнято при $\delta=2$. В результаті розрахунків було отримано $n_0=45$, \dots , і \dots , що і знайшло відображення при затвердженні методик попередніх та приймальних випробувань [144].

З урахуванням, що розподіл часу безвідмовної роботи основних складових вузлів описується законом Вейбулла-Гніденко, було обґрунтовано оптимальне відношення між числом випробувань і коефіцієнтом запасу по ресурсу, які розраховуються відповідно за формулами

(5.4)

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

5.2 Методологія стендових випробувань вузлів моторвагонного рухомого складу

Виконувати наукові дослідження складових МВРС пропонується на таких стендах:

- стенд для дослідження зчеплення коліс з рейкою та випробування елементів буксового ресорного підвішування [239];
- стенд для дослідження кінематичних і силових характеристик зв'язку колісної пари з рамою візка [217];
- стенд для визначення пружно – дисипативних характеристик силових зв'язків кузова з візком [235];
- стенд для проведення випробувань рам візків на міцність [20, 271, 302].

Була удосконалена методологія стендових випробувань рам візків рухомого складу та методи, технологія та організація гальмівних випробувань рухомого складу [20, 22, 23, 144, 302, 331].

5.3 Удосконалення технології гальмівних випробувань

На основі праць [16, 23, 99, 144, 331] було удосконалено технологію гальмівних випробувань МВРС за рахунок доопрацьованої моделі вибору номенклатури параметрів для випробувань з урахуванням надійності гальмівної системи.

Метою гальмівних випробувань є перевірка працездатності пневматичної гальмівної системи і визначення довжини гальмівного шляху. Для проведення випробувань МВРС обладнується вимірювальною апаратурою. В процесі випробувань контролюється такий масив параметрів:

$$\{ISP_Galmpgmi, ptci, tgi, vgi, lgi, kjzi\}, \quad (5.5)$$

де $rgmi$, - тиск в гальмівній системі, МПа;
 $ptci$ - тиск в гальмівних циліндрах, МПа;
 tgi - момент початку гальмування, с;
 vgi , - швидкість гальмування електропоїзду, м/с;
 lgi - довжина гальмівного шляху, м;
 $kjzi$ - контроль виникнення юзу.

Гальмівні випробування при цьому проводились в три етапи:

- I етап – випробування в статичному режимі;
- II етап – випробування в поїзному режимі;
- III етап – випробування по утриманню на уклоні.

При проведенні стаціонарних випробувань визначаються параметри роботи гальмівної системи

$$\{ISP_GalmI \ tnapol_ekstri, \ tnapol_epti, \ pmax_ekstri, \ pmax_epti\}, \quad (5.6)$$

де $tnapol_ekstri$ – час наповнення гальмівних циліндрів при екстремому гальмуванні, с;
 $tnapol_epti$ – час наповнення гальмівних циліндрів при електропневматичному гальмуванні, с;
 $pmax_ekstri$ – максимальний тиск при екстремому гальмуванні, МПа;
 $pmax_epti$ – максимальний тиск при електропневматичному гальмуванні, МПа.

Першим етапом гальмівних випробувань є випробування в статичному режимі, які виконувались у відповідності з розробленими методами.

Результати проведення стаціонарних випробувань електричного МВРС [49, 135] наведені в табл.5.1.

Таблиця 5.1

Серія МВРС	$tnapol_ekstri$, сек	$tnapol_epti$, сек	$pmax_ekstri$, кгс/см ²	$pmax_epti$, кгс/см ²
ЕР9Т	7-8	3,6-4	3,4-3,5	3,4-3,5

Поїзні випробування гальмівної системи проводились із завантаженою масою 41 ,7 т. Заклинювання колісних пар при проведенні випробувань контролювалось на головному і причіпному вагонах із записом на осцилограму. При цьому заклинювань колісних пар при виконанні всіх видів гальмувань не зафіксовано, а при замиканні кнопки аварійної зупинки поїзда – виключення тягового режиму та включення режиму

екстреного гальмування забезпечувалось. Порівняння значень розрахункового гальмівного коефіцієнта гальмівних випробувань (0,683 для порожнього і 0,518 для завантаженого дизельного МВРС) з відповідними значеннями теоретичних розрахунків 0,687 та 0,517 показало, що їх різниця не перевищує 0,6%, а абсолютне значення цього параметра при максимально завантажених вагонах практично задовольняє вимоги технічного завдання на розроблення дизель-поїзда (не менше 0,52).

Розрахункову силу притиску колодок у причіпних вагонах рекомендується визначати за формулою

де
МВРС, кН;

P – розрахункова вага

K – сила притиску, яка діє на колодку, кН.

Розрахунки показали, що значення розрахункової сили притиску вагонних (безребневих) колодок склали 22,89 кН при врахуванні особливостей конструкції гальмівних колодок, умов контакту з колесами і процентного відношення фосфору в колодках. Значення розрахункового гальмівного коефіцієнта при цьому склало 0,848. При такому уточненні фрикційних властивостей колодок теоретичне значення розрахункового гальмівного коефіцієнта для порожнього і завантаженого дизель-поїзда дорівнює відповідно 0,682 і 0,514.

Різниця значень, які отримані на базі дослідних даних, не перевищує 0,8%, що дає змогу використовувати дану модель при виконанні технічних розрахунків.

В результаті розрахунків були визначені нижні границі інтервалів швидкостей безюзового гальмування, запропоновані заходи для запобігання заклинюванню колісних пар (використання індикатора заклинювання колісних пар та ін.).

З використанням розробленої моделі був зроблений прогноз довжини гальмівного шляху для завантаженого дизель-поїзда з номінальною населеністю для швидкостей, на яких не було можливості провести випробування. Результати прогнозу наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Прогнозні значення гальмівного шляху

Гальмівні показники	Початкова швидкість, км/год							
	130	120	110	100	90	80	70	60
Екстрене гальмування								
Гальмівний шлях, м	1192	1020	862	717	-	-	-	-
Сповільнення, м/с ²	0,520	0,515	0,513	0,508	-	-	-	-
Службове гальмування								
Гальмівний шлях, м	-	-	-	798	-	456	-	236
Сповільнення, м/с ²	-	-	-	0,481	-	0,519	-	0,575
Клапаном автостопу								
Гальмівний шлях, м	-	-	-	735	-	395	-	284
Сповільнення, м/с ²	-	-	-	0,505	-	0,580	-	0,511
Стоп-краном								
Гальмівний шлях, м	-	-	-	720	-	449	-	268
Сповільнення, м/с ²	-	-	-	0,528	-	0,526	-	0,532

Залежності гальмівного шляху від швидкості дизель-поїзда при максимальній та номінальній населеності описуються відповідними залежностями

$$= - 0,0003v^3 + 0,1261v^2 - 2,0917v - 0,0123, \quad (5.7)$$

$$= - 0,0003v^3 + 0,1268v^2 - 2,0923v - 0,0221. \quad (5.8)$$

Експлуатаційні випробування, які виконуються на II етапі, підтверджують експериментальні розрахунки. Виходу ЕПГ та ПГ (до 2007р.) в експлуатації не спостерігалось.

В результаті обробки даних експлуатаційних випробувань отримані залежності гальмівного шляху від швидкості для дизель-поїздів для різних режимів гальмування:

- для екстреного гальмування в межах швидкостей від 130 до 100 км/год

$$L_{t1} v^2 + 0,305 v + 11,55; \quad (5.9)$$

- для службового гальмування в межах швидкостей від 100 до 60 км/год

$$L_{t2} v^2 - 10,35 v + 308; \quad (5.10)$$

- для гальмування клапаном автостопу в межах швидкостей від 100 до 60 км/год

$$L_{t3} v^2 - 34,525 v + 1325; \quad (5.11)$$

- для гальмування стоп – краном в межах швидкостей від 100 до 60 км/год

$$L_{t4} v^2 - 6,7 v + 265. \quad (5.12)$$

Аналогічні залежності отримані для електропоїздів ЕР9Т [135]:

- для екстреного гальмування в завантаженому стані

$$L_{ep19v} = 0,1169v^2 - 7,8619v + 229,44, \quad (5.13)$$

- для екстреного гальмування в порожньому стані,

$$L_{ep19p} = 0,101v^2 - 6,9011v + 210,43. \quad (5.14)$$

Залежності гальмівного шляху порожнього та завантаженого електропоїзда ЕР9 можна навести у такому вигляді:

$$, \quad (5.15)$$

В цілому параметри гальмівної системи, що визначені при проведенні випробувань, відповідають вимогам технічного завдання на відповідний тип МВРС. Лише гальмівний шлях при екстреному гальмуванні зі швидкістю 130 км/год для дизель-поїзда ДЕЛ-01 перевищує вимоги технічного завдання на 0,3%.

Випробування ручного гальма на утримання головного і причіпного вагонів дизель-поїзда виконувалися на III етапі і проводились на спускній частині сортувальної гірки станції Родакове Донецької залізниці, яка має уклон 30 ‰. Результати випробувань ручних гальм показали, що вони забезпечували утримання вагонів з зусиллям на штурвалі гальма, яке не перевищувало 250 Н (за нормою 350 Н).

Випробування ручного гальма здійснюється на гірці з уклоном. При цьому ручні гальма повинні забезпечувати утримання на всіх вагонах. Результати проведення випробувань ручного гальма [135] показали, що воно забезпечує утримання електропоїзда серії ЕР9Т на уклоні 34‰.

5.3.1 Загальні відомості про електричне гальмо, яке використовується на дизель-поїздах

Відмінністю гальмівних систем дизель-поїздів ДЕЛ-01 та ДЕЛ-02 від існуючих в Україні є наявність електричного гальма [16].

Питанню використання електричного гальмування на МВРС приділено багато уваги. Це підтверджує аналіз робіт [3, 6, 9, 26, 41, 42, 44, 62, 80, 107, 110, 113, 124, 143].

Розглянемо особливості роботи електричного гальма на дизельному МВРС виробництва ХК „Луганськтепловоз”.

У режимі електрогальма [16, 144] тягові електродвигуни через інвертори підключаються паралельно за допомогою гальмових контакторів ДО4, ДО5 на загальний гальмовий резистор R10...R65, працюючи при самозбудженні. Тяговий генератор має частоту обертання 1086 хв⁻¹ (відповідає 2-ій тяговій поз. контролера) і на початку гальмування забезпечує первісне збудження ТЕД, створюючи необхідну напругу на гальмовому резисторі для самозбудження.

Характеристики електрогальма можна подати в такому вигляді:

$$, \quad (5.16)$$

де B – гальмова сила;

P_T – гальмова потужність на ободі коліс дизель-поїзда у функції від швидкості руху V .

Гальмова сила регулюється трьома ступіннями, що включаються на 1, 2 і 3...5...5 гальмових позиціях контролера. На 3-ій ступіні реалізується гранична характеристика за трьома точками:

$$. \quad (5.17)$$

На 1 і 2-ій ступіннях забезпечується, відповідно, 12% і 50% максимальної гальмової сили і максимальної гальмової потужності.

Напруга тягового генератора підтримується для великої частини режимів нижче напруги на гальмовому резисторі, тобто тягові випрямлячі замкнені, хоча керуючі імпульси з них не знімаються. Тим самим генератор працює в режимі підтримки, забезпечуючи підживлення гальмового резистора при випадковій утраті самозбудження ТЕД. Мінімальна напруга генератора вибирається достатньою для живлення допоміжних систем змінного струму 50Гц і постійного струму і складає $U_{Л1,2} \approx 370\text{В}$, $U_{Л3} \approx 123\text{В}$, чому відповідає випрямлене значення $U_d = 500\text{В}$.

На 1 і 2-ій позиціях є режими, коли тягові випрямлячі відкриті і генератор працює в режимі підживлення, що обумовлено зниженням напруги на гальмовому резисторі в процесі зниження швидкості руху. У цих режимах при малих швидкостях відбирається потужність від генератора до 75 кВт, що приводить до деякого збільшення витрати палива. З метою зниження потужності підживлення задання гальмової сили і потужності на 1-ій позиції прийнято на рівні 12%, що дозволяє переходити в режим підживлення тільки при низьких швидкостях, тоді як при рівні задання 10% підживлення потужністю не менш 13 кВт здійснюється у всьому швидкісному діапазоні.

Максимальна потужність підживлення 85 кВт короткочасно досягається в процесі самозбудження ТЕД при вході в гальмування. Виходячи з приведених значень потужності підживлення і споживаної потужності допоміжних систем і опалення на рівні 57 кВт (при аварійному відключенні одного дизель-генератора на рівні 110 кВт) і обрана частота обертання дизеля рівна 1086 хв-1, при обмеженні максимальної напруги $U_d=750\text{ В}$, $U_{Л3} =190\text{ В}$.

У полі обмежень генератор працює в наступному режимі, з підтримкою напруги на 10% нижче напруги на гальмовому резисторі. Звідси випливає, що при увімкненому опаленні в режимі електрогальма напруга опалення залежить від швидкості і гальмової позиції і забезпечується на рівні $U_{OT} = 0,9 * 750 = 675\text{ В}$ при швидкості вище 11... 22...22 км/год на 2...5-ій позиціях. При більш низьких швидкостях, а на 1-ій поз. у всьому швидкісному діапазоні напруга опалення складає 500В. Це значення істотно нижче обговорених меж $U_{OT}=1000...1500\text{В}$, однак, з огляду на короткочасність гальмових режимів, їх можна вважати припустимими. Параметри живлення асинхронних мотор-вентиляторів холодильника дизеля складає в режимі електрогальма: $U_{Л3} = 123...190\text{В}$, $f_r=54\text{ Гц}$.

Передбачено режим навантаження дизель-генератора на гальмові резистори при нерухомому дизель-поїзді для проведення перевірок дизель-генератора і його систем. За допомогою перемикачів силових перемичок забезпечується відключення інвертора від випрямляча в цьому режимі і протікання струму навантаження через убудовані в перетворювачі частоти вимірювальні шунти. У порівнянні з поїзним режимом напруга генератора знижується на 30% на 8-ій поз. і на 50% на 1-ій позиції, що необхідно врахувати при виборі електродвигунів вентиляторів холодильника дизеля.

У режимі електрогальма, крім того, діє захист:

- РМТ2 по максимальному струму гальмового резистора ТЕД (у ланці постійного струму) за допомогою реле, увімкненого на спадання напруги на гальмовому резисторі, спрацьовує при перевищенні максимального робочого струму на 15...25%;
- РМнТ по мінімальному гальмовому струму ТЕД (у ланці постійного струму), що одержує сигнал від зустрічних у перетворюванні частоти датчиків.

Реле мінімальної швидкості (РМнС) дає сигнал для переходу з електричного на пневматичне гальмування при швидкості нижче 5км/год. Захист РМТ2, РМнТ і реле РМнС діє на зняття керуючих імпульсів тиристорів перетворювача частоти.

При аварійному відключенні одного з електродвигунів електропередача може працювати тільки в тяговому режимі, режим електрогальма в цьому випадку не вмикається [16].

5.3.2 Розрахунок гальмівного режиму

Гранично припустимі гальмові зусилля за умовами зчеплення визначаються у відповідності до [16, 144] формули

$$V_{сц0} \quad (5.18)$$

Відповідно до технічного завдання характеристики електрогальма дизель-поїзда уявляються таким чином:

$$, \quad (5.19)$$

Режим електричного гальмування за умовами зчеплення забезпечується, тому що

$$V_{сц1} > V_{пр1}, V_{сц2} > V_{пр2}. \quad (5.20)$$

Потужність на валу тягових двигунів, яка необхідна для одержання необхідної гальмової сили, визначається за формулою

$$. \quad (5.21)$$

Результати розрахунків представлені в табл.5.3

Таблиця 5.3

Розрахунок гальмового резистора дизель-поїзда

Найменування показника	Позначення	Значення
Характеристики електрогальма, кмгод - кН	$V_i - V_{прi}$	5 – 123 42 – 123 130 - 43
Гранично допустимі гальмові зусилля за умови зчеплення, кН.	$V_{сц1}$ $V_{сц2}$	205,3 43,5
Потужність на валу тягових двигунів, яка необхідна для одержання необхідної гальмової сили, кВт	P_T	1515

5.3.3 Модель розрахунку гальмового резистора

Одним із основних вузлів електричного гальма, що працює у важких умовах, є гальмівний резистор. Тому для визначення його характеристик була розроблена відповідна модель.

Вихідними даними для моделі є

$$, \quad (5.22)$$

де P_{T1} – потужність на валу двигунів у гальмовому режимі, кВт 1515
 n – число двигунів 4
 U_d – напруга на гальмовому резисторі, V 1430

Оскільки в дизель-поїзді два головних вагони, то гальмова потужність, яка приходить на один головний вагон, дорівнює:

$$, \quad (5.23)$$

Гальмова потужність, яка виділяється на гальмовому резисторі, визначається за формулою

$$P_{T.pT1} * \eta_{дв} * \eta_{пч}, \quad (5.24)$$

де $\eta_{ДК}$ - ККД двигуна,

$\eta_{ПЧ}$ - ККД перетворювача частоти.

Величина опору гальмового резистора визначається за формулою

$$, \quad (5.25)$$

Тоді гальмовий струм буде дорівнювати

$$. \quad (5.26)$$

З урахуванням можливого розкиду опору гальмового резистора і нерівномірності струморозподілення ТЕД приймається струм на 7% більший, тобто

$$. \quad (5.27)$$

Гальмовий струм одного двигуна визначається за формулою

(5.28)

Визначимо напругу і струм на гальмовому резисторі, при навантаженні дизель-генератора на гальмовий резистор.

Вихідними даними є P_{dg} та R_{te} Струм та напругу на гальмівному резисторі знаходимо за формулами

(5.29)

$$U_{ddg} * R_{te}. \quad (5.30)$$

За умовами нагрівання тягового генератора зазначений режим допускається протягом не більш 10 хв з холодного стану.

Вихідними даними для розрахунків кількості гальмових резисторів, необхідних для електричного гальмування, при природній вентиляції є еквівалентний гальмовий опір у гарячому стані ($R_{te}=3\text{Ом}$), опір одного гальмового резистора в холодному стані елемента ($R_t=0,2\text{Ом}$), еквівалентний гальмовий опір у холодному стані ($R_{te}=2,8\text{ Ом}$), припустимий струм через елемент гальмового резистора при природній вентиляції (I_{tr})

Кількість рівнобіжних рівнів

$$n_{рив} \geq I_g / I_{tr}. \quad (5.310)$$

Кількість послідовно з'єднаних елементів визначається за формулою

$$n_{посл} = R_{te} / (R_t / 2). \quad (5.32)$$

Кількість елементів гальмового резистора

$$n = n_{рив} * n_{посл}. \quad (5.33)$$

Результати розрахунків наведені в табл. 5.4.

При використанні елементів гальмового резистора з примусовою вентиляцією їхнє число можна зменшити до $n = 14$ шт. (використовується один рівень з $n_{посл} = 14$).

Таблиця 5.4

Розрахунок гальмового резистора дизель-поїзда ДЕЛ-01

Найменування показника	Розмірність	Значення
Гальмова потужність, яка приходить на один головний вагон	кВт	757,5
Гальмова потужність, яка виділяється на гальмовому резисторі	кВт	683
Величина гальмового опору	Ом	3
Гальмовий струм	А	477
Уточнений гальмовий струм	А	510
Гальмовий струм одного двигуна	А	255
Струм на гальмовому резисторі	А	416
Напруга на гальмовому резисторі	В	1242
Кількість рівнобіжних рівнів	од.	2
Кількість послідовно з'єднаних елементів	шт.	28
Кількість елементів гальмового резистора	шт.	56

5.4 Удосконалення проведення динамічних та експлуатаційних випробувань

Були запропоновані нові підходи до проведення динамічних ходових та експлуатаційних випробувань вагонів, які показали їх економічну ефективність [22, 113, 199].

Основною метою експлуатаційних випробувань є перевірка загальної працездатності моторвагонного рухомого складу в умовах реальної експлуатації та обслуговування. В процесі випробувань оцінюється функціонування вузлів МВРС, стабільність параметрів регулювання, знос основних вузлів та деталей ходової частини, безпека та комфортність, а також можливість обслуговування в умовах діючих депо.

Результати випробувань МВРС, який сформований на основі причіпних вагонів типу 1003, показали, що вони забезпечують безпечне та комфортне перевезення пасажирів в приміському русі з відповідними швидкостями обертання і у відповідності до діючих правил на залізницях України [22].

При проведенні ходових випробувань силу опору гасителя коливань пропонується вимірювати новим способом, при якому підготовлюють елемент гасителя для наклеювання тензодатчиків, наклеюють тензодатчики на підготовлений елемент, комутують схему наклеєних датчиків, при цьому зусилля, що розвивається гасителем, визначають шляхом реєстрації напруг розтягу-стиску елемента гасителя з наклеєним тензодатчиком. Цей спосіб відрізняється від існуючих тим, що як елемент гасителя для наклеювання тензодатчиків використовують валик вузла кріплення гасителя коливань із рамою візка транспортного засобу [243].

5.5 Висновки по п'ятому розділу

За результатами проведеної роботи в п'ятому розділі можна зробити такі висновки:

1. 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.

2. 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, ДЕЛ-02 та електропоїздів ЕПЛ9Т в порожньому стані та з пасажирями.
3. Результати випробувань МВРС, який сформований на основі причіпних вагонів типу 1003, показали, що вони забезпечують безпечне та комфортне перевезення пасажирів в приміському русі з відповідними швидкостями обертання і у відповідності до діючих правил на залізницях України.
4. При проведенні ходових випробувань силу опору гасителя коливань пропонується вимірювати новим способом, при якому підготовлюють елемент гасителя для наклеювання тензодатчиків, наклеюють тензодатчики на підготовлений елемент, комутують схему наклеєних датчиків, при цьому зусилля, що розвивається гасителем, визначають шляхом реєстрації напруг розтягу-стиску елемента гасителя з наклеєним тензодатчиком. Цей спосіб відрізняється від існуючих тим, що як елемент гасителя для наклеювання тензодатчиків використовують валик вузла кріплення гасителя коливань із рамою візка транспортного засобу.

Розділ 6

Наукові основи діагностики та пошуку відмов нового моторвагонного рухомого складу

В шостому розділі була зроблена оптимізація виявлення та пошуку відмов МВРС.

6.1 Модель оптимізації пошуку та виявлення відмов

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

Методи, які побудовані на модульній декомпозиції, припускають розбивання початкової системи на незалежні підсистеми (модулі), які у свою чергу у процесі аналізу можуть бути розбиті на ще менші модулі і так до модулів неподільного рівня. Таким чином, під модулем розуміється частина системи, яку можна замінити одним елементом з характеристиками надійності виділеної частини системи. Оцінки надійності за типовими модулями можуть бути отримані аналітично, оцінки за іншими модулями можна отримати за допомогою імовірнісного моделювання.

Методи, які побудовані на аналітичному визначенні імовірнісних характеристик частин впливу на систему, передбачають визначення умовних характеристик імовірності по відношенню до частини впливу. У результаті початкового вивчення системи і впливу на неї знаходяться ті випадкові впливи, за якими може бути визначено аналітично умовне значення характеристики імовірності у залежності від інших випадкових впливів. Після отримання цієї залежності, використовуючи метод імовірнісного моделювання, знаходять оцінку питомих показників надійності системи.

Методи, побудовані на врахуванні апріорної інформації, передбачають отримання (аналітичне або за допомогою моделювання) інформації на стадії початкового дослідження системи або про більш просту модель системи, або про систему, яка відрізняється за структурою від досліджуваної, або про систему, але при інших, ніж у кінцевому її варіанті, значеннях її параметрів. Далі використовується моделювання імовірності системи, яка досліджується, і її аналога, оцінення якого проведено на стадії початкових досліджень. При такій організації моделювання реалізації, які спостерігаються, будуть корельовані, що приведе до зниження (і, часом, істотного) дисперсії величини, яка оцінюється.

Методи, які побудовані на базі зниження дисперсії, достатньо ретельно розглянуті. Загальним принципом їх побудови є метод Монте-Карло, при якому накопичується інформація з найбільш інформативної галузі реалізації випадкових величин, які моделюються. При цьому в процесі моделювання може вводиться кореляція між окремими випадковими реалізаціями, випробуваннями, частинами системи, яку моделюють, системи в цілому і її спрощеним варіантом, можуть змінюватися параметри початкових законів розподілу відмов і встановлення елементів системи, може організовуватися розшарування вибірки, яку отримуємо за галузями з ідентичними характеристиками імовірності, можливі й інші способи зниження дисперсії оцінки надійності.

Методи, побудовані на адаптації моделі в процесі моделювання, передбачають двох - трьохетапне моделювання системи. На першому етапі проводиться машинний аналіз структури системи і її параметрів, на основі якого на другому етапі вибирається

прискорений алгоритм, модуль алгоритму або параметри прискореного алгоритму (модуля), найбільш ефективні для аналізу даної системи. При багатоетапних схемах адаптація може виконуватися декілька разів у процесі моделювання. Методи, які відносяться до цієї групи, почали розвиватися відповідно недавно. Вони найбільш ефективні для моделювання дуже важких і високонадійних систем [63].

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 апріорну, так і накопичену в процесі моделювання. Такий підхід до організації моделювання імовірності отримав назву адаптованого. Розрізняють такі рівні інформованості розробника алгоритму про систему, яку досліджують:

- відома обчислювальна система , яка найбільш підходить для даної задачі;
- відомий набір прискорених вибірових процедур;
- відомий набір обчислювальних схем, які можуть бути використані для розв'язання даної задачі.

Згідно з цим розрізняють три види адаптації алгоритмів моделювання імовірності:

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

Адаптація може здійснюватися один раз під час моделювання або декілька разів по мірі накопичення необхідної інформації.

Загальна схема алгоритму адаптування може бути подана у такому вигляді:

, (6.1)

- де
- введення початкових даних;
 - організація вибірки;
 - відтворення процесу, який досліджуємо;
 - оцінення показників надійності функціонування системи;
 - оцінення точності результату;
 - перевірка умов дослідження точності;
 - перевірка умови необхідності адаптації;
 - адаптація алгоритму;

Z9 - видача результатів, закінчення моделювання.

Випадкова величина, математичне очікування якої є оцінкою питомого параметра надійності системи, може задаватися у різному вигляді, в даному випадку у вигляді бінарної функції стану, яка реалізується за допомогою машинного алгоритму.

Можливі реалізації процедури адаптації за схемою «морфологічного куба» поєднанням різних процедур прискорення одночасно. В даному випадку – процедури відсічення нестационарної ділянки, розширеної вибірки і антитетичної вибірки після відповідних проб.

Кожний з методів прискорення, які використовуються, має свої обмеження. Пробний прогін моделі може бути замінений аналізом надійної структури системи, яка дозволяє визначити на першому ж етапі найбільш раціональну обчислювальну схему. Як аналізування можуть бути закони розподілу випадкових факторів, надійності характеристики елементів, структура та ін.

При цьому виділяються три основні узагальнені схеми адаптивного алгоритму по кожному з видів адаптації:

- з вибором з числа заданих дискретних алгоритмів;
- з переходом від однієї вибіркової процедури до іншої в межах питомого алгоритму;
- з уточненням набору вибірових процедур.

Розглянемо їх види. Узагальнена схема адаптивного алгоритму з вибором з числа заданих дискретних алгоритмів наводиться таким виразом:

$$, \quad (6.2)$$

де - введення початкових даних;

- організація моделювання з використанням методу прямого імовірнісного моделювання;
- аналіз проміжних результатів і параметрів системи, яку досліджуємо;
- визначення найбільш придатного з числа вже існуючих прискореного моделюючого алгоритму;
- виклик відповідного алгоритму замість початкового;
- організація прискореної вибірки;
- оцінення показників надійності;
- оцінення точності результату;
- перевірка умов досягнення точності;
- перевірка умов необхідності адаптації;
- закінчення моделювання.

Узагальнена схема адаптивних алгоритмів з переходом від однієї вибіркової процедури до іншої в межах питомого алгоритму

$$, \quad (6.3)$$

де - введення початкових даних;

- організація моделювання з використанням методу прямого імовірнісного моделювання;
- аналіз проміжних результатів і параметрів системи, яку досліджуємо;
- введення в склад питомого алгоритму, що моделюється, відповідного прискореного модуля;
- організація прискореної вибірки;
- оцінення показників надійності;
- оцінення точності результату;
- перевірка умов досягнення точності;
- перевірка умов необхідності адаптації;
- видача результатів, закінчення моделювання.

Узагальнена схема адаптивних алгоритмів з уточненням набору вибірових процедур у оперативному вигляді:

(6.4)

- де
- введення початкових даних;
 - організація моделювання з використанням методу прямого імовірнісного моделювання;
 - аналіз проміжних результатів і параметрів системи, яку досліджуємо;
 - введення в склад питомого алгоритму, що моделюється, відповідного прискореного модуля;
 - вибір найкращої процедури з набору даних;
 - організація прискореної вибірки;
 - оцінення показників надійності функціонування системи;
 - оцінення точності результату;
 - перевірка умов необхідності адаптації;
 - видача результатів, закінчення моделювання.

6.2 Наукова концепція моделювання та побудови оптимальних програм діагностування обладнання МВРС

Новий МВРС має вбудовану (бортову) систему контролю і діагностування технічного стану, асинхронний тяговий електропривод, мікропроцесорні системи керування, системи безпеки руху, спостереження за посадкою пасажирів, оперативного

візуального інформування, пожежної й охоронної сигналізації. Це викликає необхідність наукового обґрунтування алгоритмів побудови оптимальних програм діагностування при проведенні сервісного та технічного обслуговування.

За останні роки виконано достатньо досліджень, присвячених підвищенню експлуатаційної надійності локомотивів шляхом впровадження раціональної системи утримання бортових та переносних пристроїв діагностування [218, 233, 252, 253, 254, 255]. В той же час досліджень, спрямованих на наукове обґрунтування технології та організації сервісного і технічного обґрунтування нового МВРС, створеного на Україні, проводиться надто мало [219, 222].

Розглянемо МВРС, який може бути представлений його функціонально-логічною моделлю, кожний з n елементів якого (які складають множину Ω) може знаходитися в одному з двох можливих станів – працездатному або непрацездатному, і відомо, що один з елементів непрацездатний. Задана матриця T тестів, застосування кожного з яких дозволяє судити про належність елемента який відмовив, деякій підмножині ω , і вектор-стовпчик C затрат, пов'язаних з застосуванням кожного тесту. Підмножини ω у загальному випадку самовільним чином пересікаються, а сукупність тестів, яка є, передбачається достатньою для виявлення будь-якого елемента, який відмовив. При пошуку єдиної відмови існує очевидна ознака достатності T : усі рядки матриці повинні бути попарно різноманітні.

Пошук елемента, який відмовив виконується поступовим застосуванням тестів матриці T за умовною схемою, тобто аналізується кінець застосування кожного тесту і вибір тесту для застосування на наступному кроці, який здійснюється за результатами аналізу. Задача полягає в побудові умовної програми проведення перевірок, яка забезпечує виявлення відмови будь-якого елемента при мінімумі максимально можливих затрат на проведення процедури.

Визначимо стратегію S пошуку відмови як умовний порядок застосування деяких тестів, які продовжуються до виявлення елемента, який відмовив.

Сумарні затрати пов'язані з конкретною стратегією S , яка є, очевидно, випадковою величиною, значення якої залежать від номера елемента, який відмовив.

Нехай C_j - максимальне значення цієї випадкової величини. Тоді задача зводиться до побудови оптимальної стратегії S^* , для якої

$$C_j = \min_{S_j} C_j(S_j) \quad (6.5)$$

В подальшому розглядаються лише максимальні значення сумарних затрат на пошук відмови, розподіл вірогідності даної випадкової величини не використовується і не передбачається відомим, так само як і вірогідності непрацездатних станів елементів, які визначають цей розподіл. Таким чином, мінімальний підхід до задачі не потребує знання статистики відмов і, отже, може бути використаний при відсутності такої статистики.

Нехай відома деяка стратегія S разом з усіма частковими стратегіями пошуку відмов у підмножинах ω , причому порядок застосування тестів стратегії відповідає їх нумерації. Тоді, якщо відомі максимальні затрати на реалізацію усіх

часткових стратегій то можна визначити з виразу

$$(6.6)$$

У відповідності до ідеї рекурсивного методу будемо розглядати застосування тестів для пошуку елемента, який відмовив, як послідовну розбивку Ω до отримання одноелементних підмножин. На кожному рівні розбивки можна використовувати лише тести, значні для підмножини, яку розбивають на даному рівні. Якщо на першому рівні використаний тест t_1 , то сукупності (матриці) тестів, значних для підмножин Ω_1 і Ω_2 , позначимо відповідно T_1 і T_2 .

Розглянемо самовільний етап пошуку відмов, на якому визначені підмножини Ω_1 і Ω_2 , які піддаються діленню на даному кроці, і матриця тестів T , значних для цієї підмножини. Припустимо, що визначена деяка стратегія S , на першому кроці якої застосовується тест t_1 . Застосування цього тесту Ω_1 і Ω_2 розбиваються на Ω_{11} і Ω_{12} , причому, якщо відома стратегія S , то відомі і стратегії подальших розбивань Ω_{11} і Ω_{12} . Враховуючи це, наведемо стратегію S' :

$$(6.7)$$

Якщо відомі максимальні витрати R_1, R_2 на пошук відмов у підмножинах Ω_1 і Ω_2 відповідно, то їх можна подати як

$$(6.8)$$

і максимальні витрати, відповідні будь-якій стратегії S , можна обчислити рекурентним способом, починаючи з одноелементних підмножин.

Відповідно до наведеного далі алгоритму 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, за припущенням елемент, який відмовив), визначається матриця T_i істотних тестів і по черзі формуються умовно – оптимальні стратегії

$$(6.9)$$

такі, що на першому їх кроці використовується один з тестів матриці, а подальший пошук відмов у підмножинах S_i проводиться оптимальним чином. Якщо оптимальні стратегії подальшого розбиття S_i для яких (– або умовно-оптимальної стратегії) невідомі, то процес переходить на наступний рівень для визначення бракуючих результатів. Якщо такі стратегії відомі (або застосуванням тесту T_i підмножина розбивається на одноелементні, подальша локалізація відмов в яких не потрібна) – то серед умовно-оптимальних стратегій вибирається краща (з мінімумом максимальних витрат на реалізацію), яка і буде оптимальною для даного рівня розбиття.

Якщо S_i – процес закінчений, якщо $S_i = \emptyset$ – перехід на попередній рівень. Систематичне повторення описаної процедури на всіх етапах пошуку приводить до побудови оптимальної стратегії S^* .

Для підвищення ефективності скороченого перебору допустимих варіантів стратегій пошуку на кожному рівні розбиття S_i проводиться побудова не всіх умовно – оптимальних стратегій, а лише деяких з них, так званих перспективних, неперспективні варіанти (які явно не містять оптимального) відкидаються до їх побудови [9].

Загальна схема алгоритму пошуку має наступний вигляд:

, (6.10)

- де
- формування масиву початкових даних матриця T , вектор – стовпець τ , вводяться початкові значення змінних: $i = 1, w$;
 - визначення підмножини S_i для побудови оптимальної стратегії S_i^* на поточному циклі обчислень (виконується припущення, що перевірки, проведені на попередніх етапах, відмова локалізована до S_i . Вводяться початкові значення змінних циклу: $k=1, \beta=0$. Формується матриця істотних тестів T_i . Процес починається з розгляду T_i);
 - контроль потужності підмножини S_i ;
 - фіксування чергового тесту матриці T_i , починаючи з T_{i1} , для розбиття підмножини S_i ;
 - контроль наявності оптимальної стратегії подальшого розбиття S_i ;
 - S_i - контроль наявності оптимальної стратегії S_i^* ;

- .3 - формування умовно – оптимальної стратегії , обчислення максимальних витрат на її реалізацію і визначення базової стратегії ;
- .3 - визначення змінної z як різниці між числом тестів матриці і поточним значенням k ;
- , , , - перевірка перспективності умовно-оптимальної стратегії;
 - фіксування закінчення поточного циклу обчислень і проведення його ідентифікації;
 - перевірка закінчення обчислень;
 - При пошук елемента, що відмовив, закінчений , , якщо , то оптимальна стратегія пошуку відмови на очевидна: , ; , , , , , , , - блоки присвоєнь значень;
 - перехід до наступного зовнішнього циклу;
 - кінець.
- Систематичне повторення описаної процедури на всіх етапах пошуку приводить , очевидно, до побудови оптимальної стратегії .

6.3 Модель визначення оптимальних значень показників надійності

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 виконувалась за критерієм мінімуму приведених річних витрат

$$W(\lambda) = W_0(\lambda) + W_1(\lambda), \quad (6.11)$$

де λ – показник надійності;

$W_0(\lambda)$ – частина приведених річних витрат, що визначає етапи розроблення та виробництва систем контролю;

$W_1(\lambda)$ – 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

$$, \quad (6.12)$$

- де
- приведені річні витрати (ПРВ) для і-го функційного вузла;
 - коефіцієнт, що встановлює залежність між ПРВ для і-го функціонального вузла і значенням показника надійності в момент τ ;
 - показник надійності в момент часу безвідмовної роботи в момент τ ;
 - значення, яке вимагається від показника надійності в момент τ .

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

$$(6.13)$$

Так, при експоненціальному законі розподілу часу безвідмовної роботи та часу відновлення для невідновлюваних пристроїв маємо

$$(6.14)$$

Для відновлюваних пристроїв

$$(6.15)$$

$$(6.16)$$

Для приладів, які характеризуються змінним режимом роботи:

$$(6.17)$$

а лі визначається з трансцендентного рівняння

(6.18)

6.4 Використання сучасних інформаційних технологій при діагностиці моторвагонного рухомого складу

На першому етапі впровадження нового моторвагонного рухомого складу на залізницях України пропонується облік надійності його вузлів вести з використанням АРМ спеціалістів сервісної групи або інженерів-технологів депо [139, 174, 321]. Блок-схему ведення обліку інформації про технічний стан і експлуатацію МВРС наведено на рис.6.1.

Так, для електропоїздів змінного струму на ВАТ ХК "Луганськтепловоз" під керівництвом та за участю автора сумісно з СНУ ім. Даля та УкрДАЗТ розробляється система обліку та обробки інформації про надійність рухомого складу "Експрес-2005" [174, 258, 274, 281, 288, 304, 321, 264].

Дана система призначена для ведення електронного обліку показників технічної експлуатації та надійності моторвагонного рухомого складу (рис.6.2) і дозволяє ефективно контролювати його справність. Вона повинна бути складовою програмного забезпечення АРМів депо.

Основними задачами, які вирішуються даною системою, є [45]:

- * виконувати автоматизоване введення та редагування даних по пробігах та відмовах, планових та непланових ремонтах рухомого складу;
- * додавати та редагувати, обробляти та зберігати дані;
- * формувати вибірки даних про відмови для систем, вузлів конкретного РС, рухомих одиниць одного типу;
- * групувати дані про відмови підсистем РС з визначенням відсоткового співвідношення числа відмов кожної з них;
- * будувати діаграми та графіки, що відображають динаміку виникнення відмов у вузлах РС;
- * визначати показники надійності РС за статистичними даними;
- * діагностувати обраний об'єкт за показниками надійності.

Разом з цим дана система потребує виділення додаткового робочого місця для виконання заданих задач, навчання персоналу та обладнання робочого місця комп'ютерною технікою та відповідним програмним забезпеченням.

На другому етапі пропонується параметри по надійності вести з використанням вбудованих засобів контролю та діагностики. Для цього

необхідно розробити відповідне програмне та методичне забезпечення.

6.5 Висновки по шостому розділу

За результатами проведеної роботи в шостому розділі можна зробити такі висновки:

1. Була зроблена оптимізація виявлення та пошуку відмов МВРС. Розроблений алгоритм визначення оптимальної стратегії діагностування у відповідності до розробленої моделі.
2. При розробленні технологій сервісного та технічного обслуговування МВРС, його наукомістких складових треба використовувати запропоновану концепцію адаптації алгоритмів та оптимізації програм контролю і діагностування на базі мінімакських стратегій з урахуванням мінімуму максимально можливих витрат.
3. При подальшому доопрацюванні конструкції нового МВРС необхідно автоматизувати контроль працездатності та пошуку на основі рекомендованої наукової концепції побудови оптимальних програм діагностування.
4. Розроблена наукова концепція моделювання та побудови оптимальних програм діагностування обладнання МВРС на основі аналізу існуючих методів та їх доопрацювання, оптимізації програм контролю при неповній інформації щодо надійності в експлуатації.
5. При розробленні технологій сервісного та технічного обслуговування МВРС, його наукомістких складових треба використовувати запропоновану концепцію адаптації алгоритмів та оптимізації програм контролю і діагностування на базі мінімакських стратегій з урахуванням мінімуму максимально можливих витрат.
6. При подальшому доопрацюванні конструкції нового МВРС необхідно автоматизувати контроль працездатності та пошуку на основі рекомендованої наукової концепції побудови оптимальних програм діагностування.

РОЗДІЛ 7

СИСТЕМА ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ НОВОГО МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

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 ТО, діагностування та екіпіровки виникає низка задач моделювання багатоканальних СМО з очікуванням та взаємодопомогою між каналами типу «усі як один». Дана наукова задача вирішується в сьомому розділі.

7.1 Модель системи технічного обслуговування та ремонту для нового моторвагонного рухомого складу

Планово-попереджувальну систему ремонту переважно застосовують для рухомого складу, у конструкції якого використовують здебільшого механічні вузли, електромеханічні комутаційні апарати, колекторні електричні машини, технічний стан яких може бути визначено при огляді або із застосуванням контрольно-вимірювальних приладів.

Фактичний технічний стан складних систем, до яких відноситься перспективний МВРС, створений з використанням безколекторних електричних двигунів, сучасних деталей і вузлів, що містять електронні й мікропроцесорні компоненти, може бути визначений тільки за допомогою спеціальних засобів контролю й діагностики, а також методів непрямого визначення зношування.

На ряді залізниць Європи та США застосовуються автоматизовані інформаційні системи керування експлуатацією й ремонтом рухомого складу, що дозволяють диференціювати міжремонтні строки з обліком його фактичного технічного стану.

Проведення таких операцій стало можливим завдяки широкому застосуванню засобів обчислювальної техніки для збору, обробки й аналізу більших масивів інформації про технічний стан перспективного рухомого складу.

Застосування сучасних систем контролю та діагностики має перспективу подальшого розвитку й удосконалювання за рахунок розширення функціональних можливостей і розроблення нових програмних засобів.

Впровадження бортових і стаціонарних засобів діагностики на перспективному МВРС дозволяє автоматизувати не тільки збір інформації про режими експлуатації, виконувати аналіз причин відмов, але й визначати ступінь завантаженості вузлів і агрегатів. Це в свою чергу дозволить оптимізувати процес керування експлуатацією й ремонтом

рухомого складу завдяки оціненню інтенсивності зношування, прогнозуванню залишкового ресурсу встаткування рухомого складу, плануванню строків ремонту тощо. Крім того, така система дозволяє впливати на підвищення надійності вузлів при їхньому виготовленні й експлуатації.

Залізниці, встановлюючи технічні вимоги й норми на проектування, технічне обслуговування й ремонт рухомого складу, можуть впливати на його експлуатаційні властивості. Фірми-виробники, в свою чергу, збільшують обсяги різних видів ремонту й модернізації технічних засобів, забезпечуючи стійкий зворотний зв'язок виробництва й експлуатації. Для справного функціонування системи, ще на стадії проектування має бути передбачено:

- забезпечення вільного доступу до всіх деталей і вузлів;
- модульність конструкцій, уніфікацію й резервування встаткування;
- розроблення систем контролю, виявлення несправностей і діагностики;
- застосування зносостійких елементів конструкцій;
- застосування безлюдних і малолюдних технологій ремонту з логічною послідовністю виконання операцій;
- підготовку високоякісної технічної документації.

Сучасні вимоги до надійності й ремонтпридатності рухомого складу передбачають, що високу надійність і низьку вартість життєвого циклу доцільніше всього забезпечувати при його розробленні, удосконалюючи на етапі проектування потенційно навантажені вузли й деталі. Практично доказано, що доводити в експлуатації погано розроблену конструкцію рухомого складу важко, довго й дорого.

Тому для визначення раціональної системи ТОР МВРС було розглянуто можливість застосування адаптивної моделі системи ТОР з урахуванням фактичного стану й імовірнісного характеру факторів [69, 155], що впливають на МВРС в експлуатації (рис. 7.1).

Одним з елементів даної моделі є визначення характеристик системи ТОР. Система ТОР залежить від техніко-конструктивних параметрів МВРС, ремонтної бази (виконавця ремонту) і умов експлуатації, тоді отримаємо

$$S_{ТОР} = f(I_{ТР}, I_{РЕМ}, I_{ЕКС}), \quad (7.1)$$

де $I_{ТР}$ – техніко-конструктивні параметри МВРС;

$I_{РЕМ}$ – параметри, які характеризують ремонтну базу депо;

$I_{ЕКС}$ – параметри, які характеризують умови експлуатації МВРС.

В запропонованій в роботі [69] адаптивній моделі системи ТОР для корегування параметрів системи за базову, згідно з технічним завданням, яке узгоджено Укрзалізницею, було прийнято планово-попереджувальну

систему.

За основу розрахунків раціональних параметрів системи приймається модель, яка враховує витрати на проведення основних видів технічного огляду та ремонту, на усунення наслідків позапланових відмов, а також витрати на проведення моніторингу, технічної діагностики. В подальшому МВРС надходить до експлуатації з міжремонтним циклом за раціональною системою ТОР. За експлуатаційними показниками МВРС можливі інші види витрат для забезпечення заданого рівня безвідмовності рухомого складу, а також проведення модернізації або капітально-відновлювального ремонту, модернізації ремонтної бази, які завдяки адаптивності системи будуть враховані для наступних одиниць рухомого складу ще на стадії проектування.

Запропонована адаптивна модель забезпечує порівняльне оцінювання варіантів системи ТОР для МВРС на протязі встановленого періоду експлуатації та порівняння ефективності різноманітних заходів та методів при відновленні працездатності рухомого складу [69].

На першому етапі виконується аналіз та розрахунки необхідних показників, які характеризують технічні характеристики МВРС, ремонтну базу та систему експлуатації.

Вибір типу системи експлуатації, технічного обслуговування та ремонту виконується на другому етапі експертним методом.

На третьому етапі виконується оптимізація системи ремонту, в результаті якої отримують основні показники системи ТОР: кількість і порядок чергування ТО та ПР за повний період експлуатації МВРС між капітальними ремонтами, міжремонтні пробіги, обсяги та тривалість ТО та ПР.

Раціональний ремонтний цикл вибирається із множини раціональних варіантів з використанням поетапного структурного аналізу конструкції МВРС та визначенням для окремих деталей та груп деталей раціональних напрацювань між ремонтами L_{pij} .

Під час експлуатації МВРС система ТОР корегується з урахуванням експлуатаційних показників та діагностичних даних, які накопичуються, обробляються за відомими методами, одні з яких були розроблені в УкрДАЗТ на кафедрі ЕРРС Бутько Т.В. [62]. Аналогічно виконується корегування параметрів системи і, при модернізації, вузлів МВРС, або ремонтної чи експлуатаційної бази депо. Експлуатація дає можливість виявити слабкі вузли, які необхідно буде удосконалити, що приведе до зміни технічних параметрів МВРС, і, як наслідок, до корегування самого типу системи ТОР. Удосконалення системи експлуатації або ремонтної бази депо за рахунок впровадження нових технологій ремонту або інших заходів також приведе до необхідності корегування типу ТОР. Аналогічні роботи необхідно буде виконувати і при модернізації РС заводом-виробником.

У наведеній моделі, у розрізі поставленої проблеми нас найбільше зацікавить п'ятий та перший етапи, оскільки при виборі системи та визначенні її характеристики не враховувались вбудовані системи контролю та діагностики. Дані системи потребують доведення алгоритмів своєї роботи в експлуатації, після чого можлива зміна типу системи ТОР.

Система ТОР в основному залежить від типу МВРС та стану ремонтної бази депо, тобто $S_{ТОР} = f(T_{МВРСi}, Rem_{МВРСi})$. 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 [2, 18].

Виходячи з проведеного аналізу існуючих тенденцій розвитку систем утримування зазначимо, що система ТОР для перспективного МВРС потребує удосконалення завдяки впровадженню раціональних параметрів, в яких враховано тип системи, спосіб виконання робіт та виконавця, конструкцію МВРС, вбудовані системи контролю та діагностики і умови його експлуатації. Дана проблема є складною та має актуальний характер, а тому необхідно доопрацювати вище-наведену адаптивну модель, яка б враховувала ці складові (рис. 7.2).

Рис.7.2. Загальна структура взаємовпливу різних характеристик системи обслуговування та ремонту МВРС

7.1.1 Загальна постановка задачі

Існує ряд технічних, організаційних і економічних проблем експлуатації й ремонту тягового рухомого складу: зростання обсягу перевезень залізничним транспортом і необхідність їхнього забезпечення рухомим складом необхідної потужності й надійності; обмеженість фінансових ресурсів галузі й необхідність збільшення витрат на ремонт внаслідок його старіння; застарілий рівень технології й матеріально-технічної бази депо й необхідність підвищення якості й ефективності ремонту; висока вартість дизельного палива й електроенергії й потреба

зниження частки витрат енергоресурсів на тягу поїздів; застосування рухомого складу з наукоємними вузлами, експлуатаційних даних про надійність яких немає, що в свою чергу впливає на безпеку руху.

Вирішення цих проблем можливо при переході від планово-попереджувальної системи ремонту до системи ремонту з обліком фактичного технічного стану, а потім до системи ремонту за фактичним технічним станом на основі регламентованого використання автоматизованих діагностичних і технологічних комплексів.

У результаті вдосконалювання системи ремонту й технічного огляду МВРС на основі регламентованого застосування засобів контролю та технічної діагностики планується отримати економічний ефект за рахунок: підвищення рівня безпеки руху, скорочення енерговитрат на тягу локомотивів, зменшення впливу динамічних навантажень на колійні пристрої й поліпшення екологічних параметрів; продовження строку служби; зниження витрат всіх видів ресурсів на ремонт і технічне обслуговування.

Цільовою функцією математичної моделі є функція мінімізації експлуатаційних витрат на обслуговування та ремонт МВРС на протязі усього життєвого циклу [157]

(7.2)

де - витрати на обслуговування та ремонт МВРС за весь життєвий цикл, тис. грн;

- тип системи ТОР;

- загальні відомості про тип, інвентарний парк та регіон експлуатації МВРС;

- спосіб виконання обслуговування та ремонту;

- термін служби МВРС, років;

- кількість вузлів в МВРС, ;

Ці – ціна вузла МВРС, , тис. грн;

- ціна МВРС, тис. грн;

- вузли МВРС, ;

- виконавець ТОР, ;

- вид обслуговування чи ремонту, ;

- витрати на ТОР при n - му типі системи за весь життєвий цикл, ; тис. грн.

.3 - кількість t - типу обслуговування чи ремонтів при n – му типі ТОР;

k – коефіцієнт, який враховує вартість МВРС при визначенні вартості життєвого циклу.

Для вирішення оптимізаційної задачі запропонована модель, в основу якої закладена залежність (7.2).

7.1.2 Модель визначення раціональної системи обслуговування та ремонту

В деяких випадках обмеження в задачі оптимізації дозволяють через один з параметрів оптимізації виразити інші та виключити їх з цільової функції. В результаті задача буде зведена до пошуку найбільшого або найменшого значення скалярної дійсної функції

пошуку найменшого значення

функції та точки, в якій набуває цього значення. В даному випадку ми говоримо про одновимірну мінімізацію.

При розрахунку раціональної системи ТОР задача пошуку мінімуму зводиться до визначення мінімального, тому загальний вигляд шуканої функції буде мати вигляд

(7.3)

Будемо вважати, що значення складається з добутку скалярних значень

(7.4)

де t – витрати m – м виконавцем на t виді обслуговування чи ремонту при n типі системи;

z – кількість експлуатованих локомотивів;

t – кількість t - типу обслуговування чи ремонтів при n – му типі ТОР та m -му виконавці;

t – вузол, якому виконується ТО чи ПР m – м виконавцем на t виді обслуговування чи ремонту при n типі системи.

Введемо обмеження на вихідний масив

;

звідки та мають такий вигляд:

де C_i – ціна вузла МВРС, грн,

Для розрахунку функції одного змінного, в якому використовуються значення функції в точках проміжку та не використовуються значення її похідних, використовуємо методи прямого пошуку. Серед двох груп методів прямого пошуку використовуємо послідовний пошук, при якому точки обирають послідовно, тобто для вибору наступної точки використовують значення функції, що визначені за попередніми точками.

7.1.3 Модель визначення виконавця для виконання відповідного виду обслуговування та ремонту

Виходячи з загальної цільової функції наступним кроком була розроблена модель визначення виконавця для виконання відповідного виду обслуговування та ремонту

$$(7.5)$$

де C_{im} – вартість обслуговування або ремонту i – го вузла m – м виконавцем;

- вузол, якому виконується ТО чи ПР m – м виконавцем.

Для розрахунку C_{im} була сформована матриця вартості обслуговування або ремонту i -го вузла m -м виконавцем на t виді обслуговування чи ремонту

(7.6)

Обмеження, що накладаються на функцію, аналогічні наведеним в формулі 7.4. Необхідні умови оптимальності для точки C^* , де реалізується локальний

мінімум функції полягають в такому:

■ $\nabla F(C^*) = 0$, тобто C^* є стаціонарною точкою;

■ матриця $H(C^*)$ позитивно напіввизначена.

Це доводить тейлорівський розклад цільової функції у межах точки C^* . Як і в одномірному випадку, градієнт може перетворюватися в нуль у точках, де немає локального мінімуму, та в точках, де немає ні мінімуму, ні максимуму (сідлові точки).

Достатні умови для того, щоб точка C^* , була точкою сильного локального мінімуму, полягають в такому:

■ $\nabla F(C^*) = 0$;

■ матриця $H(C^*)$ позитивно визначена.

Можливі різноманітні методи пошуку точки мінімуму в даній задачі з лінійними обмеженнями. Найпростіший з них базується на методі покоординатного спуску в просторі вільних змінних. Послідовний перебір цих змінних виконують за правилами лінійного програмування симплекс-методом [123, 149].

7.1.4 Визначення параметрів системи технічного обслуговування та ремонту

Модель розв'язання задачі мінімізації витрат завдяки визначенню оптимальних міжремонтних пробігів за групами вузлів МВРС виконувалась за розробленим алгоритмом. Для визначення витрат в залежності від кількості ремонтів i -го вузла на видах ремонту була розроблена математична модель, вихідними даними для якої є:

- групи вузлів МВРС;
- вартість ремонту групи вузлів, грн;
- міжремонтні пробіги, км;
- ресурс групи вузлів, км;

- вартість ремонту i -ї групи вузла на j -ому ремонті, грн;
- ціна групи вузла, грн;
- термін служби МВРС, р..

Цільовою функцією для розрахунків моделі є мінімум витрат на ремонт i -ої групи вузлів на ремонті

(7.7)

(7.8)

При цьому було введено додатково обмеження

7.1.5 Заходи по удосконаленню системи обслуговування та ремонту МВРС заводом-виробником

Система TOP задається на етапі технічного завдання і подається масивом показників системи $PTOP_i = \{pTOP_{ij}\}$. 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 є дуже наукоємними та складними, що утруднює їх ремонт в експлуатації. А реформування та реструктуризація залізниці ці проблеми ще більше підкреслюють. 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 пропонуються 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 $KHE > 0,75$.

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 $0,25 < KHE < 0,75$.

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 $KHE < 0,25$. Основні переваги та недоліки наведених способів подані в табл.7.1.

Вибір типу системи ТОР та її основних показників рекомендується виконувати для кожного типу МВРС з використанням адаптивної моделі, яка розроблена на кафедрі "Експлуатація та ремонт рухомого складу" [10, 16, 62, 83, 103, 105, 119, 124, 145, 149-151, 170, 307, 309].

Таблиця 7.1

Переваги і недоліки способів обслуговування та ремонту рухомого складу

Спосіб виконання ТОР	КНЄ	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 ... 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

7.2 Модель системи технічного обслуговування та екіпірування для нового моторвагонного рухомого складу

Незалежно від обраної системи експлуатації МВРС при кожному основному депо є екіпірувальне господарство для екіпірування (після поточного ремонту і технічного обслуговування, із резерву залізниці й запасу) рухомого складу, а також зайнятих на маневровій та інших видах непоїзної роботи, а також поїзних локомотивів. Як правило, екіпіровка виконується на території основних і оборотних депо і у більшості випадків поєднується з проведенням чергового технічного обслуговування (ТО-2).

У залежності від габаритів тягової території екіпірувальне господарство може бути розміщене паралельно або послідовно відносно будівель локомотивного депо. Можливе і комбіноване планування. Розміщення екіпірувальних пристроїв повинно забезпечувати поточність проходження екіпірувальних операцій, яка виключає по можливості повертальні рухи МВРС.

При електричній тязі маневрова робота звичайно виконується тепловозами. Тому, крім пристроїв для екіпірування електропоїздів, потрібно мати додаткові пристрої для забезпечення дизельного МВРС дизельним паливом, охолоджувальною водою і дизельним маслом з розміщенням їх на коліях, які не мають контактного дроту [2].

При кільцевій їзді деякі операції екіпіровки можуть виконуватись на прийнятно-відправних коліях ділянкових станцій, а в окремих випадках – і на території проміжних станцій і вузлових парків, де працює значна кількість маневрових і господарських локомотивів.

Роботу потокової лінії ТО, яка проходить по одній наскрізній колії, можна розглядати, як одноканальний ПТО МВРС з очікуванням. При цьому цілеспрямовано розглядаються два варіанти: одноканальний ПТО МВРС з обмеженою чергою і одноканальний ПТО МВРС з необмеженою чергою. Потоків ліній ТО, які проходять по двох і більш наскрізних паралельних коліях, краще розглядати, як багатоканальний ПТО МВРС з очікуванням (з обмеженою чергою, з необмеженою чергою, з взаємодопомогою між каналами, без взаємодопомоги).

Оптимізація СМО, що розглядаються, має три напрямки: зменшення дисперсії вхідного потоку обслуговування, оптимальне значення пріоритетів і оптимальне керування СМО. З точки зору керування ці задачі є багатокритеріальними, причому ідеальне керування з адаптацією у принципі можливе, коли на змінення система миттєво реагує зміною . Зменшення дисперсії вхідного потоку – задача експлуатаційників, вирішення якої уявляється можливим у рамках розв'язання підзадач АСУ локомотивним парком. Технологічним процесом ТО передбачено близько 70% виконання операцій як контрольно-діагностичних, так і регулювальних. Призначення пріоритетів зв'язано з вибором тактики обслуговування. Технологічний процес ТО складається з обов'язкових робіт (ОР), контрольно-діагностичних (Д) і усунення несправностей (УН), тобто тактика ОР-Д-УН. Як показали дослідження Н.Я. Говорущенко у автомобільному транспорті, при широкому застосуванні засобів діагностики обсяг обов'язкових робіт буде постійно зменшуватися, і в перспективі можна очікувати перехід до тактики Д-УН. Таким чином, стане потрібним обґрунтування наведених тактик обслуговування шляхом створення моделей пріоритетних СМО, дослідження поведінки і параметрів таких ліній [107, 146, 147, 170, 275, 307, 309].

Сучасний МВРС обладнаний інформативними системами контролю технічного стану, має систему електронного обліку показників технічної експлуатації, включаючи тепловізійний неруйнівний контроль та моніторинг ряду параметрів [16, 49]. При проведенні ТО, діагностування та екіпіровки виникає низка задач моделювання багатоканальних ПТО МВРС з очікуванням та взаємодопомогою між каналами типу «усі як один» [77, 79].

Є - канальний ПТО МВРС з чеканням без обмежень на довжину черги і на час чекання в черзі працює з взаємодопомогою між каналами типу «усі як один». Будемо припускати, що вхідний потік, потік обслуговувань одночасно - каналами найпростіші з інтенсивністю відповідно . Якщо пронумерувати стан даної СМО за числом заявок, що знаходяться в системі (у черзі і під обслуговуванням), то безліч станів буде нескінченною:

- в системі немає заявок, усі - каналів вільні, черги немає;
- у системі 1 заявка під обслуговуванням, усі - каналів зайняті обслуговуванням цієї заявки, черги немає;

- у системі 2 заявки: 1 заявка - - під обслуговуванням і 1 заявка - - у черзі, всі - каналів зайняті;

- у системі k заявок: 1 заявка під обслуговуванням і (k-1) заявок у черзі, всі і каналів зайняті.

Очевидно, що розмічений граф стану СМО буде мати такий вигляд:

Рис.7.3- Граф стану ПТО МВРС

Розглянутий ПТО МВРС працює як одноканальний з чеканням, у якому μ треба замінити на EMBED Equation.3 . Тому , тобто

є умовою, при якій з часом установлюється граничний режим і існують граничні імовірності.

Граничні характеристики досліджуваного ПТО МВРС можна одержати з відповідних характеристик із заміною в них μ на i на , чи ж з відповідних характеристик переходом у них до межі при з урахуванням умови (рис.7.3).

Так як дана система працює з взаємодопомогою між каналами, то середнє число зайнятих каналів не збігається із середнім числом заявок під обслуговуванням

. Середнє число зайнятих каналів можна знайти, підставляючи у неї попередній вираз , при і потім переходячи до межі при

(7.9)

З формул видно, що середнє число зайнятих каналів у раз більше середнього числа заявок під обслуговуванням, що відповідає специфіці взаємодопомоги типу «усі як один».

Можна одержати середнє число заявок, що знаходяться в системі, як у черзі, так і під обслуговуванням

(7.10)

Далі одержуємо формулу Літтла для середнього часу чекання заявки в черзі

яку можна переписати так:

(7.11)

Через те, що у випадку даної системи жодна заявка не одержує відмови, то середній час обслуговування $\bar{t}_{обсл}$, що відноситься до «усіх» заявок, збігається із середнім часом обслуговування заявок

(7.12)

Використовуючи рівність для $\bar{t}_{обсл}$, одержуємо формулу Літтла для $\bar{t}_{обсл}$, тобто

(7.13)

Ці формули переконують нас у справедливості формули Літтла для середнього часу перебування заявки в системі

з якої з використанням формули для $\bar{t}_{обсл}$ знаходимо

(7.14)

Порівняємо середнє число заявок у черзі $\bar{N}_{оч}$ середнє число заявок у системі $\bar{N}_{сист}$, середній час чекання заявки у черзі $\bar{t}_{оч}$, середній час обслуговування заявки $\bar{t}_{обсл}$ і середній час перебування заявки в системі $\bar{t}_{сист}$ для ПТО МВРС з взаємодопомогою між каналами типу «усі як один» з відповідними характеристиками такого ж $\bar{N}_{оч}$ - канального ПТО МВРС з чеканням, але без взаємодопомогою, маємо

звідки

або

(7.15)

Ліва частина цієї нерівності є середнє число заявок у черзі - каналів ПТО МВРС з чеканням без взаємодопомоги, а права частина є середнє число заявок у черзі такої ж системи, але з взаємодопомогою між каналами типу «усі як один». Таким чином,

З цієї нерівності і формул Літтла випливає, що

(7.16)

Таким чином, середня довжина черги і середній час чекання в черзі для ПТО МВРС з взаємодопомогою більше відповідних величин і для ПТО МВРС без взаємодопомоги.

З формул для та покладаємо, що середнє число заявок під обслуговуванням у ПТО МВРС з взаємодопомогою менше середнього числа заявок під обслуговуванням у ПТО МВРС без взаємодопомоги:

(7.17)

Отже, за формулами Літтла для середнього часу обслуговування будемо мати

(7.18)

Тобто середній час обслуговування заявки при уведенні взаємодопомоги зменшується.

Також в цьому розділі запропонована модель визначення оптимального розміщення пунктів екіпіровки для нового МВРС та виконане удосконалення розрахунків обладнання для екіпіровки з застосуванням елементів геометричного програмування.

7.3 Модель визначення раціонального розміщення пунктів екіпіровки

Визначення раціонального розміщення пунктів екіпіровки нового моторвагонного рухомого складу пропонується виконувати з використанням наступної моделі.

Вихідними даними для моделі є: L - відстань по приписаних ділянках обертання; Q – кількість палива на 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. Як правило, 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 . Тоді

$$, \quad (7.19)$$

де c – необхідна кількість палива для дозаправки. Необхідно мінімізувати функцію

$$(7.20)$$

Так як , то для цього достатньо розмістити паливні склади таким чином, щоб

та

$$(7.21)$$

Звідси маємо

Замінімо та отримаємо

(7.22)

Функція обмежень

(7.23)

та отримаємо

(7.24)

Так як , то

(7.25)

Це співвідношення визначає такий вибір , що більше одиниці та набуває мінімального значення.

При значному зниженні обсягів екіпірувальних процесів з'явилась можливість приділити 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 цю задачу рекомендується з використанням елементів геометричного програмування.

7.4 Висновки по сьомому розділу

За результатами проведеної роботи в сьомому розділі можна зробити такі висновки:

1. Удосконалено методи визначення обладнання для екіпіровки з застосуванням геометричного програмування. Модель побудована на основі моделювання багатоканального ПТО МВРС.
2. Запропоновані моделі для визначення параметрів системи технічного обслуговування та ремонту нового моторвагонного рухомого складу, які враховують вбудовані системи діагностики.
3. При розробленні технологічних процесів ТО, діагностування та екіпіровки сучасного МВРС слід використовувати запропоновані моделі багатоканальних СМО з очікуванням та взаємодопомогою між каналами типу «усі як один», які дозволяють зменшити середній час обслуговування заявок.
4. Для корегування тактики технічного обслуговування МВРС та можливості розрахунків по моделях СМО слід розробляти оптимізаційні програми контролю

технічного стану МВРС при обмеженні інформації щодо експлуатаційної надійності.

Розділ 8

Оцінка економічного ефекту від виробництва та впровадження нового моторвагонного рухомого складу

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

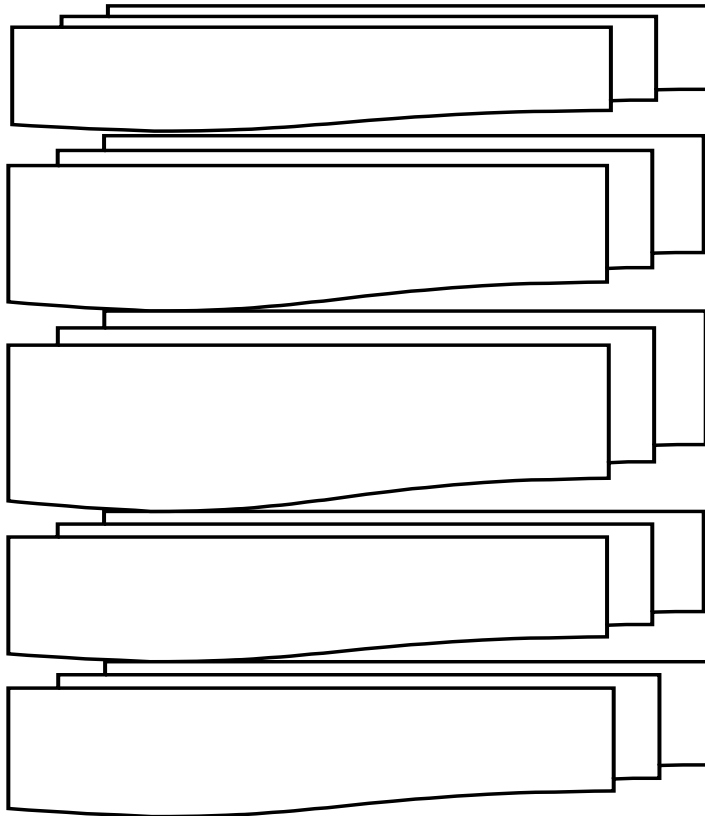
Створення і освоєння виробництва вітчизняного МВРС на основі модульної концепції та базової конструкції уніфікованого пасажирського вагона дає можливість в короткі строки і з мінімальними затратами замінити зношений парк дизель- та електропоїздів, поповнити його і задовольнити потреби в приміських перевезеннях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

Згідно з Державною програмою “Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства”, прогнозований баланс виробництва, потреби та використання вагонів пасажирських магістральних дизель-поїздів (моторних та причіпних) у відповідних натуральних одиницях та техніко-економічні характеристики описується різноманітними даними.

Програмою також були охарактеризовані вартісні обсяги виробництва дизельного МВРС на рівні 160,0 млн грн, витрати на реконструкцію та технічне переоснащення, придбання технологічного обладнання та підготовку виробництва. Але економічний стан та загальне становище у країні не сприяли виконанню програми. Крім цього, рішенням Укрзалізниці були виділені значні кошти на подовження терміну експлуатації існуючого парку МВРС, у тому числі того, що підлягає виключенню з інвентаря. Тому забезпечення парку МВРС новими та оновленими вагонами, як причіпними, так і моторними, з урахуванням можливості використання для тяги тепловозів було актуальним завданням. Для більш точних розрахунків було удосконалено ряд моделей, які використовуються для розрахунку економічного ефекту.

8.1 Модель розрахунку економічного ефекту від впровадження нового дизельного моторвагонного рухомого складу

Для визначення економічного ефекту від впровадження нового дизельного моторвагонного рухомого складу була удосконалена модель розрахунків (рис.8.1), яка розроблена в роботах [15, 16, 49].



В загальному процес рзрахунку можна виразити таким чином:

, (8.1)

- де
- збір вихідних даних для розрахунків;
 - вибір базового МВРС;
 - розрахунок експлуатаційних показників використання МВРС;
 - розрахунок витрат дизельного палива на переміщення МВРС;
 - розрахунок експлуатаційних витрат МВРС;
 - визначення економічного ефекту від виробництва і експлуатації МВРС;

- закінчення розрахунків та отримання результатів.

Першим етапом розрахунків є отримання масиву вихідних даних для розрахунків

(8.2)

- де
- довжина розрахункової ділянки для МВРС;
 - характер колії за конструкцією рейкової нитки;
 - пасажиропотік в одному напрямку за добу, чол.;
 - пасажиропотік в одному напрямку за рік, чол.;
 - максимальна населеність дизель-поїзда, чол.;
 - маса поїзда, т;
 - коефіцієнт, який враховує нерівномірність пасажирських перевезень;
 - коефіцієнт, який враховує необхідну кількість приміських поїздів і залежить від простою в початковому і кінцевому пунктах;
 - тривалість зупинки МВРС, яка приходить на 1 км колії, год;
 - коефіцієнт допоміжного пробігу МВРС;
 - довжина ділянки обертання МВРС, км;
 - час, необхідний для технічного огляду і екіпіровки МВРС, год;
 - пробіг МВРС між технічними оглядами, км;
 - конструкційна швидкість МВРС, км/год;
 - маса тари МВРС, т;
 - потужність силової установки, к.с.;
 - довжина поїзда за осями автозчеплень, м;
 - число вихідних дверей на один бік в причіпному вагоні, шт.
- Розрахунки виконувались для такого рухомого складу:

На другому етапі за базовий зразок був прийнятий дизель-поїзд ДР-1А потужністю 2x736 кВт в шестивагонному виконанні.

Основною умовою порівняння приміських поїздів є забезпечення однакового обсягу перевізної роботи при одних і тих же умовах експлуатації. Експлуатаційні показники являють собою масив

, (8.3)

- де
- число пар МВРС за добу;
 - маршрутна швидкість, км/год;
 - середньодобовий пробіг, км;
 - час повного оберту МВРС, год;
 - середній час простою МВРС за оберт, год;
 - додатковий час очікування МВРС в очікуванні нитки графіка на границях дільниці обертання, год;
 - річний пробіг МВРС, км;
 - час простою МВРС в усіх видах ремонту за цикл між капітальними ремонтами, год;
 - коефіцієнт, який враховує простої МВРС в ремонті;
 - .3 - необхідний парк МВРС.

Наступним етапом є розрахунок експлуатаційних показників, які в свою чергу розраховуються за наступними формулами, які наведені нижче. Число пар МВРС за добу визначається за формулою

, (8.4)

де $K_{нас}$ - коефіцієнт нерівномірності населеності поїздів ($K_{нас}=1,5$), врахований при розрахунках;

$p_{нас}$ - добовий пасажиропотік в одному напрямку, чол;

$N_{нас}$ - населеність поїзда в період максимальних перевезень за добу, чол.

Маршрутна швидкість визначається за формулою

, (8.5)

де t_{cm} - тривалість зупинки приміського поїзда, яка приходить на 1 км, приймаємо
 $t_{cm}=0,00167$ (згідно методики РТМ 24.040.61-80).
 Середньодобовий пробіг визначається за формулою

$$, \quad (8.6)$$

де L_p - розрахункова довжина дільниці, км.

Час повного оберт приміського поїзду та середній час його простою за оберт розраховуються відповідно за формулами

$$, \quad (8.7)$$

$$, \quad (8.8)$$

де - час, який необхідний для технічного огляду і екіпіровки МВРС, приймаємо

год;

$L_{осм}$ - пробіг МВРС між технічними оглядами (1000 км);

$L_{уопп}$ - загальна довжина дільниці обертання, км (120 км);

У свою чергу додатковий простій поїзного локомотива в очікуванні "нитки" графіка на границях дільниці обертання МВРС визначається для пасажирського руху із виразу

$$. \quad (8.9)$$

Річний пробіг приміського поїзда та час простою МВРС в усіх видах ремонту за цикл між капітальними ремонтами визначаються за формулами

$$, \quad (8.10)$$

$$, \quad (8.11)$$

де K_{np} – коефіцієнт, який враховує нерівномірність
пасажирських перевезень, $K_{np}=1,296$;

$S_{кр}$ - пробіг ДП ДЕЛ-01 до КР-2, км;

n – кількість видів ремонту;

$t_{рем}$ - час простою в кожному виді ремонту, год;

$прем$ – кількість ремонтів кожного виду за цикл між капітальними ремонтами
визначається у відповідності до міжремонтних пробігів, які встановлені
технічними вимогами.

(8.12)

Необхідний парк приміських поїздів визначається за формулою

(8.13)

Наступним етапом розрахунків є визначення річних витрат
дизельного палива на переміщення МВРС по дільниці.

(8.14)

де - витрата палива на рік сумарна, кг;

- витрата палива на переміщення, кг;

- витрата палива на розгін – гальмування, кг;

- витрата палива на зупинках, кг.

Витрата палива при проходженні МВРС дільниці
визначається [212] як сума витрат за час руху його по кожному
елементу профілю колії з рівномірною швидкістю і витратою
палива, яка відповідає цій швидкості.

Витрату палива на переміщення МВРС можна представити як суму витрат при
русі МВРС з розрахунковим режимом роботи і на режимі холостого ходу

(8.15)

де n , n' - відповідно число елементів профілю, на яких дизель працює в режимі
робочого і холостого ходів;

$\Delta t, \Delta t'$ - відповідно час роботи двигуна на кожному елементі профіля при роботі в режимі робочого і холостого ходів, год;

GPH - витрата палива при робочому навантаженні, кг/год;

GXX - витрата палива на холостому ході, кг/год.

Витрата палива на переміщення МВРС визначається за формулою

(8.16)

Витрата палива на розгони і гальмування визначається за формулою

(8.17)

де Q - маса поїзда, т;

$V_{раз}$ - середня швидкість розгону, приймається $=70$ км/год;

$G_{рх}/N_k$ - витрата палива на одиницю дотичної потужності, кг/к.с.г, $G_{рх}/N=0,2$ [212];

$крз$ - кількість розгонів і гальмувань, яка приходить в середньому на пару поїздів при довжині дільниці 100 км, $крз=20$.

Витрата палива на зупинках визначається за формулою

(8.18)

де $\Sigma T'_{деп}$ - простій МВРС на деповських станціях і пунктах обертання, який віднесений до одного напрямку слідування, год;

$плл$ – кількість плечей обслуговування локомотивною бригадою МВРС.

(8.19)

Потім виконується розрахунок експлуатаційних витрат споживача. Розрахунок поточних витрат за порівнюваними приміськими поїздами виконується на рівний обсяг перевезень, який відповідає пасажиропотоку дільниці, яка розглядається і виконаний у відповідності до діючих методичних матеріалів і використанням методу витратних ставок.

До поточних витрат, які залежать від типу приміського поїзда, відносяться витрати на: паливо; екіпіровку приміського поїзда; змащування дизеля і механічної

частини МВРС; утримання машиніста, помічника машиніста приміського поїзда; ремонт приміського поїзда; утримання і амортизацію верхньої будови колії; та витрати, які пов'язані з затратами робочого часу пасажирями на шляху слідування.

Вихідні дані для розрахунку експлуатаційних витрат приміського поїзда та результати розрахунків наведені в додатку Ж.

Наступним етапом розрахунків є визначення економічного ефекту від виробництва і використання МВРС за економічно вигідний строк служби, який визначається із виразу

$$, \quad (8.20)$$

де C_i – оптова ціна базового приміського поїзда, $C_i(\text{ДР-1А})=10,279$ млн грн $C_i(\text{ДПЛ-1})=6,5$ млн грн;

a – коефіцієнт врахування зростання продуктивності нового приміського поїзда в порівнянні з базовим,

$$a=MН/Мб, \quad (8.21)$$

де ΣDU - економія річних експлуатаційних витрат виробника, грн;

- коефіцієнт врахування зміни строку служби нового

МВРС в порівнянні з базовим, ;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_n=0,15$.

Економічний ефект від виробництва і використання МВРС дорівнює

8.2 Модель визначення ефективності використання МВРС за критеріями ходової швидкості, часом ходу й витратами палива при русі приміського поїзда по ділянці

Визначення часу ходу поїзда й ходової швидкості виконувалось за розробленою програмою на ПК для ділянки з типовою структурою профілю колії (III тип профілю з розрахунковим 9% підйомом за класифікацією ЦНП МШС) способом рівноважних

швидкостей.

Основні питомі опори руху на ланковій колії визначалися за формулами:
дизель-поїзд ДР1А

$$, \quad (8.22)$$

де v - швидкість, для якої визначається опір;
 $mg \cdot n$ – кількість вагонів у складі;

приміський поїзд ДПЛ1
для тепловоза

$$, \quad (8.23)$$

для пасажирських вагонів

$$. \quad (8.24)$$

Повний опір поїзда розраховується за формулою

$$. \quad (8.25)$$

Витрата палива при проходженні поїздом ділянки визначається як сума витрат за час руху його по кожному елементу профілю колії з рівноважною швидкістю й відповідною цій швидкості витратою палива.

Витрату палива на пересування поїздів можна подати як суму витрат при русі поїзда з розрахунковим режимом роботи й на режимі холостого ходу

$$, \quad (8.26)$$

де n - відповідно число елементів профілю, на яких дизель працює в режимі
робочого й холостого ходів;

t - відповідно час роботи двигуна на кожному елементі профілю при роботі в
режимі робочого й холостого ходів, год;

$G_{рн}$ – витрата палива при робочому навантаженні, кг/год;

$G_{хх}$ – витрата палива на холостому ходу, кг/год.

Число пар дизель-поїздів у добу визначається за формулою

$$, \quad (8.27)$$

де $K_{нас}$ – коефіцієнт нерівномірності населеності поїздів ($K_{нас}=1,5$), врахований при розрахунку;

$n_{сут}$ – добовий пасажиропотік в одному напрямку, чол;

$N_{нас}$ – населеність поїзда в добу максимальних перевезень, чол;

пар/поїздів;

пара/поїздів.

Маршрутна швидкість визначається за формулою

$$, \quad (8.28)$$

де t_{cm} – тривалість стоянки приміського поїзда, що доводиться на 1 км, приймаємо $t_{cm}=0,00167$ (див. методику РТМ 24.040.61-80);

км/год;

км/год.

Середньодобовий пробіг визначається за формулою, км,

$$, \quad (8.29)$$

;

,

де L_p – розрахункова довжина ділянки, км;

Тоб – час повного обороту приміського поїзда;

$$, \quad (8.30)$$

де t_{np} – середній час простою приміського поїзда за оборот визначається за формулою,
год,

$$, \quad (8.31)$$

де $t_{\text{тех}}$ - час, необхідний для технічного огляду й екіпірування пасажирського

локомотива, приймаємо $t_{\text{тех}} = 1,5 \text{ год}$;

$L_{\text{осм}}$ – пробіг приміського поїзда між технічними оглядами (1000км);

$L_{\text{опн}}$ – загальна довжина ділянки обороту, км (120км);

$t_{\text{ож}}$ – додатковий простій МВРС у чеканні «нитки» графіка на границях ділянки обороту МВРС, визначається для пасажирського руху з виразу

;

;

;

;

.

Час повного обороту приміського поїзда

;

.

Річний пробіг приміського поїзда визначається зі формулою, км,

(8.32)

де K_{np} – коефіцієнт, що враховує нерівномірність пасажирських перевезень, $K_{np}=1,296$

α_{np} – коефіцієнт, що враховує простої приміського поїзда в ремонті;

S_{kp} – пробіг приміського поїзда з тепловозом М62 до КР2;

t_{pr} – час простою приміського поїзда у всіх видах ремонту за цикл між капітальними ремонтами, рівний

(8.33)

n - кількість видів ремонтів;

$t_{рем}$ – час простою в кожному виді ремонту;

$прем$ – кількість ремонтів кожного виду за цикл між капітальними ремонтами визначається відповідно до міжремонтних пробігів, установлених технічними умовами.

Потрібний парк приміських поїздів визначається за формулою

Річний розрахунок дизельного палива на переміщення дизель-поїзда по ділянці визначається як сума витрат: на переміщення дизель-поїзда, на розгони й уповільнення, на стоянках дизель-поїзда.

Витрата палива на переміщення дизель-поїзда визначається за формулою

(8.34)

Витрата палива на розгони й уповільнення визначається за формулою

(8.35)

де Q -маса состава, т;

$V_{\text{раз-середня}}$ швидкість розгону, $V_{\text{раз}}=70\text{км/год}$;

- витрата палива на одиницю дотичної потужності, кг/к. с. год , $=0,2$;
 $k_{\text{р.з.}}$ – кількість розгонів і вповільнень, що доводяться в середньому на парі поїздів при довжині ділянки 100км , $k_{\text{р.з.}}=20$.

Витрати палива на зупинках визначаються за формулами

, (8.36)

де - простій дизель-поїздів на деповських станціях і пунктах обороту, віднесений до одного напрямку проходження, год.

Таблиця 8.1

Визначення річної витрати палива, т

Найменування	Розрахункова формула	ДР1А	ДПЛ1	ДЕЛ-02
Витрата дизельного палива на переміщення приміського поїзда		89,6	102,1	79,8
Витрата дизельного палива на розгони й уповільнення приміського поїзда		695,7	875,3	624,3
Витрата дизельного палива на стоянках приміського поїзда		6,6	8,4	6,5
РАЗОМ		791,9	985,8	710,6

де ппл – кількість плечей обслуговування поїзною бригадою

Результати розрахунку показують, що використання магістральних локомотивів з їхніми характеристиками й масою для складу приміського сполучення недоцільне.

8.3 Модель визначення економічного ефекту від обладнання дизель-поїзда ДЕЛ-02 електричним гальмом

Оснащення нових дизель-поїздів електричним гальмом зменшує знос гальмових колодок, знижує поточні витрати на їхню заміну, витрати на ремонт пневматичного устаткування. У той же час збільшуються витрати на ремонт електричних машин і виникають додаткові витрати на ремонт встановлюваного устаткування.

Економічний ефект, що досягається при РТ $T=const$, можна розрахувати за формулою, грн

(8.36)

- де
- сумарна зміна поточних витрат, грн;
 - одноразові витрати при виробництві нової техніки, грн;
 - залишкова вартість основних фондів, грн;
 - коефіцієнт приведення до розрахункового року;
 - вартісна оцінка результатів у році / розрахункового періоду, грн.

Як розрахунковий рік приймається рік, що передує початку експлуатації дизель-поїздів, у розглянутому випадку це 1996 р.; як початковий рік розрахункового періоду - рік початку фінансування робіт, у даному прикладі 1д – 1994 р.; кінцевий рік розрахункового періоду 1 до – 2000 р.

Зменшення річної потреби в колодках знаходимо за формулою, шт.,

(8.37)

- де t_k - середній термін служби гальмової колодки, діб;
 $4 t_k$ - термін служби гальмової колодки при електричному гальмі, діб;
 n_k - кількість гальмових колодок на дизель-поїзді;
 K_l - частка експлуатованого парку дизель-поїздів у їхньому інвентарному парку.

Питомі витрати на зміну однієї колодки, грн:

(8.38)

- де $Z_{ч}$ - годинна тарифна ставка слюсаря при відрядній оплаті праці, грн;
 $t_{ч}$ - трудомісткість зміни однієї колодки, люд-год;
 $k_{пр}$ – коефіцієнт, який враховує премії;
 $k_{от}$ – коефіцієнт, який враховує оплату за час відпустки;
 $k_{сс}$ – коефіцієнт, який враховує відрахування на соціальне страхування

0,173 грн.

Скорочення витрат від зменшення задачі зношених гальмових колодок у металобрухт, грн,

(8.39)

де Цмл - оптова ціна чавуна, як металолому, грн/т;

Мк - маса гальмової колодки, кг.

Загальне скорочення поточних витрат у зв'язку зі зменшенням витрати гальмових колодок, грн/р.

(8.40)

де Цк - ціна однієї колодки, грн.

$$(15.5 + 0.173) * 136 - 695 = 1436.53, \text{ грн.}$$

Зниження витрати колодок на 136 шт. на рік на один дизель-поїзд щорічно зберігає 1,4 т металу, що безповоротно втрачається.

Визначимо скорочення витрат на ремонт гальмового і пневматичного устаткування дизель-поїзда ДЕЛ-02.

Масив видів ТОР можна навести в такому вигляді:

$$\text{ТОР}_v = \{\text{ТО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-3, КР-1, КР-2}\}.$$

Кількість технічних обслуговувань і ремонтів за ремонтний цикл представлятиме такий масив:

$$\text{N}_{\text{ТОР}} = \{213, 13, 7, 3, 2, 0\}.$$

Поточні витрати на одиницю ремонту, грн,

$$\text{СТОР}_{\text{pot}} = \{185, 1535, 4049, 26600, 74246, 0\},$$

У тому числі на ремонт пневматичного і гальмового оснащення, % грн,

$$\text{СТОР}_{\text{pottorm}} = \{5.55, 46.05, 121.47, 798, 2227.38, 0\}.$$

Поточні витрати на ремонт пневматичного і гальмового оснащення дизель-поїзда за ремонтний цикл, грн,

$$C_{pot} = \{1182.15, 598.65, 850.29, 2394, 4454.76, 0\}.$$

Сумарні поточні витрати будуть визначатись як

(8.41)

і в нашому випадку будуть дорівнювати 9479,8 грн.

Скорочення поточних витрат на ремонт гальмового і пневматичного устаткування в розрахунку на рік, грн.,

де 20 - тривалість ремонтного циклу, р.

Визначимо збільшення витрат на ремонт електричних машин. Кількість технічних обслуговувань і ремонтів за ремонтний цикл

$$N_{TO} = \{213, 13, 7, 3, 2, 0\}.$$

Витрати на одиницю технічного обслуговування і ремонту, грн,

$$C_{TO} = \{185, 1535, 4049, 2660, 74246, 0\}.$$

Частка витрат на ремонт електричних машин, відсоток від загальних витрат на ремонт, %,

$$BEM = \{10, 10, 10, 10, 10, 0\}.$$

Витрати на одиницю ремонту електричних машин, грн,

$$CEM = \{18,5; 153,5; 404,9; 2660; 7424,6; 0\}.$$

Поточні витрати на ремонт електричних машин за ремонтний цикл, грн,

$$C_{цEM} = \{3940,5; 1995,5; 2834,3; 7980; 14849,2; 31599,5\}.$$

У розрахунку прийнято, що витрати на ремонт всіх електричних машин зростають на 15 %. Таким чином, збільшення поточних витрат на ремонт електричних машин у розрахунку на дизель-поїзд на рік, грн,

$$= (31599.5/20) * 0,15 = 237.$$

Сумарна зміна поточних витрат у розрахунку на один дизель-поїзд на рік, грн,

(8.42)

$$=1436,53 + 273 - 316 = 1357,53.$$

Сумарний за розрахунковий період (1994 - 2000 рр.) економічний ефект від оснащення дизель-поїзда ДЕЛ-02 електричним гальмом розрахований у табл. 4.

Зниження поточних витрат (прибуток)

$$T_{пв}=\{0; 0; 0; 5430,12; 21720,48; 108620,4; 108620,4\}.$$

Сумарне визначення витрат розраховується за формулою

(8.43)

і дорівнюють 244355,4 грн.

Одночасні витрати на НДВКР наведені в масиві

$$T_{НДВКР}=\{4015,65; 4015,65; 4015,65; 0; 0; 0; 0\}.$$

Сумарні витрати на НДВКР визначаються за формулою

Прибуток за винятком одночасних витрат

$$T_{ВОВ}=\{-4015,65; -4015,65; -4015,65; 5430,12; 21720,48; 108620,4; \}.$$

Сумарний прибуток визначається за формулою

Коефіцієнт приведення до розрахункового року

$$K_{ПР}=\{1,21; 1,10; 1,00; 0,909; 0,826; 0,751; 0,683\}.$$

Економічний ефект, приведений до розрахункового року, грн

$$E_{ПР}=\{4858,94; 4417,22; 4015,65; 4936,52; 17949,8; 81592,98; 74175,93\}.$$

Сумарний економічний ефект визначається за формулою

По відомим методам з використанням розроблених моделей був розрахований економічний ефект використання МВРС в експлуатації. Він склад для одиниці моторвагонного рухомого складу за період його строку служби: 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.

8.4 Висновки по восьмому розділу

За результатами проведеної роботи в восьмому розділі можна зробити такі висновки:

1. Розроблено техніко-економічну модель визначення ефективності від впровадження розроблених заходів при виробництві нового моторвагонного рухомого складу.
2. 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.
3. Загальний економічний ефект від постачання залізницям України рухомого складу для приміського сполучення складе близько 108 млн. грн.

Висновки

Виконані дослідження присвячені вирішенню актуальної науково-практичної 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.
3. На новому МВРС використовуються вбудовані системи діагностики, що дозволяють виконувати його обслуговування та ремонт за станом. 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.
4. Зроблений аналіз існуючих підходів по визначенню параметрів моторвагонного рухомого складу та сучасні методи 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.).
5. На основі накопиченого досвіду та з урахуванням прогнозних даних ДНДЦ УЗ в потребах 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 умов експлуатації, світового технічного рівня, системи обслуговування та ремонту, модульного підходу їх компонування та особливостей промисловості і залізниць України, що дозволить знизити витрати за весь життєвий цикл.
6. 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 вагону в одному габариті з урахуванням сервісного і технічного обслуговування за весь життєвий цикл.
7. Розроблена модель оптимізації параметрів вагону моторвагонного рухомого складу з використанням якої визначені об'єми приміщень вагонів електропоїздів

ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т та дизель-поїзда ДЕЛ-02.

8. Розроблені моделі по оптимізації параметрів вагонів МВРС та його вузлів. З їх використанням визначені оптимальні геометричні параметри колеса відцентрового насоса при реалізації гідродинамічного нагріву та отримана залежність відношень радіусів коліс, яка забезпечує максимум потужності насосу. Для охолоджуючого пристрою отримані оптимальні параметри пелюсткового жалюзійного апарату.
9. Удосконалені 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. На їх основі отримані раціональні значення геометричних параметрів мас даних вузлів.
10. 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.
11. Удосконалено технологію формування колісних пар рухомого складу за рахунок впровадження раціонального нагріву бандажів, впровадження нових засобів контролю температури бандажів та посадки на колісні центри та використання ультразвукового контролю колісних центрів.
12. 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.
13. 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.
14. Була зроблена оптимізація виявлення та пошуку відмов МВРС. Розроблений алгоритм визначення оптимальної стратегії діагностування у відповідності з розробленою моделлю.
15. Удосконалено методи визначення обладнання для екіпіровки з застосуванням геометричного програмування. Модель побудована на основі моделювання багатоканальної СМО.
16. Запропоновані моделі для визначення параметрів системи технічного обслуговування та ремонту нового моторвагонного рухомого складу і враховують встроєні системи діагностики.
17. Розроблено техніко-економічну модель по визначенню ефективності від впровадження розроблених заходів при виробництві нового моторвагонного рухомого складу. Економічний ефект в експлуатації одиниці моторвагонного рухомого складу за період його строку служби складе для базового пасажирського вагону – 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 використаних джерел

1. Автоколебания рельсовых экипажей. // Ю.В. Демин, Л.А. Длугач, М.Л. Коротенко, О.М. Маркова. -К.: наук. думка, 1984. – 160с.
2. Айзинбуд С.Я., Кельперис П.И. Эксплуатация локомотивов. – М.: Транспорт, 1990. - 261с.
3. Аксеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. –М, 19_ -281с.
4. Алешин Н.П., Белый В.Е. Методы акустического контроля металлов. – М.: Машиностроение, 1989. – 456с.
5. Амбарцумян К.А. Система показателей эффективности функционирования научно-производственных объединений. – М.: Знание, 1986, - 108 с.
6. Аренильяс Х. Немецкие технологии в области дизельной тяги на железных дорогах Испании. – Lineas, Испания, 2000. -№229. –С.48-51.
7. Арентов В.А. Оценка надежности сложных систем с помощью одного способа укрупнения состояний. - В кн.: Математические методы исследования операций и теории надежности. -Киев: ИКАН УССР, 1978. –С.53-60.
8. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники: В. 2т. Т.1: Линейные электрические цепи. –М: Энергия, 1978. – 592с..
9. Бабанин А.Б., Фалендыш А.П. Новый импортный подвижной состав для пригородного сообщения на железных дорогах Украины / Локомотив информ, 2006. -№2. -С.20-22.
10. Бабанін О.Б., Сметанін С.О., Ходаківський А.М. Апаратний комплекс для моніторингу теплотехнічного стану тепловозів // Зб. наук. праць. –Харків: УкрДАЗТ, 2005. -Вип. 76. –С.209-215.
11. Балака Є.І., Семенцова О.В. Соціальна значущість приміських пасажирських перевезень за умов ринкових відносин // Матеріали Міжнародної наук.-практ. конференції. –К.: КУЕТТ, 2006. –С.6-7.
12. Барбашин Е.А. Функции Ляпунова. – М.: Наука, 1970. -240с.
13. Басов Г.Г. Наукове обґрунтування алгоритмів побудови оптимальних програм діагностування обладнання моторвагонного рухомого складу // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. -Вип. 82. –С.25-31.
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. Оцінка технічного рівня і експлуатаційної ефективності дизель-поїздів: Дис. ...кандидата техн. наук: 05.22.07; Захищена 31.01.2001. –Харків: -154 с.
16. Басов Г.Г. Прогнозування розвитку дизель-поїздів для залізниць України: Монографія. –Харків: Апекс+, 2004. -240с.
17. Басов Г.Г. Роль фундаментальной и прикладной науки в создании и освоении производства подвижного состава железных дорог Украины / Колега. 2004. -№10. –С.4.
18. Басов Г.Г. Удосконалення моделювання організації обслуговування моторвагонного рухомого складу / Зб.наук.пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2007. –Вип.81. –С.26-31.
19. Басов Г.Г. Участие научных, проектных и производственных организаций в создании отечественного мотор – вагонного подвижного состава / Зб. наук. праць. - Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. 2003. –С.35-38.
20. 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.

21. Басов Г.Г., Голубенко А.Л., Мищенко К.П. Концепция создания типажа современного мотор – вагонного подвижного состава для украинских железных дорог / Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. 2003. –С.17-21.
22. Басов Г.Г., Грищенко С.Г., Мищенко К.П. Результаты эксплуатационных испытаний прицепных вагонов дизель-поезда. –С.50.
23. Басов Г.Г., Кашуба В.И., Плотников И.Ю. Результаты тормозных испытаний тепловоза ТЭП 150. –Луганск: СНУ. 2006. –С.11-12.
24. Басов Г.Г., Кузьменко С.В., Меняйлов 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.
25. Басов Г.Г., Марков В.Л. Опыт изготовления порошковых деталей для тяжело нагруженных узлов в машиностроении / Вісник СНУ ім. В.Даля. 2002. – С. 138-140.
26. Басов Г.Г., Марков В.Л., Бурова И.Г. Экспериментальные исследования влияния режимов термической обработки на механические свойства материала катаных колесных центров / Вісник СНУ ім. В.Даля. 2005. -№8(90). –Ч.2. –С.182-186.
27. Басов Г.Г., Марков В.Л., Бурова И.Г. Можливості підвищення рівня надійності катаних колісних центрів тепловозів, дизель- і електропоїздів / Зб.наук.пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2003. –Вип.57. –С.59-62.
28. 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.
29. Басов Г.Г., Марков В.Л., Волкова С.А. Исследование стержневых и формовочных холоднотвердеющих смесей изготовленных по _____-процессу. / Вісник СНУ ім. В.Даля. 2005. -№8(90). –Ч.2. –С.105-109.
30. 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.
31. Басов Г.Г., Марков В.Л., Киреев А.Н. Применение АРД-диаграмм при ультразвуковом контроле в радиальном направлении катаных колесных центров локомотивов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. -2006. -№2. –С.53-55.
32. 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» / Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. 2003. –С.87-93.
33. 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.
34. Басов Г.Г., Мокроусов С.Д. К анализу поперечных автоколебаний модели колесной пары / Вісник СНУ ім. В.Даля. 2005. -№8(90). –Ч.1. –С.15-22.
35. 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.
36. Басов Г.Г., Мокроусов С.Д., Шаронова В.Г. Математическая модель процесса индукционного нагрева бандажей // Вісник Міжнародного словянського університету. –Харків: МСУ, -2004. -№2. Том.VII. С.69-73.

37. 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.
38. Басов Г.Г., Мокроусов С.Д., Шаронова В.Г. Модель распределения температуры в поверхностном слое бандажа в конце нагрева // Зб.наук.пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2006. –Вип.76. –С.56-63.
39. Басов Г.Г., Найш Н.М. Новая техника. // Тяжелое машиностроение: 2000. -№1. -С. 32-34.
40. Басов Г.Г., Найш Н.М. Тепловожостроение – гордость Луганска. // Колега, 2006. - №5. -С.10-13.
41. Басов Г.Г., Нестеренко В.И., Богопольский Е.М. Модернизация моторных тележек электропоездов ЭПЛ2Т и ЭПЛ9Т // Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля, 2003. – С.52-54.
42. Басов Г.Г., Ткаченко А.Н. Изготовление боковых стен кузовов вагонов с обшивкой из нержавеющей стали // Автоматическая сварка: 2003. -№5. –С.47-49.
43. Басов Г.Г., Ткаченко А.Н., Ефимова Н.П. Опыт изготовления воздушных резервуаров локомотивов в ХК «Лугансктепловоз» // Автоматическая сварка: 2003. -№7. –С.44-46.
44. Басов Г.Г., Ткаченко А.Н., Луспикаева Н.А. Технология сборки и сварки алюминиевых крыш тепловозов // Сварщик: 2004. -№5(39). –С.14-15.
45. Басов Г.Г., Фалалеев Н.И. О паразитных электромагнитных полях на тяговом подвижном составе // Залізничний транспорт України. -2004. -№2. – С.28-30.
46. Басов Г.Г., Фалалеев Н.И., Яцько С.И. Современные методы проектирования экипажных частей подвижного состава // Залізничний транспорт України: 2004. - №4. –С.39-44.
47. Басов Г.Г., Фалендиш А.П. Використання дизельного рухомого складу в приміському русі // Наук.техн.зб. –К.; 2003. –Вип.47. –С.201-206.
48. Басов Г.Г., Шапран Е.Н., Тасанг Э.Х. Дослідження динаміки тягових приводів тепловозів./ –С.1-4.
49. Басов Г.Г., Яцько С.И. Развитие электричного моторвагонного рухомого складу. Ч. 2. –Харків: «Апекс+», 2005. -248с.
50. Бате К., Вилсон. Численные методы анализа и метод конечных элементов. – М.: Стройиздат, 1982. –448 с.
51. Бауэр Х.П. Оптимальное использование сцепления на электровозе с трехфазным тяговым приводом. //Железные дороги мира. 1987. - №8. -С.10-23.
52. 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.
53. Беллман Р., Задэ Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. – В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. –С.
54. Блохин Е.П., Манашкин Л.А. Динамика поезда. – М.: Транспорт, 1982. -222 с.
55. Бове Е.Г. Противобоксовочная защита на электровозах. Сб. Новое в устройстве и содержании электровозов и тепловозов. –М.: -Трансжелдориздат, 1962. -С.57-60.
56. Боднар Є.Б. Підвищення експлуатаційної надійності локомотивів шляхом впровадження раціональної системи утримання: Автореф. дис. канд. техн. наук.; Українська державна академія залізничного транспорту, -Харків, 2004, -18с.
57. Боднарєв В.М., Рублинецкий В.И., Качко Е.Г. Основы программирования. – Харьков: Фолио, 1997. –368 с.
58. Боднарь Б.Е., Очкасов А.Б. Информационное обеспечение бортовых систем диагностирования подвижного состава // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля.

- Луганськ: СНУ, 2003. -№9(67). -С.43-46.
59. Бортові технічні засоби для виявлення причин транспортних подій / В.Г. Пузир, О. В. Устенко, В.С. Крот, В.Г. Гробов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. Вип. 82. – С. 173-177.
 60. Боровков А.А. Теория вероятностей. –М.: Наука, 1986. -432 с.
 61. Бутоне Ж.К., Бальдоки Р. Моторвагонные поезда TER-2N для региональных сообщений. – Revue Generale des Chemins de Fer, Франция, 1997. -№11. –С.11-26.
 62. Бутько Т.В.: Автореф. дис. Докт. техн. наук. Харківська державна академія залізничного транспорту, -Харків, 1996, -38с.
 63. Ваганов А.О., Фадєєв С.В., Кривной А.М. Інтелектуальна техніка і технології діагностики рухомого поїзда.
 64. Векслер Г.С., Пилинский В.В., Темников В.А. Повышение эффективности помехоподавляющих фильтров импульсных источников электропитания полупроводниковых преобразователей // Всесоюз. н.-т. совещ. Тез. докл. – Таллинн, 1986. – Ч.3. –С.144-145.
 65. Венцель Е.С. Исследование операций. –М.: Сов. Радио, 1972. -358с.
 66. Вербицкий В.Г., Садков М.Я. Приближенный анализ автоколебательной системы // Доповіді НАН України. 2001. -№10. –С.48-52.
 67. Верлань А.Ф., Горшко І.О., Олецкий А.В. Объектно-ориентированная архитектурного решателя задач обработки и интерпретации экспериментальных зависимостей / Зб. наук. праць.– Львів: Світ, 1999. –Вип.1. –С.11-18.
 68. Вершинский С.В., Данилов В.Н., Челноков И.И. Динамика вагона. – М.: Транспорт, 1978. -352с.
 69. Взаимосвязь фазового состава и поля остаточных напряжений при сварке нержавеющей стали 10Х13Г18Д /А.И. Гедрович, Г.Г. Басов, А.С. Ткаченко, И.А. Гальцов // Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля, 2003. –С.135-140.
 70. Влияние кинематической вязкости контактной жидкости при ультразвуковом контроле в радиальном направлении осей колесных пар подвижного состава железных дорог / Басов Г.Г., Марков В.Л., Волков А.М., Киреев А.Н., Волкова С.А. / Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. 2003. –С.114-119.
 71. Влияние радиуса кривизны цилиндрической поверхности при ультразвуковом контроле осей колесных пар подвижного состава железных дорог / Г.Г. Басов, В.Л. Марков, А.Н. Киреев, С.А. Волкова // Зб. наук. праць. -Луганськ: Вид-тво СНУ ім. В.Даля. 2003. –С.120-124.
 72. Воздушно-плазменная резка при изготовлении деталей локомотивов на ОАО «ХК «Лугансктепловоз» / Г.Г. Басов, А.Н. Ткаченко, С.А. Ткаченко, К.А. Корсунов // Автоматическая сварка. 2004. -№2. –С.42-44.
 73. 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 Фолиєн, 2006. -Вип.72. –С.275-281.
 74. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000. –384 с.
 75. Гаращенко Ф.Г., Панталієнко Л.А. Аналіз та оцінка параметричних систем. – К.: ІСДО, 1995. –140 с.
 76. Гедрович А.И., Гальцов И.А. Исследование особенностей образования напряжений и деформаций в сварных соединениях коррозионностойкой стали 10Х13Г18Д. – Автоматическая сварка, -2001. -№10 -С.5-9.
 - 77.

- Гедрович А.И., Гальцов И.А., Ткаченко А.Н. Экспериментальное исследование деформаций модуля боковой стенки вагона дизель-поезда. / Сб. науч. работ. – Луганск: Издательство ВНУ им. В.И. Даля, -2001. –С.146-1536.
78. Гидравлические передачи тепловозов. Сб. переводных статей. – М.: Гострансжиллиздат, 1957. – 132 с.
79. Глиб овець М.М., Отецький О.В. Штучний інтелект: Підруч. для студ. вищ. навч. закладів, що навчаються за спец. «Комп'ютер. науки» та «Приклад. математика». – К.: Вид. дім «КМ Академія», 2002. –366 с.
80. Головаш А.Н. Алгоритм диагностики подвижного состава на основе графовых моделей // Фундаментальные и прикладные исследования -транспорту: Тр. Ур ГУПС, -2001. -С. 124-139.
81. Голубенко А.Л., Басов Г.Г., Малов В.А. Обеспечение надежности и безопасности функционирования железнодорожного подвижного состава // Зб. наук. праць. - Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. -2003. –С.30-34.
82. Горбунов Н.И. Научные основы и практическая реализация системных принципов создания ходовой части рельсового экипажа // Вісн. Східноукр. Нац. ун-ту. – 2002. - №6(52). –С93-96.
83. Горский А.В., Воробьев А.А. Оптимизация системы ремонта локомотивов. -М.: Транспорт, 1994,-208с.
84. Горстко А.Б. Познакомьтесь с математическим моделированием. –М.: Знание, 1991 . –160с.
85. ГОСТ 11018-2000 Тяговый подвижной состав железных дорог колеи 1520 мм. Колесные пары. Общие технические условия.
86. ГОСТ 2138-91. Пески формовочные. Общие технические условия.
87. ГОСТ 23409.6-78. Пески формовочные, смеси формовочные и стержневые. Методы определения газопроницаемости.
88. ГОСТ 23409.7-78. Пески формовочные, смеси формовочные и стержневые. Методы определения прочности на сжатие, растяжение, изгиб и срез. –М.: Изд-тво стандартов. 1978. -16с.
89. ГОСТ 23409.9-78. Смеси формовочные и стержневые. Методы определения осыпаемости. –М.: Изд-тво стандартов. 1979. -24с.
90. ГОСТ 29234.1-91. Пески формовочные. Методы определения глинистых частиц. –М.: Изд-тво стандартов. 1992. -18с.
91. ГОСТ 29234.2-91. Пески формовочные. Методы определения диоксида кремния. –М.: Изд-тво стандартов. 1992. -26с.
92. ГОСТ 29234.3-91. Пески формовочные. Методы определения среднего диаметра зерна и коэффициента однородности.
93. ГОСТ 29234.5-91. Пески формовочные. Методы определения влаги.
94. ГОСТ 29234.6-91. Пески формовочные. Методы определения концентрации водородных ионов вытяжки (рН).
95. ГОСТ 30237-96. Оси чистовые для подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Технические требования.
96. ГОСТ 33-82 Нефтепродукты. Методы определения кинематической и расчет динамической вязкости.
97. ГОСТ 4491-86. Центры колесные литые для подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия.
98. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Общие технические условия.
99. Гребенюк П.Т., Клыков Е.В. Тормозные расчеты подвижного состава. –М.: Транспорт, 1969. -250с.

- 100 Грищенко А.В., Грачев В.В., Лавский В.Г. Система непрерывного удаленного контроля параметров локомотива // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. -Вип . 82. –С.142-147.
- 101 Гроднев И.И. Электромагнитное экранирование в широком диапазоне частот. – М.: Связь, 1972. –112 с.
- 102 Гудкова В.П., Яновський П.О., Гудков О.М. Визначення приміських пасажиропотоків // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції –К.: КУЕТТ, 2006. –С.30-32.
- 103 Далека В.Х. Проблеми фірмового обслуговування технічних засобів міського електротранспорту //Східно – Європейський журнал передових технологій. -2004. - №7 (1). -С. 36-38.
- 104 Данович В.Д. Пространственные колебания вагонов на инерционном пути: Автореф. Дис. д-ра техн. наук. – Днепропетровск. – 1982. -44 с.
- 105 Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем. – М.: Высшая школа, 1976. –406 с.
- 106 Державна програма ”Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства”. –К.; 1997. - 158с.
- 107 Джейсуол Н.К. Очереди с приоритетами. – М.: Мир, 1973.
- 108 Дизель-поезд Lirex. //Железные дороги мира. – 2001, №2. –С27-34.
- 109 Дизель-поезд серии 643.2 железных дорог Германии // Железные дороги мира. - 2004. -№12. –С.34-37.
- 110 Дизель-поезда Adelante компании First Great Western // Железные дороги мира. – 2002. -№1. –С.31.
- 111 Дизель-поезда на базе тепловозной тяги / Э.И. Нестеров, В.Л. Сергеев, А.А. Будницкий, И.А. Шаркин // Локомотиви. -2001. -№12. –С.32-33.
- 112 Дизель-поезда семейства Coradia для международных сообщений // Железные дороги мира. -2001. –№5. –С24-26.
- 113 Динамические ходовые испытания электропоезда ЭПЛ9Т / Басов Г.Г., Найш Н.М., Мищенко К.П., Гундарь В.П., Сидоров Н.П. / Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля, 2003. –С.152-157.
- 114 Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход. Пер. с польск. – М.: Мир, 1981. –456 с.
- 115 Добровольская Э.М. Вагоны метрополитена типа Е. Устройство и обслуживание. – М: Транспорт, 1989. –302 с.
- 116 Донченко А.В., Антонюк В.Г. Перспективи створення та удосконалення ходових частин рухомого складу // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту. 2002. -№6(52). –С.91-93.
- 117 Дьомін Ю.В., Черняк Г.Ю. Основи динаміки вагонів: Навч. посібник. – К.: КУЕЕТ, 2003. –270 с.
- 118 Егоренко А.В. Обоснование технических решений по повышению усталостной долговечности рам шпинтонного типа тележек вагонов метро: Автореф. дис...канд . тех. наук: М.: БГТУ. –2002. –21 с.
- 119 Електронна керуюча система дизель-агрегатів дизель-поїзда ДЕЛ-01 / Альохін С.О ., Басов О.В., Носков В.І., Яровий Г.І., Тартаковський Е.Д.// Зб. наук. праць.

- Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип. 64. –С.24-31.
- 120 Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. – М.: Машиностроение. -1981. – 240с.
- 121 Ермолов И.Н., Алешин Н.П., Потапов А.И. Неразрушающий контроль. Книга 2. Акустические методы контроля / -М.: Высшая школа, 1991. –283с.
- 122 Е.А. Ховард. Динамическое программирование и Марковские процессы. – М.: Сов. Радио, 1965. – 234 с.
- 123 Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник . – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 608 с.
- 124 Жалкин Д.С. Оптимизация системы технического обслуживания и ремонта тепловозов на базе теории нечетких множеств/ Вісник СНУ ім. В. Даля. –Луганськ: СНУ ім. Даля, 2004. -№8(78). Ч.2. –С.235-239.
- 125 Жуковский С.С. Холоднотвердеющие смеси в современных технологиях изготовления стержней и форм// Литейщик России. – 2002. -№3. –С.10-16.
- 126 Жуковский С.С., Лясс А.М. Форма и стержни из холоднотвердеющих смесей. – М.: Машиностроение, 1978. –224с.
- 127 Загорский М.В., Никифоров Н.И. Прогнозирование тяговых качеств на стадии проектирования экипажной части локомотива. Сб. научн. трудов. Брянский гос. техн. ун-т. Брянск: Изд-во БГТУ. 2000. -С.16-22.
- 128 Задоя В.О. Моделі формування економічних результатів пасажирської приміської компанії // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – К.: КУЕТТ, 2006. – С.283-285.
- 129 Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. М.: Наука. – 1976. -390с.
- 130 Иголинская Н. Дизель-поезд DR1В: интерес разных сторон // Локомотив информ. - 2006. -№2. -С.26-27.
- 131 Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям, -М.: Машиностроение, 1975. –559с.
- 132 Иноземцев В.Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава. – М.: Транспорт, 1979. –424 с.
- 133 Исаев И.П. Допуски на характеристики электрических локомотивов. - М.: Транспорт, 1980. -471 с.
- 134 Использование эндоскопов при диагностике и ремонте локомотивов / В мире НК. 2003. -№1(19). –С.3-4.
- 135 Испытания тормозной системы электропоезда ЭПЛ9Т / Басов Г.Г., Найш Н.М., Мищенко К.П., Гундарь В.П., Плотников И.Ю. // Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля, 2003. –С.167-169.
- 136 Исследование влияния схемно-конструкторского исполнения статистического преобразователя частоты на уровень напряжений радиопомех / Л.П. Гаврилов, Е.Г. Осипов, Т.А. Татур, А.М. Туркин // Вопросы анализа и синтеза электрических цепей и устройств с электрическими приборами. Сб. статей. –Вып.48 – М.: МИЭМ, 1974. –С.85-91.
- 137 Исследование системы рессорного подвешивания рельсового транспорта / А.Л. Голубенко, А.С. Петров, Г.Г. Басов, В.П. Гундарь// Зб. наук. праць. -Луганськ: Вид-тво СНУ ім. В.Даля, 2003. –С.62-74.

- 138 Исследование стабильности работы систем регулирования возбуждения тяговых двигателей тепловозов Г.Г. Басов, Е.Н. Шапран, Э.Х. Тасанг, А.А. Крючков –С.1-7.
- 139 Іваненко С.В., Рожнятовський С.В. Засоби і методики автоматизованого формування, контролю та аналізу звітності виробничо-технічних підрозділів Укрзалізниці // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції: Проблеми економіки на залізничному транспорті. – К.: КУЕТТ, 2006. – С.151-153.
- 140 Ігнатенко Р.Ю. Визначення потужності тягових електродвигунів електропоїздів приміського сполучення // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. Вип. 84. – Ч.2 . – С.229-234.
- 141 К расчету температуры на поверхности пятна контакта гребня колеса с боковой поверхностью головки рельса / Г.Г. Басов, Н.И. Горбунов, А.Л. Кашура, С.В. Попов // Mechanical engineering technologies – 04, Sofia, 2004. Vol.8/76/ -P.133-135.
- 142 Канторович Л.В., Залгаллер В.А. Рациональный раскрой промышленных материалов изд. –Новосиб, 1971. -118с.
- 143 Каховский Н.И. Сварка нержавеющей сталей. «Техніка», 1968. -312с.
- 144 Кашуба В.І. Удосконалення технології та організації випробовувань гальмівного обладнання вітчизняних дизель-поїздів: Автореф. дис. ...кандидата техн. наук / Українська державна академія залізничного транспорту. –Харків, 2003. -19с.
- 145 Квітко О.Є., Обозний О.М. Моделювання інформаційних процесів документообігу локомотивного депо при застосуванні електронного паспорту // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. -Вип.82. –С.57-60.
- 146 Кириченко Н.Ф., Матвиенко В.Т. Множественные проблемы анализа и синтеза систем управления // Кибернетика и системный анализ. – 1996. -№ 3. –С.68-77.
- 147 Кириченко Н.Ф., Матвиенко В.Т. Оптимальный синтез структур для линейных систем управления // Проблемы управления и информатики. – 1996. - № 1-2. – С. 162-171.
- 148 Кіреєв А.М. Удосконалення виготовлення та контролю колісних центрів рухомого складу залізниць: Автореф. дис. ...кандидата техн. наук / Українська державна академія залізничного транспорту. –Харків, 2007. -19с.
- 149 Коваленко В.І. Аналіз існуючої системи технічного обслуговування та ремонту локомотивів з урахуванням кліматичних умов їх експлуатації // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. -Вип.76. –С. 47-56.
- 150 Коваленко И. Н Об оценке надежности сложных систем. - Вопр. Радиозлектроники . -Сер.12, 1965. -Вып.9. -С.50-68.
- 151 Коваленко И. Н. Исследования по анализу надежности сложных систем. - Киев: Наук, думка, 1975. -212 с.
- 152 Комплексна програма оновлення рухомого складу залізничного транспорту України на 2006-2010 роки. -К.: ТОВ "НВП Поліграфсервіс" Том.1, -2006. -416с.
- 153 Коннолли Т., Бегг К., Страчан А. Базы данных: Проектирование, реализация и сопровождение: Теория и практика. – М.: Вильямс, 2000. –1120 с.
- 154 Конюхов А.Д. «Вестник ВНИИЖТ», 1998. -№4. -С.34-39.
- 155 Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: Построение и анализ. – М.: МЦНМО, 1999. –960 с.
- 156 Королюк В. С, Турбин А. Ф. Полумарковские процессы и их приложения. - Киев: Наук. думка, 1970. - 184 с.

- 157 Крашенінін О.С., Фалендиш А.П. Оцінка життєвого циклу локомотивів // Міжвуз. зб. наук. праць: ХарДАЗТ, 2004: Вип. 46. – С. 55-58.
- 158 Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. Рівняння в частинних похідних математичної фізики. - М.: Вища школа, 1970. – 708с.
- 159 Куликов Ю.А. Системы Охлаждения силовых установок тепловозов. – М.: Машиностроение, 1988. –280с.
- 160 Куценко С.М., Гулякина Т.Б. Управление и переходный процесс в электромеханической системе тепловоза. -Харьков: Высш. шк., 1982. -88 с.
- 161 Лашадур Л.А., Челноков И.И., Никольский Л.Н. Вагоны: учебник для вузов ж.-д. трансп. /Под ред. Л.А. Шадура. -3-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. - 439с.
- 162 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В10т. -Т.8: Электродинамика сплошных сред. - М.: Наука, 1992. – 664с
- 163 Лунц Г.Л., Эльсгольц Л.Э. Функции комплексного переменного. – М.: Физматгиз, 1958. – 405с.
- 164 Локомотиву необхідим "Доктор" / Гудок. 17.05.2006. –С.2-3.
- 165 Ломакин А.А. Гидравлика, насосы и компрессоры. -М.: Транспорт, 1987. –192с.
- 166 Маслиев В.Г. Научные основы выбора конструкторско-технических параметров устройств для уменьшения износа бандажей колес локомотивов: Автореф. дисс. ...докт. техн. наук / Харьков, 2001. – 493с.
- 167 Малинов М.С., Куликов Ю.А., Черток Е.Б. Охлаждающие устройства тепловозов. – М.: МАШГИЗ, 1962. –260 с.
- 168 Мартынюк А.А. Практическая устойчивость движения. -К.: Наукова думка, 1983. –248 с.
- 169 Математическое моделирование динамики электровозов/ Никитенко А.Г., Плохов Е.М., Зарифьян А.А. и др. / Под ред. А.Г. Никитенко. – М.: Высшая школа, 1998. - 274 с.
- 170 Матяш В.А. Концепция организации пунктов комплексного диагностирования тепловозов // Межвуз. сб. науч. трудов -Харьков: ХарГАЖТ, 1999. -Вып.37. –С.37-43.
- 171 Медовар Б.И. Сварка хромоникелевых сталей. Машгиз. Киев.: 1958. -336с.
- 172 Мейер Б. (Meуer В.) Локомотивы с высокими тягово-сцепными качествами и регулируемым креном. //Железные дороги мира, - 1989. - №5. -С.18-25.
- 173 Металлографическое травление металлов и сплавов: Справ. Изд.: Л.В. Баранова, Э. Л. Демина М.: Металлургия, 1986. –256с.
- 174 Методика диагностики и управления надежностью подвижного состава / Г.Г. Басов , В.П. Гундарь, О.Л. Игнабтев, О.В. Романенко / Залізничний транспорт України. 2005. -№3. –С.24-27.
- 175 Методика моделирования движения рельсового экипажа по пути с искривленной осью // Бурчак Г.П., Савоськин А.Н., Фрадкин Г.Н. и др. Труды МИИТ, 1997. –Вып . 912. -С.12-22.
- 176 Механическая часть тягового подвижного состава: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В. Бирюков, А.Н. Савоськин, Г.П. Бурчак и др. / Под ред. И.В. Бирюкова. – М.:

- Транспорт, 1992. –440с.
- 177 Микропроцессорные системы автоматического регулирования электропередачи тепловозов / А.В. Грищенко, В.В. Грачев, С.И. Ким, Ю.И., Клименко и др. -М.: Маршрут, 2004. -172 с.
- 178 Мильборини К. Тяговый и моторвагонный подвижной состав железных дорог Венгрии. La Tecnica Professionale, Италия, 2001, №7/8 –С.7-19.
- 179 Мильборини К. Тяговый подвижной состав национального общества железных дорог Франции. La Tecnica Professionale, Италия, 2000. -№7/8. –С.33-46.
- 180 Минов А.К. Повышение тяговых свойств электровозов с электрической передачей. – М.: Транспорт, 1965. -267 с.
- 181 Михальченко Г.С., Погорелов Д.Ю., Косов В.С. Автоматизированный комплекс DYNLOG для исследования ходовой динамики рельсовых экипажей. Сб. трудов 4-й Международной научно-технической конференции. –Брянск: Изд-во БГУТУ, –2001.
- 182 Могила В.И., Басов Г.Г., Голубов Р.С. Холдинговая компания «Лугансктепловоз» о повышении эффективности дизелей тепловозов путем применения озона // Внесок Донбасу в розвиток вітчизняного промислового потенціалу. Матеріали Міжнародної наукової конференції. –Луганськ: 2005. –С.109-112.
- 183 Могила В.И., Басов Г.Г., Светличный К.А. Лепестковый жалюзийный аппарат охлаждающего устройства тепловоза // Вісник СНУ ім. В.Даля, 2004. -№8(78). Ч.2. –С.254-258.
- 184 Моделирование электромеханической системы электровоза с асинхронным тяговым приводом / Ю.А. Бахвалов, А.А. Зарифьян, В.Н. Кашников и др. / Под ред. Е.М. Плохова. – М.: Транспорт, 2001. -286с.
- 185 Мокроусов С.Д. Удосконалення технології формування колісних пар локомотивів: Автореф. дис. ...кандидата техн. наук / Українська державна академія залізничного транспорту. –Харків, -2006. -18с.
- 186 Мороз В.І. Методологічний аспект формалізованого описання і оцінювання механічної досконалості конструкції транспортних технічних засобів // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип.64. –С.31-38.
- 187 Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. Пер. с нем. –М.: Мир, 1990. –208с.
- 188 Моторный вагон дизель-поезда Putian //Железные дороги мира. -2006. -№5. –С.54-59.
- 189 Мысниченко В.Ф., Трибун А.И. Внедрение прогрессивных штампованно-катанных заготовок колесных центров для тепловозов, вагонов дизель и электропоездов // Вісн. Східноукр. Нац. ун-ту. – 2004. -№8(78). –Ч.2. –С.97-98.
- 190 Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по повышению качества и надежности серийно выпускаемых тепловозов //Отчет ВНИТИ И-121-79 ИНВ. № 30084321. –Коломна, 1979. -79с.
- 191 Научно-исследовательские работы по созданию катаных колесных центров колесных пар тепловозов из низколегированной стали, предназначенных для работы в условиях холодного климата // Отчет ВНИТИ И-112-85, инв№ 63410032. – Коломна, 1985. –35с.
- 192 Николаев В.И., Брук В.М. Системотехника: методы и приложения. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 199 с.
- 193 НИР по разработке предложений и рекомендаций, направленных на обеспечение прочности и эксплуатационной надежности локомотивных колес с катаными

- центрами в целях перехода на серийное производство катаных центров. // Отчет ВНИТИ И-17-84, инв. № 30084321 – Коломна, 1979. –76с.
- 194 Новая моторная тележка для электропоездов ЭПЛ2Т и ЭПЛ9Т / Г.Г. Басов, С.В. Антонов, В.И. Нестеренко, Е.М. Богопольский / Зб. наук. праць. / -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. 2003. –С.43-48.
- 195 Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. – СПб.: Питер, 2000. –304 с.
- 196 Новый дизель-поезд для железных дорог Ирландии // Железные дороги мира. -2005 . -№12. –С47-52.
- 197 Ноден П., Ките К. Алгебраическая алгоритмика. – М.: Мир, 1999. –720с.
- 198 Нормы для расчета и проектирования новых и моделируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). –М.: Изд. ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983.
- 199 Нормы расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств экипажных частей МВПС ж.д. МПС РФ колеи 1520 мм». –М.: 1997.
- 200 Нормы расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. – М.: МПС РФ-ВНИИ ЖТ, 1998. -145с.
- 201 Носков В.И. Исследование с помощью математической модели тяговых электроприборов дизель-поезда ДЭЛ-02 // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007: Вип. 82. – С. 131-138.
- 202 Обозний О.М., Квітко О.Є. Побудова ER-моделі бази даних електронного паспорту локомотивного депо // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. Вип. 81. –С. 149-153.
- 203 Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Сазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики и строительных аппаратов. – М.: Высш. шк. 1990. -329 с.
- 204 Опыт изготовления воздушных резервуаров подвижного состава на ХК «Лугансктепловоз» /Быкадоров В.П., Басов Г.Г., Ткаченко А.Н., Ефимова Н.П. // Зб . наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля, 2003. –С.108-113.
- 205 Опыт эксплуатации дизель-поезда Desiro-classic // Железные дороги мира. -2006, №11. –С52-55.
- 206 Особенности сварки аустенитной, хромомарганцевой стали 10Х13Г18Д/ А.И. Гедрович, И.А. Гальцов, Г.Г. Басов, А.С. Ткаченко // Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля, 2003. –С.141-151.
- 207 Особенности ультразвукового контроля в радиальном направлении осей колесных пар подвижного состава железных дорог / Г.Г. Басов, В.Л. Марков, А.Н. Киреев, С. А. Волкова // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. -2004. -№3. –С.49-50.
- 208 Особенности ультразвукового контроля колесных центров локомотивов / Г.Г. Басов, В.Л. Марков, А.Н. Киреев, С.А. Волкова / Вісник СНУ ім. В.Даля. 2004. -№8 (78). -Ч.2. –С.8-11.
- 209 ОСТ 24.140.35-76. Резервуары воздушные тепловозные. Основные размеры и технические требования. – М: МТ и ТМ, ВНИТИ. – 1978.
- 210 Островський В.П. «Справ очник конструктора по холодной штамповке»: -М: 1957. –С.37.
- 211 ОСТ 24.040.03-79. Тяговый подвижной состав железнодорожного транспорта: Надежность. Термины и определения. – М: ВНИТИ, 1979. – 46с.

- 212 Осыпов С.И., Миронов К.А., Ревич В.И. Основы локомотивной тяги. – М.: Транспорт, 1979. –440с.
- 213 Охлаждающие устройства тепловозов. В.П.Епифанов, Ю.А Куликов., Ф.Г.Вербер, В.Д.Шептуцулов –М.: Транспортное машиностроение (НИИинформтяжмаш), 1976. -№38. –52 с.
- 214 Оценка шумовой нагрузки, действующей 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.
- 215 Павленко А.П. Динамика тяговых приводов магистральных локомотивов. – М.: Машиностроение, 1991. -192с.
- 216 Павленко А.П. Прогнозирование динамических качеств и оптимизация параметров систем у "экипаж - тяговый привод - путь" перспективных локомотивов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук.-Л., 1987. -42 с.
- 217 Пат 67217А Україна. Стенд для дослідження кінематичних і силових характеристик зв'язку колісної пари з рамою візка залізничного транспортного засобу / Горбунов В.І., Басов Г.Г., Попов С.В., Кашура О.Л., Могила В.І., Найш Н.М., Міщенко К.П., Гундарь В.П., Малохатко А.О. - № 2003087557; Заявл. 11.08.2003; Опубл. 15.06.2004; Бюл. -№6. -3с.
- 218 Пат. 10704 Україна. Інтер'єр трамвайного вагона / Басов Г.Г., Бикадоров В.П., Догадін В.О., Досужий Г.Г., Коваль С.П., Куріленко О.М. та ін. - № 2004020196; Заявл. 18.02.04; Опубл. 15.09.05, Бюл. -№9. -4с.
- 219 Пат. 2244650 Россия. Четырехосная тележка локомотива / Аведиков Ю.В., Басов Г.Г., Березин В.В., Демишев В.Г., Добрынин Л.К., Найш Н.М. - № 2002104785 , Заявл. 26.02.2002 , Опубл. 20.01.2005 в государственном реестре Российской Федерации. -15с.
- 220 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 в Бюл. -№6. -4с.
- 221 Пат. 3137 Україна. Жалюзійний апарат холодильної камери тепловоза / Могила В.І., Басов Г.Г., Горбунов М.І., Світличний К.А., Попов С.В., Малохатко А.О. - №2004020823; Заявл. 05.02.2004; Опубл. 15.10.2004, Бюл. -№10. -3с.
- 222 Пат. 4303 Україна. Спосіб одержання рідкого вуглеводневого палива з відходів гумомастильних матеріалів транспортних засобів / Могила В.І., Горбунов М.І., Аптекарь М.Д., Басов Г.Г., Попова Н.В., Попов С.В., Малохатко А.О. - №20040402882; Заявл. 20.04.2004; Опубл. 17.01.2005, Бюл. -№1. -3с.
- 223 Пат. 57918 Россия. Вагон трамвайный / Басов Г.Г., Бараченко Д.Н., Быкадоров В.П., Герасимов В.В., Догадин В.А., Досужий Г.Г., Мищенко К.П., Найш Н.М., Тарасов В.М., Чеглаков В.Н., Швечиков А.И. -№2004501347; Заявл. 26.05.2004; Опубл. 16.10.2005 в государственном реестре Российской Федерации. -7с.
- 224 Пат. 58907 Россия. Вагон трамвайный / Басов Г.Г., Быкадоров В.П., Догадин В.А., Досужий Г.Г., Коваль С.П., Куриленко О.М., Либерман А.С., Мищенко К.П., Найш Н.М., Пивень Л.И., Теличко И.Б., Швечиков А.И. -№2004501346; заявл. 26.05.2004; Опубл. 16.04.2006 в государственном реестре Российской Федерации. -7с.
- 225 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. 03.04.03; Опубл. 15.01.04, Бюл. -№1. -4с.
- 226 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.

- 227 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. -4с.
- 228 Пат. 66169А Україна. Гідрофрикційний гаситель коливань / Горбунов М.І., Басов Г.Г., Попов С.В., Сергієнко М.І., Найш Н.М., Міщенко К.П., Кашура О.Л., Малохатко А.О. -№2003087479; Заявл. 07.08.2003; Опубл. 15.04.2004 в Бюл. -№4. -1с.
- 229 Пат. 66182А Україна. Жалюзійний апарат холодильної камери тепловоза / Могила В.І., Басов Г.Г., Горбунов М.І., Аптекарь М.Д., Кравченко О.П., Світличний К.А., Попов С.В., Малохатко А.О. -№2003087534; Заявл. 11.08.03; Опубл. 15.04.04, Бюл. -№4. -4с.
- 230 Пат. 66884 Україна. Чотирирівнісний візок локомотива / Аведіков Ю.В., Басов Г.Г., Березін В.В., Демішев В.Г., Добринін Л.К., Найш Н.М. -№2001053062; Заявл. 04.05.01; 15.06.2004, Бюл. -№6. -6с.
- 231 Пат. 67169А Україна. Візок рейкового транспортного засобу / Басов Г.Г., Мельников М.П., Міщенко К.П., Несторенко В.І. -№2003087287; Заявл. 01.08.03, Опубл. 15.06.04, Бюл. -№6. -3с.
- 232 Пат. 67170А Україна. Візок рейкового транспортного засобу / Басов Г.Г., Бикадоров В.П., Міщенко К.П., Несторенко В.І., Сергієнко М.І. -№2003087288; Заявл. 01.08.2003; Опубл. 15.06.2004, Бюл. -№6. -4с.
- 233 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.
- 234 Пат. 67219А Україна. Дискове гальмо / Кашура О.М., Малохатко А.О., Голубенко О.Л., Горбунов М.І., Басов Г.Г., Могила В.І., Найш Н.М., Міщенко К.П. -№2003087559; Заявл. 11.08.2003; Опубл. 15.06.2004, Бюл. -№6. -3с.
- 235 Пат. 67224А Україна. Стенд для визначення пружно дисипативних характеристик силових зв'язків кузова з візком залізничного транспортного засобу / Горбунов М.І., Гундарь В.П., Попов С.В., Басов Г.Г., Могила В.І., Кашура О.Л., Сергієнко М.І., Найш Н.М. / № 2003087564; Заявл. 11.08.2003; Опубл. 15.06.2004, Бюл. -№6.
- 236 Пат. 67225А Україна. Пристрій для нанесення мастила на гребні колісних пар залізничного транспортного засобу / Горбунов М.І., Попов С.В., Кашура О.Л., Могила В.І., Мельников М.П., Басов Г.Г., Найш Н.М., Гундарь В.П. -№2003087565; Заявл. 11.08.2003; Опубл. 15.06.2004, Бюл. -№6. -4с.
- 237 Пат. 67226А Україна. Ротаційний гідравлічний гаситель коливань / Горбунов М.І., Гундарь В.П., Попов С.В., Сергієнко М.І., Найш Н.М., Басов Г.Г., Кашура О.Л., Міщенко К.П. -№2003087566; Заявл. 11.08.2003; Опубл. 15.06.2004, Бюл. -№6. -3с.
- 238 Пат. 67227А Україна. Пристрій для гасіння коливань / Горбунов В.І., Могила В.І., Попов С.В., Басов Г.Г., Кашура О.Л., Найш Н.М., Малохатко А.О. -№2003087567; Заявл. 11.08.03; Опубл. 15.06, 04, Бюл. -№6. -3с.
- 239 Пат. 67235А Україна. Стенд для дослідження зчеплення колеса з рейкою та випробування елементів буксового ресорного підвішування 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.
- 240 Пат. 67354А Україна. Спосіб нанесення захисної підложки на внутрішні стінки випускного пристрою двигуна внутрішнього згорання / Басов Г.Г., Талалаєв С.М., Бурка М.Л., Найш Н.М. -№2003098200; Заявл. 03.09.2003; Опубл. 15.06.2004, Бюл. -№6. -5с.
- 241 Пат. 68036А Україна. Глушник шуму випуску двигуна внутрішнього згорання / Басов Г.Г., Винник С.П., Малов В.А., Міщенко К.П., Сиркін А.С., Талалаєв С.М. -

- №2003088082; Заявл. 29.08.2003; Опубл. 15.07.2004, Бюл. -№7. -4с.
- 242 Пат. 68037А Україна. Випускна труба двигуна внутрішнього згорання / Басов Г.Г., Винник С.П., Малов В.А., Міщенко К.П., Сиркін А.С., Талалаєв С.М. - №2003088083, Заявл. 29.08.2003, Опубл. 15.07.2004 Бюл. -№7. -4с.
- 243 Пат. 68038А Україна. Спосіб вимірювання сили опору гасителя коливань при ходових іспитах 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.
- 244 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. -1с.
- 245 Пат. 69578А Україна. Пристрій для установки 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.
- 246 Пат. 69821А Україна. Ресорне підвішування / Горбунов М.І., Басов Г.Г., Попов С.В., Кашура О.Л., Могила В.І., Малохатко А.О. - № 20031211235, Заявл. 09.12.2003, Опубл. 15.09.2004 Бюл. -№9. -3с.
- 247 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 в Бюл. -№11. -4с.
- 248 Пат. 71504А Україна. Дах трамвайного вагона / Басов Г.Г., Бараченко Д.М., Горбунов А.П., Коротун В.П., Щербина В.М. - № 20031213317; Заявл. 31.12.03; Опубл. 15.11.04, Бюл. -№11. -3с.
- 249 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.
- 250 Пат. 72170А Україна. Рама трамвайного вагона / Басов Г.Г., Бараченко Д.М., Горбунов А.П., Коротун В.П., Слюсарєва Н.Л., Щербина В.М. - № 20031213316, Заявл. 31.12.2003, Опубл. 17.01.2005, Бюл. -№1. -7с.
- 251 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., Меняйлов В.Ф., Михайлов В.С., Найш Н.М., Щербаков В.А. - № 2002030356, Заявл. 28.03.2002, Опубл. 15.05.2003, Бюл. -№5. -3с.
- 252 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. -4с.
- 253 Пат. 7609 Україна. Фрикційний демпфер / Басов Г.Г., Губачева Л.О., Андрєєв О.О., Найш Н.М., Кашуба В.І. - № u200503709, Заявл. 19.04.2005, Опубл. 15.06.2005, Бюл. -№6. -4с.
- 254 Пат. 7613 Україна. Фрикційний гаситель коливань / Басов Г.Г., Андрєєв О.О., Губачева Л.О., Найш Н.М., Кашуба В.І. - № u200504296, Заявл. 05.05.2005, Опубл. 15.06.2005, Бюл. -№6. -3с.
- 255 Пат. 7791 Україна. Гаситель коливань / Могила В.І., Горбунов М.І., Корнєєв С.Є., Басов Г.Г., Попов С.В., Корнєєв С.С., Ковальов Ю.Г. - № 20041109045, Заявл. 05.11.2004, Опубл. 15.07.2005, Бюл. -№7. -3с.
- 256 Пат. 8754 Україна. Вагон трамвайний / Басов Г.Г., Бараченко Д.М., Бикадоров В.П., Герасимов В.В., Догадін В.О., Досужий Г.Г., Міщенко К.П., Найш Н.М., Тарасов В.М., Чеглаков В.М., Швечиков А.І. - № 2003030456, Заявл. 20.03.2003, Опубл. 17.05.2004, Бюл. -№5. -2с.

- 257 Пат.66182А Украины, МКИ В60J1/20. Жалюзийный аппарат холодильной камеры тепловоза / Могила В.И., Басов Г.Г., Горбунов Н.И., Аптекарь М.Д., Кравченко А. П., Светличный К.А., Попов С.В., Малохатко А.А. (Украина); ВНУ имени В. Даля. - №2003087534; Заявл.11.08.2003; Опубл 15.04.2004. -3с.
- 258 Пашковский Г.С. Задачи оптимального обнаружения и поиска отказов в РЭА. – М.: Радио и связь, 1981. – 280с.
- 259 Перегудов Ю.М., Тулинова СВ., Будницкий А.А. Исследование систем управления полем и тяговых электродвигателей тепловоза. Труды - ВНИТИ, 1977. Вып. 45. -С. 124-134.
- 260 Переходные процессы в цепи электропитания / Г.С. Векслер, С.Д. Долд, В.В Пилинский, В.А. Темников // Радио техника. – 1974. -№8. -С.72-75.
- 261 Повышение надежности и экономичности агрегатов и систем тепловозов / Под общей ред. д-ра техн. наук проф. В.Н. Иванова. – М.: МИИТ, 1980. –Вып. 663. –170с.
- 262 Повышение надежности экипажной части тепловозов. / Под. ред. Л.К. Добрынина. – Г.: Транспорт, 1984. -248с.
- 263 Политько Э.Д., Панасюк А.И., Панасюк В.И. Новый метод расчета оптимального частотного управления асинхронным электроприводом.
- 264 Поезд Trainguard для испытаний и демонстрации работы системы ETCS // Железные дороги мира. -2006. -№6. –С.56-58.
- 265 Потапов А., Чигишов Ю. Комплексное решение задач автоматизированного проектирования, инженерного анализа и технологической подготовки производства // САПР и графика. 1992. –№11. –С.65-67.
- 266 Правила тяговых расчетов для поездной работы. МПС // РД ВНИИЖТ. –М.: Транспорт, 1985. -220с.
- 267 Прогнозирование остаточного ресурса элементов конструкций вагонов метрополитена / В.А. Жовдак, М.М. Смирнов, А.Н. Ломакин и др. // Тр. Международ. конф. «Оценка и обоснование продления ресурса элементов конструкций». – Киев: 2000. – Т. 1. –С.883-888.
- 268 Проектирование систем автоматического управления и защиты тепловозов./ Е.Я. Гаккель, Н.Ф. Пушкарев, В.В. Стрекопытов и др.// - М.: Транспорт, 1979. -201 с.
- 269 Протокол 31-2003. По результатам оценки запаса прочности катаных колесных центров. – Луганск, 2003. –15с.
- 270 Протокол 55-2002. По результатам стендовых испытаний катаных колесных центров на прочность. – Луганск, 2002. –15с.
- 271 Протокол № 77-2004 по результатам стендовых испытаний на выносливость боковин рамы тележки электровоза ЧС4. – Луганск: ХК Лугансктепловоз. 2004. - 62с.
- 272 Прочность и безотказность подвижного состава железных дорог / А.Н. Савоськин, Г.П. Бурчак, А.П. Матвеевичев и др. – М.: Машиностроение, 1990. –288 с.
- 273 Пузиня К.Ф., Запаснюк А.С. Экономическая эффективность научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в машиностроении. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1978. – 304с.
- 274 Работа основных узлов тепловозных дизелей и холодильников / Под. ред. Д-ра техн наук А.И. Володина. – М.: Транспорт, 1977. –Вып.570. –160 с.
- Райфа Г. Анализ решений: Введение в проблему выбора в условиях неопределенности, -М.: Наука, 1977. – 407с.

275

- .
276 Раков В.А. Локомотивы отечественных железных дорог (1898-1955гг.). –М.: Транспорт, 1995. –543 с.
.
277 Раков В.А. Локомотивы отечественных железных дорог (1956-1975гг.). –М.: Транспорт, 1999. –443 с.
.
278 Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов. –М:
.
279 Романовский П.И. Ряды Фурье, теория поля, преобразования Лапласа. – М.: Изд-ство «Наука», 1964. - 305с.
.
280 РД 32.144-2000. Контроль неразрушающий приемочный. Колеса цельнокатаные, бандажи и оси колесных пар и оси колесных пар подвижного состава. Технические требования.
.
281 Романенко О.В. Определение показателей надежности электропоездов с помощью идентификационной системы сбора учета, обработки и анализа показателей технической эксплуатации // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ : СНУ ім.. В. Даля, 2004. –Вип.11 (81). –С.165–173.
282 РТМ334-65 Штампы для холодной листовой штамповки. -С.245.
.
283 Сагалевиц В.М, Савельев В.Ф. Стабильность сварных соединений и конструкций. – М.: Машиностроение, 1986. -264с.
.
284 Сансєв М.І., Фалендиш А.П. Прогнозування надійності дизельного рухомого складу в приміському русі // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. –Вип. 84. – Ч.3. –С.140-144.
.
285 Сапронова С.Ю., Басов Г.Г. Математическое описание контактных сил в системе экипаж-путь при исследовании горизонтальной динамики рельсовых экипажей // Збірник наукових праць по проблемам створення й освоєння виробництва в Україні моторвагонного рухомого складу на базі уніфікованого причіпного вагону. Спеціальний випуск. / -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля, 2003. –С.75-80.
286 Сапронова С.Ю., Ткаченко В.П. Пространственная модель двухточечного контакта колеса с рельсом// Вісник Східноукраїнського державного університету. – Луганськ: СУДУ, 2000. -№7(29). –С.89-92.
.
287 Свиридов Е.Я., Басов Г.Г., Найш Н.М. К 75-летию тепловозостроения. –С4.
.
288 Сергиенко Н.И., Землянов В.Б., Жуковицкий И.В., Зиненко О.Л. Эффективность управления локомотивным парком на базе АСУ грузовыми перевозками Украины // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – К.: КУЕТТ, 2006. – С .255-256.
.
289 Системологія на транспорті: Підручник: У 5 кн. / За заг. ред. М.Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2005 – Кн.. I: Основи теорії систем і управління / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін. –344с.
.
290 Ситаж М., Новак А., Вербицкий В. Анализ влияния профиля колеса на устойчивость и автоколебания железнодорожной тележки // Зб. наук. праць КУЕТТу. Сер. «Транспортні системи і технологія». – Київ, 2003. -№3. –С.8-19.
291 Сметанін С.О., Хомаківський А.М. Розрахунок параметрів руху поїзда на основі нейронних мереж із застосуванням автоматичної системи збору та обробки інформації // Локомотив інформ, 2007. -№ 5. -С.17-19.

- 292 Сметанін С.О., Ходаківський А.М. Розрахунок параметрів руху поїзда на основі нейронних мереж із застосуванням автоматичної системи збору і обробки інформації // Зб. наук. праць. –Харків: УкрДАЗТ, 2007. -Вип. 81. –С.66-72.
- 293 Совершенствование электрических передач и электро-оборудования тепловозов. /Будницкий А.А., Киржнер Д.Л., Калабухов А.С. и др. //Тяж. машиностр.: 2000. - №1. -С.22-27.
- 294 Современные дизель-поезда // Железные дороги мира. -2003. №12. –С22-33.
- 295 Создание электропоездов в холдинговой компании «Лугансктепловоз» / Басов Г.Г., Найш Н.М., Мищенко К.П., Гундарь В.П., Лозовой М.Г. // Вісник СНУ ім. В.Даля. 2002. –С.11-15.
- 296 Соловьев А Д. Резервирование с быстрым восстановлением. - Там же, 1970. №1, -С . 56—71.
- 297 Спасская О.В. «Марочник сталей для машиностроения», -М, 1965, -С.21.
- 298 Специальные стали. Учебник для вузов. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. М.: Металлургия, 1985. -408с.
- 299 Способы металлографического травления: Справ. Изд.: Пер. с нем. Беккерт М., Клемм Х. 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Металлургия, 1988. –400с.
- 300 Справочник сварщика Под. ред. В. Степанова. – изд., перераб. и дон. – М.: Машиностроение, 1983. –560 с.
- 301 Старостин С.С. Дискретная динамическая модель и регулирование состояния электромеханической системы с упругими связями. // Сб. научн. трудов Дон. ДТУ. 2002. Вып.41. –С.164–167.
- 302 Стенд прочностных испытаний рам тележек / Басов Г.Г., Найш Н.М., Мищенко К. П., Гундарь В.П., Шинкаренко С.Н. // Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. 2003. –С.158-159.
- 303 Стоян Ю.Г., Панасюк А.А. Периодическое размещение геометрических объектов. –К: 1978.
- 304 Сычев В.А. Классификация состояний и подсистем АСУ эксплуатацией локомотивного парка как организационно-технической системы // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. -Вип.82. –С.166-173.
- 305 Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: Учебное пособие. Изд. 4-е, испр. – М.: Едиториал УРСС, 2004. –152с.
- 306 Тартаковский Э.Д., Артеменко В.В., Артеменко А.В. Концепция создания автоматизированной системы управления и контроля подвижным составом железнодорожного транспорта с применением навигационных систем // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. -Вип. 82. – С. 17-25.
- 307 Тартаковский Э.Д., Бутько Т.В. Моделирование и оптимизация системы ТО и ТР локомотивов по суммарным удельным затратам // Межвуз. сб. науч. трудов. Днепропетровск: ДГУИТ, 1996. – С.87-91.
- 308 Тартаковський Е.Д. Пріоритетні напрямки досліджень у галузі тягового рухомого складу // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип.64. –С.5-12.
- 309 Тартаковський Е.Д., Бабанін О.Б. Формалізація задач матеріально-технічного забезпечення при технічному обслуговуванні локомотивів складу // Міжвуз. зб. наук. праць ХарДАЗТ, 2004. -Вип. 46. – С. 5-8.

- 310 Тартаковський Е.Д., Бабанін О.Б., Ремез І.В. Моделі оцінювання живучості систем керування, контролю й діагностики нового тягового рухомого складу // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип. 64. –С.18-24.
- 311 Тартаковський Е.Д., Міхед В.І. Застосування методів нелінійного перетворення для технічної діагностики систем тягового рухомого складу // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип.64. –С.123-126.
- 312 Тартаковський Е.Д., Пузир В.Г. Технологія передрейсового контролю локомотивів і локомотивних бригад // Зб. наук. Праць. - Харків: УкрДАЗТ, 2002. – Вип. 49. – С. 75-79.
- 313 Тасанг Э.Х., Шапран Е.Н. Моделирование динамических процессов в тяговых передачах локомотивов.// Вісн. Східоукр. нац. ун-т. Часть II. – 21005. – №8(90). –С 83-88.
- 314 Термическая обработка в машиностроении. Справочник. / Под. ред. Ю.М. Лахтина и А.Г. Рахштадта –М.: Машиностроение, 1980. –784с.
- 315 Техническая диагностика и надежность железнодорожной техники / Под ред. А.Н. Головаша. – М.: Компания Спутник+, 2006. -197с.
- 316 Типовые нормы времени на разработку конструкторской документации. – М.: Экономика, 1991. – 43с.
- 317 Технологическая прочность сварных швов в процессе кристаллизации. Прохоров Н., Никол. М., «Металлургия», 1979. -248с.
- 318 Технология пайки трубных пакетов секций радиаторов тепловозов в ХК «Лугансктепловоз» / Г.Г. Басов, А.Н. Ткаченко, А.А. Скородумов, Н.П. Ефимова // Автоматическая сварка: 2003. -№9. –С.37-40.
- 319 Технология спекания трубных пакетов секций радиаторов на ХК «Лугансктепловоз» / Г.Г. Басов, А.Н. Ткаченко, А.А. Скородумов, Н.П. Ефимова // Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля, 2003. –С.98-103.
- 320 Типаж подвижного состава для железных дорог Российской Федерации. –М.: МПС РФ, 2002. -74с.
- 321 Труханів Ю.П. Стратегічні напрямки впровадження інформаційних технологій на залізничному транспорту // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції: Проблеми економіки на залізничному транспорті. – К.: КУЕТТ, 2006. –С.268-269.
- 322 Тёсль М. Гидравлическая и электрическая передача тепловозов // Eisenbachtchnische Rundshau. - №10. – 1995.
- 323 ТУ 2494-164-55778270-2002. Отвердители для холоднотвердеющих литейных связующих. Технические условия.
- 324 ТУ У 27.1-4-509-2001. Центры колесные катаные черновые. Технические условия. – Луганск: 2001. –64с.
- 325 ТУУ14-4-435-98 на поставку проката листового.
- 326 Ультразвуковой контроль продольными волнами цельнокатаных железнодорожных колес / Г.Г. Басов, В.Л. Марков, А.Н. Киреев, С.А. Волкова / Зб. наук. праць. -Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля. 2003. –С.132-134.
- 327 Ушкалов В.Ф., Редько С.Ф., Серебряный И.А. Идентификация сил крипа в точке контакта колесо-рельс // Прикл. механика. – 1995. – 31, -№ 10. –С.87-92.
- 328 Фалендиш А.П. Розвиток наукових основ визначення характеристик перспективних маневрових тепловозів: Автореф. дис. докт. техн. наук. Українська

- державна академія залізничного транспорту, -Харків, 2006, -38с.
- 329 Филонов С.П., Гибалов А.К., Никитин Е.А. и др. Тепловоз 2ТЭ116.: 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1996. –334с.
- 330 Хейвуд Р.Б. Проектирование с учетом усталости. –М.: Машиностроение. 1969. - 504с.
- 331 ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. Инструкция по эксплуатации тормозов подвижного состава на железных дорогах Украины. –Киев: -1997. -134с.
- 332 Чуев С.Г. Мікропроцесорні засоби керування й діагностики
- 333 Шибер В.І. Підвищення ефективності використання електропоїздів в експлуатації // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. -Вип.76. –С.168-174.
- 334 Шоршоров М.Х., Чернышова Т.А., Красовский А.И. Испытания металлов на свариваемость.: Изд-во «Металлургия», 1972. -240с.
- 335 Эксплуатация дизель-поездов Integral нового поколения // Железные дороги мира. - 2004. -№3. –С39-42.
- 336 Эксплуатация электропоездов: справочник. – М: Транспорт,1994. –383с.: ил., табл. – Библиогр.: -380 с.
- 337 Электропоезд ЭПЛ9Т. Техническое задание. –Луганск: ХК "Лугансктепловоз", 2001. -23с.
- 338 Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. М., «Сов. радио», 1974, -400с.
- 339 A. Chudziriewich, J. Drozdiel. Proceedings of the 6-th Mini Conference on Vehicle System Dynamics. Identification and Anomalies. Budapest: Techn. Univ. 1998. -P. 123–129.
- 340 С.-J. Nybergh. AlpHaser процесс и его использование в России// Литейщик России. – 2002. -№3. –С.35-42.
- 341 С.Mgliorimi. La Tecnica Professionale, Италия, 2001, №1. –С.39-47.
- 342 David Murray SolidWorks. – Лори, 2003. –604 с.
- 343 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.
- 344 Growe J/E/ Output voltage spiker switching power supplies // Electro Engineering. – 1977, - №3. –Р.40-48.
- 345 <http://snab.ru>
- 346 Lo1997-1. Техническое отношение к удлинению срока эксплуатации электровозов ЧС2 /34Е и 53Е/ и ЧС4 /52Е/ над нормативный срок службы. –Чехия: Пльзень: Шкода ТТ. -1997. -9с.
- 347 M.Nick. Eisenbahningenieur. -2000. -№7, -р.42-46.
- 348 Ohishi K., Ogawa Y. Adhesion control of electric motor coach based on force nontrol using disturbance observer // IEEE, Advanced

Motion Control. - April, 2000. -p.323-328.

349 Pro/Engineer: Специальный справочник. СПб.: Питер,2001.-624 с.

.

ДОДАТОК А

А.1. Технічні характеристики моторвагонного рухомого складу

Загальні дані	ЕД2Г	ЕД4, ЕД4М, ЕД4М'	ЕТ2А	ЕМ4	ЕД9Т, ЕД9М	ЭМ2И
1	2	3	4	5	6	7
Виробник	ДМЗ	ДМЗ	ТоржВЗ	Спецремонт	ДМЗ	Спецремонт
Рік початку виробництва	1992	1997	1999	2003	1995	2002
Тип поїзду	приміський	приміський	приміський	міський	приміський	приміський
Конструкційна швидкість, км/ч	130	130	130	130	130	130
Напруга тягової мережі, В	3000	3000	3 кВ	3000	25 кВ 50 Гц	3000
Основна композиція	2Г+5М+3П	2Г+5М+3П	2Г+5М+3П	2Г+3М+П	2Г+5М+3П	2Г+5М+3П
Кількість вагонів	10	10	10	6	10	10
Складність секції (варіанти)	М+П (М+2П)	М+П (М+2П)	М+П (М+2П)	М+П	М+П (М+2П)	М+П
Число місць для сидіння в поїзді	1100	1100	968		1068	1042
Маса тари поїзду, т	505.2	500.3	529.0		528.1	
Маса тари вагонів (Г / М / П), т	44.8 / 58.2 / 41.3	44.2 / 57.75 / 41.05	45.0 / 62.3 / 42.5		43.5 / 64.4 / 39.7	40.0 // 38.3
Ширина колії, мм	1520	1520	1520	1520	1520	1520
Кузов						
Виробник	ДМЗ	ДМЗ	ТоржВЗ	РВЗ / Спецремонт	ДМЗ	РВЗ / Спецремонт
Довжина, мм	21500	21500	19600	19600	21500	19600
Ширина, мм	3522	3522	3522	3521	3521	3521
Висота, мм	4253	4253	4253	4253	4268	4253
База, мм	15000	15000	13300	13300	15000	13300
Кількість дверей в вагоні	4	4	4	4	4	4
Ширина дверного отвору, мм	1250	1250	980	980	1250	980
	86 / 116 / 116	86 / 116 / 116	74 / 104 / 100		80 / 112 / 116	84 / 110 / 108

Кількість місць для сидіння (Г / М / П)						
Візки						
Виробник	ДМЗ / Трансмаш	ДМЗ	Трансмаш	Титран	ДМЗ	РВЗ / КВЗ
База (М / П), мм	2600 / 2400	2600 / 2400	2600 / 2400	2600 / 2400	2600 / 2400	2600 / 2400
Маса (М / П), т	15.7 / 8.0	15.7 / 8.0	13.3 / 6.6	14.7 / 7.0	14.0 / 6.6	14.7 / 7.0
Діаметр бандажу (М / П), мм	1050 / 950	1050 / 950	1050 / 950	1050 / 950	1050 / 950	1050 / 950
Кількість моторних візків в вагоні М	2	2	2	2	2	2
Кількість ТД в моторному візку	2	2	2	2	2	2
Тяговий двигун						
Виробник	РЕЗ	ССЕП / Електросила	Сила	Електросила	РЕЗ / Електросила	РЕЗ
Тип	1ДТ-003.8	ТЭД-235 / ТЭД-2У1	ЭТА-380	ТЭД-4	1ДТ.003.11 / ТЭД-3У	УРТ-110Б
Підвішування	опорно-рамне	опорно-рамне	опорно-рамне	опорно-рамне	опорно-рамне	опорно-рамне
Годинна потужність, кВт	235	235	380	235	220	200
Тривала потужність, кВт	195	195	350	195	200	180
Номинальна напруга, В	750	750	1150	1500	825	1500
Тривалий струм якоря, А	260	260		130	240	115
Тривалий струм збудження, А	130	130		65	120	90
Сила тяги на ободі колеса, кН		26.0		26.0	29.0	18,60
Найменша ступінь послаблення збудження, %	18.0	18.0	29			
Маса, кг	2250	2250	не більш 1500		2250	2150
Тягове електрообладнання						
Виробник	РЕЗ	НЕВЗ / РЕЗ	Сила	РЕЗ / Спецремонт	Estel / Електровипря	РЕЗ / Спецремонт

Вид регулювання	контакторно-реостатне	контакторно-реостатне	плавне	контакторно-реостатне	млювач контакторне	плавне
Число ТД в моторному вагоні	4	4	4	4	4	4
Кількість з'єднань ТД	1	1		2		
Вид електричного гальмування	рекуперативно-реостатне	рекуперативно-реостатне	рекуперативно-реостатне	ні	реостатне	рекуперативно-реостатне
Допоміжне електрообладнання						
Виробник	РЕЗ	НЕВЗ / РЕЗ	РЕЗ	Спецремонт	РЕЗ / Електропила	Спецремонт
Вид перетворювача	Обертальний перетворювач	Обертальний перетворювач	обертальний	статичний	розщеплювач фаз	статичний
Тип	1ПВ.005	НВП-44/38 / 1ПВ.005	1ПВ.005		РФ-1В	
Вхідна напруга, В	3000	3000	30	3000	220 В 50 Гц	3000
Вихідна напруга, В	3x220	3x220	3000	3x220 В 50 Гц	3x220 В 50 Гц	3x220 В 50 Гц
Номінальна потужність, кВт	30.0	30.0	3x220 В 50 Гц	12.0	18.0	12
Напруга ланцюгів керування, В	110	110	110	50	110	50
Експлуатаційні характеристики						
Середнє прискорення до 60 км/год, м/с ²	0.67	0.67	0.8	0.6	0.74	0.6
Середнє прискорення до 80 км/год, м/с ²	0.65	0.65	0.7	0.6	0.72	0.6
Питома тривала потужність, кВт/т-брутто (розр.)	6,28	6,28	9,8	6,22	6,05	0,22

Додаток Б

Б.1 Трьохрівнева система діагностики центру "Трансмаш" (Росія)

В 12 локомотивних депо нині функціонує 51 діагностичний комплекс, у тому числі "Прогноз-1", "Доктор-30", "Кіпарис". У депо Московка, Інська, Алтайська впроваджені стаціонарні станції комплексної діагностики, створюється програма діагностики автогальмового встаткування. Усе депо, що мають приписний парк локомотивів, оснащені гідравлічними домкратами із центральними станціями, що дозволяють підняти (вивісити) одночасно весь локомотив або кожен колісну пару окремо для проведення вібродіагностування. Ці комплекси обслуговують 34 оператора.

Яка ж ефективність діагностики вузлів локомотивів у процесі проведення ПР-1 і ПР-2. Так, комплексом "Прогноз-1" в 2000 році були виявлені несправності підшипників в 315 колісно-моторних блоках локомотивів і моторвагонного рухомого состава. Близько 2700 неполадок високовольтних апаратів виявлено комплексом "Доктор-30" при виробництві ПР-1.

Ми майже ліквідували дуже небезпечний вид браку: відчеплення вагонів від електропоїздів у колії проходження через несправність буксових, якірних, опорних підшипників, а також редукторів.

Слід зазначити, що сучасним апаратам під силу виявляти такі дефекти, які не можуть виявити слюсарі найвищої кваліфікації.

Для виконання середнього ремонту у повному обсязі в умовах депо, потрібні сучасні технології й насамперед - технологія просочення електричних машин. Подібна технологія розроблена також у центрі "Транспорт". Устаткування складається з пульта керування, щита живлення, ультразвукової установки й печі для сушіння якорів з автоматичним виміром ізоляції. Випробування його в депо Карасук у грудні 2002 року пройшли успішно. Ухвалено рішення оснастити ним шість базових ремонтних депо.

Але є й проблеми. Так, тимчасовими правилами виробництва середнього ремонту локомотивів передбачена технологія контролю стану кабелів, однак усе зводиться звичайно до візуального огляду. Але ж мимовільний догляд електрички торік у Санкт-Петербурзі показав, що потрібно вирішувати це завдання. Центр "Транспорт" за неї вже узявся.

Далі. З 2002 року ми ремонтуємо локомотиви в обсязі середнього ремонту, нагромадили багатий досвід, але дотепер у нас немає затверджених технологічних карт і правил ремонту по серіях локомотивів. Департаменту локомотивного господарства МШС необхідно прискорити їхню розробку.

Завдяки співробітництву із центром "Транспорт" ми сьогодні маємо передові технології випробування паливних апаратів, датчиків води й масла, реле тиску тепловозів і багато чого іншого. А інститут КТІ СОРАН приладобудування розробляє для нас систему безконтактного виміру параметрів бандажа колісних пар локомотивів на ходу перед постановкою їх на ПТО. Досвідчена установка для вагонних коліс уже успішно працює.

У рамках реалізації й ефективного функціонування системи якості одне із центральних місць займає об'єктивний контроль (моніторинг) як технічного стану рухомого складу, так і дотримання технології його ремонту й випробувань(якості ремонту), що пов'язане з одержанням своєчасної й достовірної інформації від систем контролю й діагностики.

Сьогодні на мережі залізниць експлуатується більше 200 видів засобів контролю й діагностики, але вони не уніфіковані й не забезпечують комплексність, технічних засобів, націленість на кінцевий результат - підвищення якості ремонту, зниження експлуатаційних витрат:

- контроль різних типів апаратів і встаткування здійснюється, як правило, за допомогою спеціалізованих приладів і стендів, що випускають різними виробниками, що приводить до додаткових труднощів при виконанні Керування контрольним, вимірювальним і іспитовим устаткуванням у відповідності зі стандартом ISO 9000;
- більшість приладів не має вбудованих засобів обробки, запису й зберігання інформації, а також можливості передачі даних в електронному виді, що не дозволяє проводити об'єктивний контроль якості й технології ремонту, а також оперативне керування за результатами в режимі реального часу;
- розходження звітних форм, протоколів випробувань не дозволяють або створюють значні труднощі при автоматизації Керування документацією й даними у відповідності зі стандартом ISO 9000;
- низький ступінь «інтелектуалізації» більшості приладів контролю й діагностики унеможливають автоматичну ідентифікацію продукції й персоналу виробляючу експлуатацію, ТЕ або ремонт, що вимагає додаткових витрат при виконанні вимог стандарту ISO 9000 по Ідентифікації продукції, а також об'єктивної оцінки й стимулюванні оплати праці;
- відсутність вбудованих засобів нагромадження інформації й засобів її аналізу не дозволяють використати Статистичні методи керування процесами;
- «локальність» діагностичних приладів і комплексів, неможливість дистанційного вилученого моніторингу процесу вимірів вимагають вживання додаткових заходів по Нагляду за діяльністю по забезпеченню якості з боку вищого керівництва, при цьому не завжди об'єктивних;
- комп'ютеризовані самостійні прилади (виготовляються найчастіше різними виробниками) як правило, не мають на увазі своє

використання в складі єдиного комплексу через різний формат передачі даних, алгоритмів функціонування й відсутності програмного забезпечення для цих цілей, відсутні механізми ефективного використання інформації з діагностичних комплексів для системи якості підприємства ISO 9000.

Все це спричиняється необхідність розробки й створення системи об'єктивного контролю й керування якістю ремонту, інтегрованої в рамках системи якості підприємства ISO 9000.

Як базова основа раціонально використати трьохрівневу систему контролю й діагностики, яка має наступні позитивні ознаки:

- охопту всіх стадій життєвого циклу рухомого складу (експлуатація, ремонт, технічне обслуговування);
- автоматизація процесів контролю й діагностики;
- кількісна і якісна оцінка даних вимірів;
- високий ступінь «інтелектуалізації» устаткування, що входить до складу системи;
- уніфікація, погодженість форматів зберігання й передачі даних;
- гнучкість системи, можливість швидкої адаптації до зовнішніх умов, що змінюються;
- наявність убудованого механізму ідентифікації контрольованого встаткування й ремонтного персоналу;
- широкі можливості по формуванню звітних форм електронного документообігу.

Згідно з офіційними даними Департаменту локомотивного господарства за 2002 р., основними причинами відмов є неякісний ремонт у депо, сумарна частка якого становить 71,6% від загальної кількості й незадовільна експлуатація - 13,8%.

З огляду на вищевикладене, можна зробити висновок про недостатню ефективність існуючої системи організації й контролю ремонтного процесу й необхідності впровадження комплексної системи контролю й керування якістю на всіх стадіях життєвого циклу локомотива:

- експлуатація;
- технічне обслуговування;
- поточний ремонт (ПР1, ПР-1В, ПР-2, ПР-3, СР)
- капітальний ремонт (КР1, КР2).

Сьогодні на мережі залізниць експлуатується більше 200 видів засобів контролю й діагностики, але вони не уніфіковані й не забезпечують комплексність, технічних засобів, націленість на кінцевий результат - підвищення якості ремонту, зниження експлуатаційних витрат.

З'явилася необхідність об'єднання всіх діагностичних приладів у єдину трьохрівневу систему контролю й керування технічним станом рухомого состава, що включає в себе основні рівні:

а) I рівень. Цехові системи контролю в технологічних процесах ремонту. Містять у собі комплексні системи цехового контролю, укомплектовані відповідним технологічним і стендовим устаткуванням, оснащеним спеціалізованими й стандартними засобами вимірів і технічної діагностики. Мають інформаційний вихід у загальну базу дані системи через мережу «Intranet», здатні формувати електронний паспорт.

Містять у собі:

- комплексні системи контролю якості апаратного цеху (КСК-АЦ);
- комплексні системи контролю якості електромашинного цеху (Кск-емц);
- комплексні системи контролю якості автоматного цеху (Кск-авц);
- комплексна система контролю якості роликового цеху (КСК РЦ);
- комплексна система контролю якості колісного цеху (КСК КЦ);
- комплексна система контролю якості візкового цеху (КСК ТЦ).

б) II рівень. Переносні й стаціонарні засоби контролю й діагностування. Являють собою універсальне багатоцільове автоматизоване діагностичне встаткування й засоби вимірів галузевого застосування для контролю й реєстрації стану вузлів рухомого складу як до ремонту (визначення обсягу робіт), так і після ремонту (оцінка якості ремонту). Здатні формувати електронний паспорт, мають загальносистемне підключення.

Містять у собі:

- СКД «Доктор-030М» - система контролю й діагностики рухомого складу;
- СКД «Доктор-030ZM»- система контролю й діагностики електричних машин і ізоляції;
- СКД «Доктор-060 Z»- "Z - метр";
- СКД «Доктор-060 М» - Мегомметр;
- СКД «Доктор-060 L» - Пост контролю лінійних розмірів;
- СКД «Доктор-060 E» - Пост контролю ланцюгів керування й силових ланцюгів;
- СКД «Доктор-060 T» - Пост контролю параметрів струмоприймача;
- СКД «Доктор-060 V» - Пост контролю вібродіагностики.

в) III рівень. Бортові системи контролю й діагностування.

Використаються в експлуатації. Призначені для оперативного регулювання й запобігання аварійних ситуацій, вибору оптимальних режимів роботи. Здатні передавати інформацію в загальну базу даних по радіоканалі для формування електронного паспорта локомотива.

Містять у собі:

- Бортові системи контролю температури підшипникових вузлів (БСК-Т);
- Бортові системи контролю силових ланцюгів (БСК-СЦ);
- Бортові системи автоматичної пожежної сигналізації (БСК-АПС);

- Бортові системи контролю ланцюгів керування (БСК-ЦУ);
- Бортові системи контролю автогальмового встаткування (БСК-АТ);
- Бортова підсистема передачі даних по радіоканалі (БСР).

Трьохрівнева система контролю й діагностики має наступні позитивні ознаки:

- охопту всіх стадій життєвого циклу рухомого состава (експлуатація, ремонт, технічне обслуговування);
- автоматизація процесів контролю й діагностики;
- кількісна і якісна оцінка даних вимірів;
- високий ступінь «інтелектуалізації» устаткування, що входить до складу системи;
- уніфікація, погодженість форматів зберігання й передачі даних;
- гнучкість системи, можливість швидкої адаптації до зовнішніх умов, що змінюються;
- наявність вбудованого механізму ідентифікації контрольованого встаткування й ремонтного персоналу;
- широкі можливості по формуванню звітних форм електронного документообігу.

У рамках реалізації й ефективного функціонування системи якості одне із центральних місць займає об'єктивний контроль (моніторинг) як технічного стану рухомого складу, так і дотримання технології його ремонту й випробувань (якості ремонту), що пов'язане з одержанням своєчасної й достовірної інформації від систем контролю й діагностики.

Моніторинг технічного стану рухомого складу - це постійне й синхронізоване спостереження за його станом по безлічі фіксованих параметрів на всіх етапах експлуатації й ремонту із внесенням і аналізом останніх у загальну базу даних. Система моніторингу відслідковує кожен несправність у її розвитку, включаючи всі можливі причини її виникнення, періодичність виникнення, повторюваність і т.д.

Усе компоненти єдиної трьохрівневої системи забезпечують автоматичну реєстрацію контрольованих параметрів і передачу їх у локальну мережу підприємства в режимі реального часу, подають об'єктивну інформацію про технічний стан кожної одиниці рухомого складу й окремих її вузлів (складальних одиниць). Це дозволяє сформувати й скорегувати графіки ремонту тягового рухомого складу, провести аналіз технічного стану парку, спрогнозувати залишковий ресурс об'єктів, що діагностуються (створення електронних паспортів).

У результаті, вся технічна інформація, отримана з діагностичних комплексів, зводиться на один загальний сервер діагностики в загальну базу даних, на якому формуються електронні паспорти електровозів, і ведеться моніторинг стану локомотивного парку депо.

Загальна база даних призначена для оперативного централізованого збору інформації про результати контролю й діагностики елементів

тягового рухомого состава, що надходять від різних систем контролю й діагностики, використовуваних на підприємствах локомотивного господарства. Загальна база даних має відкритий універсальний інтерфейс, що надає можливість експорту й спільної обробки даних. У цей час через цей інтерфейс експортують свої дані системи серії «Доктор».

У системі представлені наступні протоколи доступу до даних:

- веб-доступ за допомогою Internet Explorer Browser;
- передача по TCP/IP у режимі реального часу;
- передача за допомогою файлової системи;
- передача по радіоканалі як у режимі реального часу, так і в режимі відкладеної доставки.

На основі даних, що надійшли в загальну базу даних від систем контролю за результатами вихідного контролю встаткування й даних паспортів тягового рухомого состава, дозволяють автоматизувати процес підготовки технічних паспортів об'єктів, що діагностуються.

Загальна база даних представляє користувачеві більші можливості по формуванню різного виду звітів як статистичного, так і аналітичного характеру.

Алгоритм роботи зазначених систем контролю й діагностики передбачає виконання наступних операцій:

- Ідентифікація (локомотива, пристрою, апарата й т.д.);
- Ідентифікація працівника виробляючу експлуатацію, ТЕ або ремонт;
- Виконання контрольних-діагностичних операцій;
- Кількісна і якісна оцінка параметрів і показників;
- Виявлення й локалізація несправності;
- Видача рекомендацій з пошуку й усунення;
- Запис результатів у базу даних (БД);
- Складання звітних форм;
- Передача інформації в загальну базу дані підприємства.

Ефективність впровадження стандарту якості ISO 9002 на ремонтних підприємствах локомотивного господарства галузі можливо тільки при наявності об'єктивних даних у режимі реального часу про фактичний технічний стан рухомого состава й технологічному процесі й ремонту, одержуваних від засобів контролю й діагностики. Окремі діагностичні прилади й комплекси повинні поєднуватися в системи наскрізного контролю й діагностики з єдиним інформаційним простором даних на всіх етапах життєвого циклу рухомого состава: експлуатація, ТЕ й ремонт. Процес одержання інформації повинен бути автоматичним з використанням сучасних цифрових кабельних і радіоканальних засобів приймання, передачі даних. Інформація від систем контролю й діагностики окремих депо повинна надходити на єдиний сервер діагностики для формування об'єктивної картини про фактичний технічний стан рухомого

состава, виконанні технології і якості ремонту в рамках Дороги й далі в оптимізованому обсязі в Департамент Локомотивного господарства галузі. Технологія роботи із приладами, комплексами й системами контролю й діагностики повинна бути інтегрована в технологічний процес ремонту й ТЕ встаткування рухомого состава з метою максимального підвищення ефективності ремонту, зниження трудозатрат і переходу на ремонт окремих деталей, вузлів, машин і апаратів по фактичному стані.

У цей час у депо Московка Західно-Сибірської залізниці впроваджені й позитивно зарекомендували себе наступні діагностичні прилади й комплекси трьохрівневої системи контролю якості:

- комплексна система контролю якості електроапаратного цеху (КСК-АЦ);
- наскрізна система контролю колісно-моторних блоків (КМБ) у складі:
- бортові системи контролю підшипникових вузлів електровозів ВЛ10;
- вібродіагностичний комплекс Прогноз-1;
- комплексна система контролю якості електромашинного цеху (Кск-емц).
- система контролю й діагностики електроустаткування локомотива на малому періодичному ремонті й ТЕ-3 (СКД) Доктор-030М.

Дані результати дозволяють зробити висновки про високу ефективність систем контролю й діагностики як засобів підвищення якості ремонту, експлуатаційної надійності й зниження витрат.

Аналіз дані діагностики встаткування при черговому плановому ремонті дозволяє судити про можливість переходу на ремонт окремих апаратів і машин електровоза по фактичному стані.

На сьогоднішній день система контролю якості впроваджена й експлуатується в ремонтних підприємствах різних доріг, а так само ведеться постійна робота з дообладнання ряду депо трьохрівневою системою контролю якості. [3]

Б.2 Діагностика технічного стану на основі віброакустичного методу контролю

У результаті тривалих експериментальних і конструкторських робіт створені комплекси діагностики, що забезпечують контроль найбільш відповідальних елементів і вузлів локомотивів і вагонів з високою вірогідністю при об'єктивному критерії контролю “придатний” або “брак” і, що виключають повністю людський фактор, що, як правило, є причиною техногенних катастроф.

Практика показала, що ефективно використання розроблених комплексів може бути забезпечена на вхідних, міжопераційних і вихідних операціях ремонту рухомого складу (статичний моніторинг), проведення контролю локомотивів і вагонів у русі поїзда (динамічний моніторинг), а також при створенні дистанційних центрів контролю якості ремонту.

Як вимірювальний засіб діагностики в розроблених комплексах використовується універсальна одноканальна багатофункціональна система діагностики ОМСД-02. До складу системи входять: п'єзодатчик з підсилювачем заряду, аналого-цифровий перетворювач, персональний комп'ютер і програмне забезпечення.

Алгоритм системи побудований на аналізі сигналів віброприскорень, які вимірюються на корпусах об'єктів, що діагностуються, за допомогою п'єзодатчиків.

Одержуваний спектр сигналів при обертанні механізмів дає можливість одержувати інформацію про технічний стан кожного елемента контрольованого об'єкта.

Відмінною рисою системи ОМСД-02 від інших відомих систем аналогічного призначення, застосовуваних на залізничному транспорті, є:

- повна автоматизація процесу діагностики;
- однозначне визначення результатів при мінімальному часі видачі даних контролю (8 сек.);
- висока вірогідність (від 95% до 99,4% залежно від типу об'єкта).

Система ОМСД-02 сертифікована Держстандартом Росії (RU.C. 28. 011.A №14428), зареєстрована в галузевому реєстрі засобів вимірів (№МТ 063.2003) і допущена до застосування для діагностики деталей і вузлів рухомого складу під час поточних ремонтів на підприємствах залізничного транспорту.

У системі вібродіагностики ОМСД-02 застосований комплексний підхід при аналізі сигналу вступника від досліджуваного об'єкта. При цьому використовуються параметри сигналу, що мають найбільшу інформаційну значимість на різних стадіях розвитку дефекту. Дефекти, що зароджуються, виявляються з використанням методу що обгинає й статистичного моменту четвертого порядку тимчасового сигналу (ексцесу). Дефекти середньої стадії розвитку визначаються по прямому спектрі

сигналу, а значні дефекти вузлів - за середньо-квадратичним значенням.

Отриманий спектр сигналу автоматично аналізуються в смузі частот 1-2000 Гц. і пікові значення спектральних складових рівняються із граничними значеннями. Граничні значення встановлюються автоматично за результатами 20-25 вимірів і надалі можуть коректуватися в міру нагромадження інформації.

Універсальність системи ОМСД-02 дозволило створити діагностичні комплекси для наскрізного поопераційного контролю найбільш відповідальних елементів і вузлів, що визначають безпеку руху поїздів, до яких ставляться, насамперед, ходові частини рухомого складу.

Досвід експлуатації локомотивів і вагонів показує, що до найбільш слабких елементів з погляду динамічних навантажень ставляться підшипники. Тому першою позицією в розроблених комплексах є контроль підшипників у так званих роликових відділеннях ремонтних підприємств залізниць. Контроль здійснюється системою ОМСД-02 з використанням розробленого й стенда, що випускає серійно, підшипників СВП-01. Стенд забезпечує контроль підшипників під навантаженням відповідним реальним умовам експлуатації.

На металеву підставку, що фіксує зовнішнє кільце підшипника, встановлюється п'єзодатчик із кріпильним магнітом, і при обертанні внутрішнього кільця проводиться контроль на наявність дефектів:

- раковин і тріщин на роликах;
- зношування роликів;
- хвильності доріжки зовнішнього й внутрішнього кілець;
- пошкодження сепаратора;
- корозії або пошорхості роликів;
- раковин, тріщин на зовнішнім і внутрішнім кільцях.

Універсальне змінне оснащення дозволяє швидко здійснювати переналадження стенда з одного типорозміру підшипника на інший.

Для електровозів і тепловозів якість складання й стан підшипників тягових електродвигунів визначається на іспитовій станції. Тут же додатково система ОМСД-02 дозволяє виявляти неспіввісність підшипників і биття якоря двигуна.

Буксові вузли колісних пар локомотивів проходять контроль на спеціальному стенді під навантаженням. Додатково до системи вібродіагностики на стенді встановлена система термодіагностики, що визначає нагрівання корпусів букс при контролі колісних пар під навантаженням.

На стенді колісна пара піднімається над рейковим трактом, фіксується на підставках корпусами букс, і на них встановлюються п'єзо й термодатчики за допомогою кріпильних магнітів.

Далі колісна пара приводиться в обертання від зовнішнього джерела, після чого включаються діагностичні системи.

Наступною технологічною операцією є контроль на стенді колісно-моторних блоків (КМБ) локомотивів зібраних з перевірених раніше колісних пар і тягових електродвигунів. На даному стенді проходить контроль і зубчаста передача редуктора.

Система ОМСД-02 дозволяє виявити наступні дефекти шестірень:

- зношування по товщині зуба;
- гостре зношування;
- вищербини;
- відколи в торців зубів;
- тріщини в основи ніжки зуба й у западині;
- тріщини й припали на робочих поверхнях зубів;
- тріщини й задири на поверхні посадкового отвору;
- злами зубів і наскрізні тріщини;
- розрив шестірні, що йде від посадкового отвору;
- ослаблення посадки й повертання шестірні.

Заключною операцією діагностики КМБ електровозів і тепловозів є їхній контроль під локомотивом. За допомогою домкратів колісно-моторні блоки змонтовані на локомотиві піднімаються над рейками, на корпуси букс колісних пар встановлюються п'єзодатчики й при включенні тягових електродвигунів виробляється безрозбірна діагностика КМБ.

Конструкція діагностичного встаткування для локомотивів розроблено з урахуванням можливості його використання в технологічному процесі ремонту колісно-редукторних блоків (КРБ) моторвагонного рухомого состава.

Застосування діагностичних комплексів на базі системи ОМСД-02 для багаторазового контролю елементів і вузлів у процесі складання КМБ і КРБ забезпечує вірогідність їхнього контролю близьку до 100%.

Слід зазначити, що одна система ОМСД-02 при використанні ліній зв'язку може обслуговувати до 16 робочих станцій діагностики.

Для підприємств, що ремонтують вантажні й пасажирські вагони розроблені ОМСД-02 комплекси, у яких крім стенда СВП-01 діагностики підшипників входять стенди двох модифікацій для діагностики буксових вузлів колісних пар на різних технологічних операціях ремонту. Моделі стендів першої модифікації СВП-01 для колісних пар вантажних вагонів і СВРП-02 для колісних пар пасажирських вагонів забезпечують діагностику буксових вузлів без радіального навантаження, а моделі стендів другої модифікації відповідно СВБП-01Н и СВРП-02Н - діагностику буксових вузлів під навантаженням. Стенди однієї модифікації аналогічні й відрізняються лише тим, що в них ураховуються конструктивні особливості застосовуваних корпусів букс.

Стенди діагностики колісних пар під навантаженням мають два режими роботи:

- режим термодіагностики буксових вузлів при радіальному навантаженні буксових вузлів;
- режим вібродіагностики без радіального навантаження буксових вузлів з використанням системи ОМСД-02.

Всі стенди діагностики буксових вузлів оснащені пристроєм контролю частоти обертання колісної пари (безконтактним датчиком) і цифровим індикатором, розташованим на передній панелі стенда, що дозволяє операторові стежити за процесом діагностики.

У комплекс діагностики колісних пар пасажирських вагонів входить також стенд для діагностики колісних пар з редуктором на середній частині осі. На даному стенді крім діагностики буксових вузлів проводиться контроль шестірень редуктора з метою виявлення наступних дефектів: тріщин, відколів, раковин або викрашування, а також зношування робочих поверхонь зубів; вм'ятин на поверхні кожного зуба глибиною більше 0,5 мм або площею більше 100 мм²; раковин, якщо їхня загальна площа перевищує 15% поверхні кожного зуба; сліди точкової корозії зуба діаметром більше 2-х мм або глибиною більше 0,5мм.

Крім зазначеного встаткування комплекс діагностики пасажирського вагона передбачає застосування системи ОМСД-02 для контролю генераторів на стенді, а також колісних пар і редукторів під пасажирським вагоном.

У зв'язку з наявною тенденцією підвищення швидкостей руху поїздів стає важливим проведення контролю технічного стану локомотивів і вагонів у процесі руху поїзда, включаючи контроль сходу вагона з рейок, тобто проведення динамічного моніторингу.

У цей час завершена розробка бортової системи вібродіагностики колісно-моторних блоків локомотивів, за допомогою якої в процесі руху буде контролюватися справність цього основного вузла локомотива.

Проводиться розробка системи контролю буксового вузла вантажного вагона при русі поїзда. Інформація про дефект у цій системі передається по радіоканалі машиністові поїзда й у дистанційний центр контролю.

У стадії розробки перебуває комплексна система моніторингу пасажирського вагона в русі, що включає в себе систему контролю: буксового вузла; генератора; редуктора в середній частині осі; сходу вагона з рейок. Проводиться також розробка постової дискретної системи контролю механічного стану буксових вузлів вантажних і пасажирських вагонів при русі поїзда, призначеної для контролю нагрівання буксового вузла. Система повинна розташовуватися на магістральних ділянках колії. В основу цієї системи закладений аналіз віброприскорень підшипників буксових вузлів, що реєструються акустичними й п'єзоакселерометричними датчиками, установлюваними на рейках.

Програмні алгоритми системи ОМСД-02 дозволяють організувати контроль проведення діагностики в ремонтних підприємствах при їхньому

підключенні по корпоративній мережі передачі даних Інтранет до дистанційних центрів контролю якості ремонту, що дає можливість здійснити аутсорсинг послуг при діагностиці найбільш відповідальних елементів і вузлів рухомого складу.

Автономні системи статистичного й динамічного моніторингу є системами першого рівня. Їхнє призначення полягає в проведенні вимірів і первинної обробки результатів контролю операторами на ремонтних підприємствах. Діагностична інформація, отримана на першому рівні діагностики, по каналах зв'язку з використанням ВОЛС передається в дорожні або регіональні дистанційні центри контролю якості ремонту, що є другим рівнем контролю. У дорожніх дистанційних центрах контролю якості ремонту кваліфіковані інженери-діагности проводять більше поглиблений аналіз результатів вимірів, проведених системами першого рівня, у результаті чого видається підтвердження на результат діагностики й виробляється нагромадження бази даних.

Дистанційні центри контролю якості ремонту забезпечують:

- розробку й підтримку в працездатному стані методик вібродіагностики, навчання операторів ремонтних підприємств прийманню знімання сигналів, обробки, зберігання й передачі результатів обробки сигналів назад у ремонтні підприємства;
- передачу сигналів від систем ОМСД-02, розташованих у ремонтних підприємствах;
- атестацію операторів, спостереження за своєчасністю проведення перевірки вимірювального встаткування;
- передачу інформації про результати діагностики в АСУ-Т, а також у відповідну автоматизовану систему служби залізниці.
- На інженерів-діагностів дистанційних центрів покладені наступні обов'язки:
- візуальний аналіз сигналу, що надійшов від об'єкта, і у випадку неякісного запису організацію його запису заново;
- аналіз спектра сигналу, перегляд граничних і обмірюваних амплітуд вібрації для встановлення відповідності їхніх значень результатам діагностики;
- відстеження за своєчасним наданням операторами результатів огляду об'єкта при діагностиці «брак»;
- контроль за виконавською й технологічною дисципліною операторів ремонтних підприємств за рахунок оперативного аналізу їхніх дій при проведенні вимірів і надання їм консультативної допомоги;
- прийняття необхідних технічних і організаційних рішень при порушенні технологічної дисципліни та ін.

Додаток В

Приклад визначення раціонального розкрою матеріалів

Наприклад на підприємстві з листів металу m потребується викраювати заготовки типу А і В, які мають розміри відповідно a м і b м. відомі потреби в цих заготовках – потрібно викроїти по 1600 кожного типу. Необхідно передбачити такий план розкрою, який дозволить виконати планове завдання з мінімальними затратами матеріалу.

На рис. 3.3 приведені «розумні» способи розкрою.

Будемо позначати через x кількість листів металу, які розкраюються 1 способом. «План розкрою» - це набір чисел x, y , які показують, скільки листів розкраюється кожним способом. Так як ми хочемо, щоб план вдовольняв деяким вимогам, ці числа неможна вибирати самовільно, а вони повинні бути знайдені. Побудуємо модель, яка дозволить визначити їх вибір.

Оскільки ми хочемо виконати план з мінімальними затратами матеріалу, цільова функція має вид:

Якщо один лист розкраюється першим способом, то з нього отримуємо 12 заготовель типу А. Якщо ж цей спосіб застосований до x листам, то заготовель типу А отримаємо $12x$. Розмислюючи аналогічно по відношенню до інших способів розкрою, можна записати умову виконання плану по заготовлям типу А:

І так само ж по заготовлям типу В:

Окрім того, зрозуміло, що величини x, y не повинні бути негативними, тому що неможна розкroїти негативну кількість листів матеріалу. Кінцево прийшли до такої задачі. Знайти x, y при умовах :

1. $12x + 6y \geq 1600$,
2. $4x + 8y \geq 1600$,

Ми прийшли до задачі лінійного програмування. Для її рішення може бути застосований один з загальних методів: [1, 2, 3]. Можна застосувати і доволі простий геометричний метод рішення.

Накреслимо прямокутну систему координат XOY і кожному можливому розкрою поставимо у відповідності точку, у якої координата x дорівнює кількості заготовель типу А, які отримуємо при розкрої, а координата y – кількості заготовель типу В. Ми будемо позначати ці точки буквою М з індексом, який дорівнює номеру розкрою. Наприклад, першому розкрою відповідає точка M_1 з координатами $(1, 0)$,

(рис.3.4).

Легко побачити, що точки на відрізку вказують своїми координатами кількість заготівель типу А і типу В, які приходяться у середньому на один лист матеріалу в різноманітних планах розкрою, які дають собою сполучення розкроїв і . Можна доказати, що підмножина все можливих планів розкрою, представлених у виді комбінації , , і , якщо їх характеризувати виходом заготівель, які приходяться на один лист, зображення сукупністю точок випуклого багатокутника ,

Рис. В.2. Багатокутник здійснених планів

ника здійснених
нених планів буде

ується також план,
.)

сонана умова

) кількості

)). Ясно, що

N. Такі плани

відповідний план (

й, якому відповідає
ь найбільші
отівель у даній

і багатокутника

бити висновок, що

ез ту долю

матеріалу, яка кроїться по . З умови комплектності слідує, що ,

звідки . Цей результат можна було отримати графічно, замітив з креслення (рис.

2), що .

Питоме мінімальна кількість листів матеріалу знаходиться, наприклад, з умови отримання потрібної кількості заготівель типу А:

(Перший розкрій застосовується до листа, при цьому з кожного листа

отримуємо 0 заготівель типу А. Другий розкрій застосовується до листа, при цьому з кожного листа отримуємо 8 заготівель типу А. Загальна кількість заготівель типу А повинно відповідати заданому, тобто рівняється 1600.) Вирішуючи рівняння,

отримуємо, що необхідна (мінімальна) кількість листів матеріалу .

Оптимальний план розкрою складається у тому, що 125 листів кроїться по другому розкрою , а 200 листів – по третьому розкрою .

Для того щоб наш аналіз був вже зовсім повним, обґрунтуємо ще і питання, які пов'язані з двійною задачею. Перш за все покажемо, як природно утворюється ця економічна задача. Ситуація, яку ми роздивляємось, хоча і вельми умовна, але гарно відображує суть справи.

Нехай є економічна система, яка складається з двох частин: завод і заготівельний цех. Завод для виробничих цілей заказує цеху виробити з листового матеріалу заготівлі типу А і В у потрібному асортименті. При цьому завод, природно, зацікавлений, щоб затрати матеріалу були найменшими. Вибір способів розкрою, які забезпечать потрібну кількість заготівель при найменших затратах матеріалу, виробляється на основі рішення вже розглянутої задачі (будимо називати її прямою задачею).

Припустимо, що здійснений внутрішньозаводський госрозрахунок і у взаємовідносинах між заводом і цехом використовується «ринковий механізм цін». Тому цех прагне оцінити свою продукцію як можна дорожче, але так, щоб її купівля була заводу вигідна, ціни були обґрунтовані. Задача відшукування таких вигідних і оправданих цін і є двійна задача лінійного програмування.

Оцінки заготівель першого і другого типів позначимо відповідно через v і w , а оцінка початкового листа можна враховувати рівною одиниці (тому вибирається масштаб цін). При використуванні першої карти розкрою викраюється заготівель типу А і заготівель типу В. Щоб ціни були оправданими, сумарна оцінка продукції не повинна перебільшувати оцінку початкового листа матеріалу, тобто повинно виконуватися нерівність , (інакше заводу було б вигідніше не передавати розкрий цеху). Аналогічні нерівності повинні виконуватися і для усіх інших способів. Природним є і інше, вже згадувана умова: оцінки потребує вибирати так, щоб оцінена по ним уся вироблена продукція мала максимальну вартість. Використовуючи конкретні числові значення, приходимо до наступної задачі. Знайти оцінки v і w так, щоб оцінка заказаної продукції при умовах:

Очевидно, що рішеннями цієї задачі є величини і , тобто перші оцінки, кі віднесені до оцінки листа матеріалу. Значення цільових функцій прямої і двійної задачі на оптимальних планах співпадають і дорівнюють 325. І так, якщо ціни рівні приведеним вище величинам, цеху вигідно виконувати завдання, і в той самий час він не отримує несправедливого доходу.

Додаток Д Переваги та недоліки передач різних типів

До переваг асинхронного приводу необхідно віднести:

- електропередача забезпечує краще використання потужності як при зрушенні з місця, коли сила тяги падає незначно до досягнення гіперболічної частини x -ки ($P = \text{const}$), чим у гідравлічній передачі, так і у всьому діапазоні швидкостей, де електрична передача забезпечує гіперболічну тягову характеристику, що є неодмінною умовою кращого використання потужності. Це істотно поліпшує розгінні і швидкісні характеристики поїзда;

- середній експлуатаційний ККД тепловоза з електропередачею (при однакових дизелях) вище ККД тепловоза з гідропередачею як унаслідок більш високого ККД самої передачі, так і гарного узгодження характеристик електропередачі і дизелі: електропередача може забезпечити роботу будь-якого дизеля з найбільшою економічністю у всьому діапазоні швидкостей, тоді як при гідропередачі робота дизеля визначається характеристикою насосного колеса, яку важко навантажувати з різними характеристиками дизеля по витраті палива. Гідропередача може економічно використовуватися тільки в обмеженій області, що неминуче веде до застосування декількох ступенів (гідротрасформаторів), що включаються по черзі, а це збільшення габаритів і ваги передачі;

- можливість рекуперації енергії при гальмуванні електричним гальмом, що дозволяє повертати в контактну мережу до 12% енергії;

- мінімальна вартість змісту в порівнянні з іншими видами передач, через дуже малу кількість частин, підданих зносу;

- забезпечення сприятливих умов для обслуговування завдяки можливості установки всіх машин і апаратів, зручної для спостереження;

- забезпечення надійної роботи дизеля завдяки можливості усунення критичних чисел оборотів і всіляких його перевантажень;

- гарна приємність і можливість швидкого реверсування і плавного регулювання швидкості.

Для реверсування при гідропередачі необхідно значно більший час, тому що гідротрансформатор повинний бути цілком спорожнений, а локомотив зупинений для можливості переключення кулачкової муфти реверса.

Застосування ж АТД, як в електрорухомому складі (ЕРС) так і в дизель-поїздах, довгий час стримувався рівнем розвитку напівпровідникової техніки, що не забезпечує випуск надійних і економічних перетворювачів частоти перемінного струму і тільки після появи силових напівпровідникових керуючих приладів - тиристорів стало питання про широке використання АТД в електричній тязі, що дозволило в порівнянні з колекторними тяговими двигунами реалізувати його переваги:

- збільшення потужності в 1,5-2 рази і моменту АТД при одночасному зниженні маси на 30-40% і габаритних розмірів за рахунок відсутності колектора, обмотки додаткових полюсів і компенсаційної обмотки. По питомій потужності АТД у 2-2,5 рази перевершує колекторні тягові двигуни [4]

- кращі тягові властивості ЕРС за рахунок забезпечення високого використання зчеплення коліс з рейкою, завдяки твердій тяговій характеристиці при боксованні. Виконані розрахунки показують, що застосування АТД збільшує коефіцієнт використання зчіпної ваги з 0,90 до 0,98, що підтверджується експериментальними даними, що показують можливість збільшення коефіцієнта зчеплення на 20 -40%.

- зниження витрат на зміст ЕРС в умовах експлуатації за рахунок значного спрощення АТД у порівнянні з колекторними і підвищення надійності кузовного електричного устаткування.

Відсутність колекторно-щіткового вузла не тільки підвищує надійність АТД, але і спрощує обслуговування АТД в експлуатації, тому що відпадає необхідність щоденного огляду колекторно-щіткового вузла. Крім того, АТД із короткозамкненим ротором має тільки одну обмотку статора, виконану з ізоляцією, тому не вимагає періодичних оглядів кваліфікованими слюсарями-мотористами, а обслуговування його зводиться тільки до запресовування змащення в підшипники. Застосування ж безконтактних пристроїв перетворення потужності підвищує надійність кузовного електроустаткування.

Так, наприклад, за даними фірми ВВС загальні витрати при експлуатації електровозів Е-1200 з асинхронними тяговими двигунами в 2 рази менше, ніж в електровозів ЕА-1000 з колекторними двигунами.

- значне зниження витрати кольорового металу, ізоляції й електротехнічній сталі . Наприклад, на останніх зразках АТД витрата міді на виготовлення в 2 - 2.5 рази менше , ніж на колекторних двигунах.

- у дизель-поїзді з електропередачею з АТД сила тяги при зрушенні з місця і розгоні може автоматично підтримуватися постійної, що збільшує прискорення і поліпшує динамікові розгону поїзда. А проти можливого боксування при поганих умовах зчеплення можуть бути прийняті ефективні заходи;

- застосування АТД створює можливість повної автоматизації режиму ведення поїзда.

Додаток Е

Функціональні схеми силових установок електропередачі дизель поїздів

Історично склалося, що ДП, побудовані ХК "Луганськтепловоз", використовували 2 типи електропередач з тяговими двигунами постійного струму (ДПЛ) і асинхронними (ДЕЛ-01 і ДЕЛ-02).

В електропередачі Дгис двигуном постійного струму як моторний вагон використаний модернізований тепловоз 2М62 з дизель генераторною установкою постійного струму.

Рішення про застосування як моторний вагон секції модернізованого тепловоза 2М62 було прийнято з метою прискорення випуску потягів-дизель-поїздів з новими причіпними вагонами, конструкція яких стала базою уніфікованого ряду причіпних вагонів для електро- і потягів-дизель-поїздів.

Використання М62 з дизелем 2000 л. привело до збільшення експлуатаційних витрат, але на цьому відрізку часу вирішувало проблему дефіциту ДП для українських залізниць.

Використання генератора постійного струму (ГПТ) дозволяє досить просто здійснити регулювання оборотів тягових двигунів, змінюючи напругу генератора за допомогою керованого збудника (ВВ).

Недоліком схеми є наявність двох колекторів у генераторі і тяговому двигуні, що вимагає підвищених витрат по відходу за колекторами.

Збільшення швидкості серійного тягового двигуна здійснюється шунтуванням обмотки збудження двигуна резисторами, що підключаються за допомогою контакторів

Побудова перетворювачів і перспективи розвитку

Основні особливості застосування схем перетворення в електропередачах ДП
Випрямлювачі.

Випрямні установки і блоки, використовувані в схемах електропередачі, виконані на базі бруківок (двох- і трифазних) випрямлювачей, що живляться від генераторів з перемінною частотою від 30 до 110 Гц. Вибір підвищеної частоти зв'язаний з необхідністю зменшення ваги електропередачі.

Для зменшення пульсації випрямленої напруги використовується рівнобіжне з'єднання мостів, що живляться від обмоток генератора, зрушених на 30 ел. град.

В допоміжних ланцюгах використовуються, як правило, високочастотні випрямлювачі, що живляться від високочастотних інверторів з частотою до 2,2 кгц, що дозволяє зменшити вагу трансформаторів, що погодять, що забезпечують гальванічну розв'язку високовольтних ланцюгів від низьковольтних.

Інвертори.

Як тягові інвертори використовуються трифазні інвертори напруги, виконані за мостовою схемою з 180-градусною провідністю цілком керованих силових напівпровідникових приладів. Зазначена схема дозволяє керувати інвертором різними алгоритмами: амплітудним, імпульсним. Як елементну базу використані ГТО-тиристри.

Схема блоку однієї фази представлена на мал. 3.7.

Інвертори перетворювача власних нестатків виконані також на базі бруківок двох- і трифазних схем.

Трифазні інвертори ПЧВП виконані з 180-градусною провідністю. Елементна база - IGBT модулі.

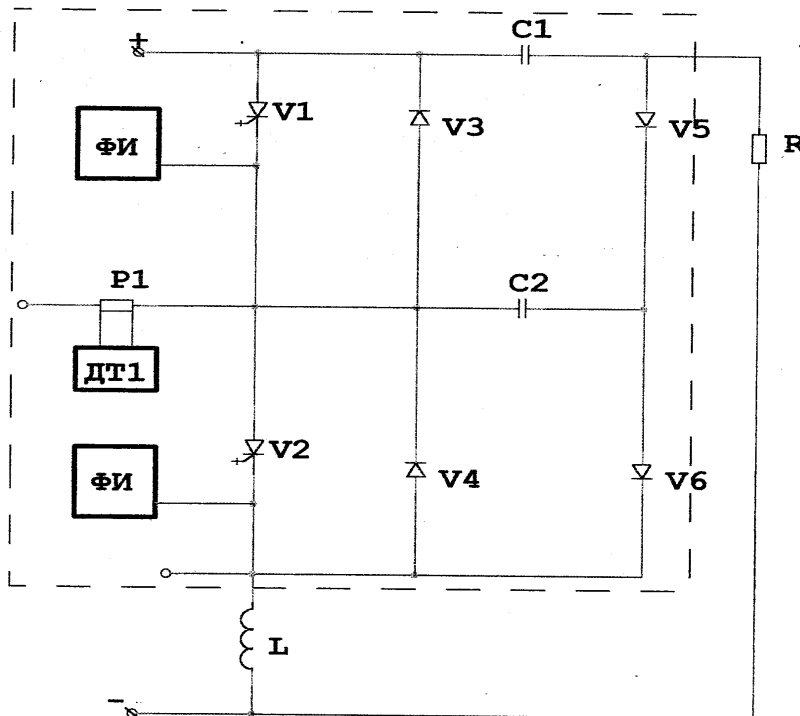
Однофазний інвертор напруги використовується для перетворення постійної напруги 600 В в високочастотне 1,1 кгц напруга. Навантаженням інвертора є

високочастотний трансформатор з низьковольтним випрямлювачем і ємнісним фільтром і двома трифазними інверторами.

Один трифазний інвертор призначений для живлення двигуна гальмового компресора регульованою частотою. Пуск двигуна компресора - частотний. Керування роботою інвертора здійснюється релеємним датчиком тиску в магістралі гальма.

Рис. Е.1. Схема блоку фази тягового інвертора

Другий інвертор працює в режимі нерегульованої частоти для живлення



стабільною частотою двигунів вентиляторів і компресорів кондиціонерів. Перший пуск

інвертора здійснюється в режимі частотного регулювання за законом

Установлена потужність трифазних інверторів 20 кВт, що забезпечує живлення всіх навантажень при відмовленні одного з інверторів.

При цьому нерегульований інвертор переходить у режим частотного керування. Всі інвертори мають захист від максимального струму, виконаний на базі швидкодіючих датчиків струму з використанням ефекту Холу. Імпульсний стабілізатор. Імпульсний стабілізатор напруги мережі 600 В виконаний за принципом понижуючого перетворювача DC/DC на IGBT модулі. Схема стабілізатора показана на мал.3.8. Стабілізатор працює на частоті 2,2 кгц із широтно-імпульсним регулюванням. Для зниження пульсації струму встановлений дросель, що згладжує, L. Навантаженням стабілізатора є високочастотний інвертор і резистори опалення. Шунтуючий діод V2 входить до складу модуля типу МДТКІ-400-3,3. Стабілізатор має захист від максимального струму і максимальної напруги на шині 600 В. Система регулювання побудована в такий спосіб. При мінімальній напрузі на вході 600 В транзистор V1 стабілізатора цілком відкритий. В міру підвищення напруги (600 - 1500 В) транзистор переходить у режим широтно-імпульсного регулювання.

Гальмовий модуль.

Гальмовий модуль виконаний на базі GTO-тиристора (див. мал. 3.9) і виконує функції безконтактного контактора. У режимі гальма підключає до шини 1500 В гальмовий резистор для реалізації динамічного гальмування.

При підвищенні напруги на шині 1500 В до 1700 В гальмовий тиристор виконує додаткову функцію - захисту від перенапруг [20].

Елементна база. Найбільш важливим питанням при розробці перетворювачів Електропередачі є вибір елементної бази. Стан сучасної електроніки дає проєктантові досить широкий вибір елементної бази: GTO, GCT, IGCT -тиристори, ЮВТ модулі. Для усвідомленого вибору необхідно знати основні характеристики і властивості цих нових силових СПП.

У таблиці Е.2 представлена порівняльна оцінка динамічних властивостей GCT-тиристора, HVIGBT-транзистора і GTO-тиристора при струмі 1200 А, частоті модуляції $f=500$ Гц і шпаруватості 50 %. Дані фірми MITSUBISHI ELECTRIC.

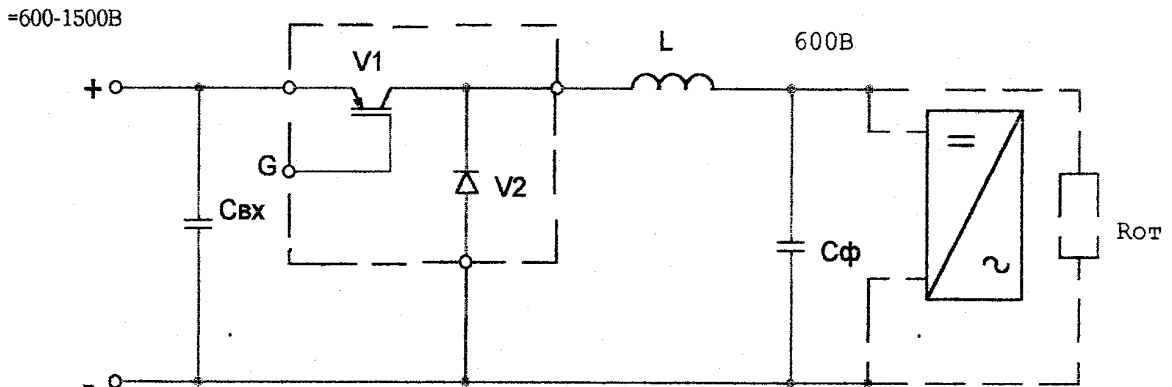


Рис. Е.2. Принципова схема стабілізатора шини 600В ДП ДЕЛ-02

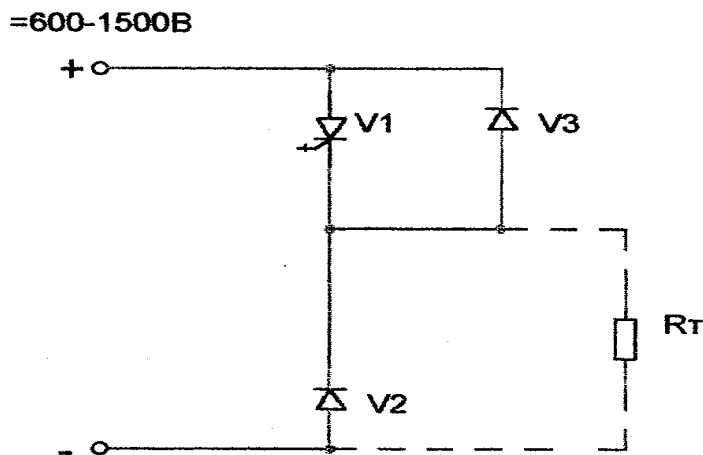


Рис. Е.3. Принципова схема гальмового модуля

Таблиця Е.2 Порівняльна оцінка динамічних властивостей GCT-тиристора, HVIGBT-транзистора і GTO-тиристора

Тип приладу	GCT	HVIGBT	GTO
Потери	(4500 В/ /1200 А)	(3300 В/ /4000 А)	(4500 В/ /4000 А)
Статистичні втрати	0,32	0,44	0,32

Втрати переключення	При включенні	1500В	0,05	0,23	0,05
		2200В	0,06	0,36	0,06
	При вимиканні	1500В	0,26	0,21	0,22
		2200В	0,36	0,37	0,30
Загальні втрати в приладі		1500В	0,63	0,87	0,57
		2200В	0,75	1,17	0,68
Втрати в анодному реакторі		1500В	0,11	0	0,37
		2200В	0,16	0	0,52
Втрати в ланцюгах снаббера		1500В	0,09	0	0,53
		2200В	0,09	0	1,06
Загальні втрати		1500В	0,81	0,87	1,49
		2200В	1,0	1,17	2,26
Число приладів			1P	2P	1P

Параметри ланцюгів снаббера:

ГТО-тиристор - $C_c = 6 \mu\text{F}$, $R_c = 5 \Omega$, $L = 7 \mu\text{H}$;

ГСТ-тиристор - $C_c = 6 \mu\text{F}$, $R_c = 5 \Omega$, $L = 2,2 \mu\text{H}$.

Аналіз таблиці 3.1 показує, що у високовольтному приладі втрати в ГТО менше, ніж у HVIGBT приблизно в 1,5 рази, і на 10 % менше, ніж у ГСТ.

З ростом напруги в 1,5 рази втрати в приладах збільшуються приблизно на 20 - 35 %. При цьому найбільші втрати має HVIGBT - транзистор, а найменші - Гто-тиристор.

Але найбільші сумарні втрати з урахуванням ланцюгів снаббера виявляються в Гто-тиристора і найменші в ГСт-тиристора, утрати якого прийняті за одиницю при напрузі 2200 В.

Слід зазначити, що, не дивлячись на твердження про можливість роботи без снаббера HVIGBT -транзистори, практичні схеми для електротранспорту з їхнім застосуванням мають снабберні ланцюги. Таким чином, для високовольтних перетворювачів найбільш кращим приладом є Гст-тиристор.

Малі втрати у власне приладах ГТО і Гст-тиристорів істотно полегшують систему охолодження приладів при побудові перетворювачів до 500 кВт. Відносна низька вартість Гто-тиристорів при повітряному примусовому охолодженні визначила вибір на їх користь при побудові електропередачі ДП ДЕЛ-01 і ДЕЛ-02.

При цьому слід зазначити, що Гто-тиристори має більш складну систему формування імпульсів керування і вимагають більш потужну систему її живлення. Як елементну базу тягових ПЧ у ДП ДЕЛ-01 використані силові прилади:

а) діоди ДЛ-253 2000А, 28 кл., виробництва заводу ТОВ "Елемент - Перетворювач";

б) Гто-тиристори виробництва АВВ 1500А, 2500В в комплекті з відповідними діодами зворотного струму і діодами снаббера.

У тягових ПЧ ДП ДЕЛ-02 використані:

а) діоди ДЛ-253 2000А, 28 кл.;

б) Гто-тиристри виробництва фірми АВВ на струм 2000А, 4500В в комплекті з відповідними діодами зворотного струму і діодами снаббера.

Збільшення імпульсні напруги і токи викликано необхідністю збільшення стискального зусилля при пуску ДП для одержання необхідного прискорення і реалізації заданої гальмової потужності при електричному гальмуванні.

У перетворювачі власних нестатків використані IGBT модулі типу МДТКИ 400А, 3300В (стабілізатор напруги), модулі М2ТЧИ 200А, 1200В (двох- і трифазні інвертори) російської зборки і модулі МДЧДЧ на струм 80А, 1200В (високочастотний випрямлювач) виробництва ТОВ “Елемент - Перетворювач”

Особливості алгоритмів керування тяговими ПЧ.

Як уже згадувалося, для автономних систем електропередач у край важливо максимальне використання потужності первинного джерела енергії. Використання в ТРС із АД ШИМ (ШИР) регулювання напруги визначає ряд особливостей, зв'язаних із принципом керування інвертором. Відомо, що при роботі із ШИМ-модуляцією перетворювач частоти, що формує постійний струм статора АД (I_s) при регулюванні частоти обертання ротора, поводить як трансформатор струму. Величина струму, споживаного випрямлювачем від мережі первинного струму (у нашому випадку тягового генератора), визначається співвідношенням:

де D - діапазон регулювання частоти інвертора.

Для реальних значень параметрів електропередачі струм випрямлювача при частотному пуску АД знижується в зоні низьких частот настільки, що стає переривчастим або глибоко пульсуючим. У результаті у вхідному струмі значно збільшуються амплітуди непарних гармонік. Для приклада, у режимі початково-безперервного струму амплітуда 5 гармоніки складає 50 % від основної. Зазначене явище приводить до зниження коефіцієнта потужності випрямлювача (χ) в основному за рахунок зменшення коефіцієнта перекручування (ν). Погіршення коефіцієнта потужності приводить до збільшення втрат, що виражаються співвідношенням

тобто втрати в активному опорі в - раз перевищують утрати при передачі активної потужності. Оскільки середньозважений коефіцієнт

потужності знаходиться в межах 0,5 - 0,6, то втрати в генераторі і проводах, що підводять, зростають у 3 - 4 рази.

При розрахунковому 10 хвилинному інтервалі руху поїзда при часі раз- гону ДП до 2-х хвилин режим пуску АД із ШИМ приводить до збільшення втрат приблизно до 40 %.

Для усунення зазначеного недоліку був запропонований описаний вище в алгоритм комбінованого керування напругою тягового генератора.

Ідеально було б, із крапки ренію зниження втрат, напруга генератора піднімати з нуля для реалізації частотного пуску. Однак, з метою зниження вартості і ваги електропередачі, було прийняте рішення відмовитися від допоміжного генератора.

Виходячи з вимог організації низьковольтної мережі був визначений рівень мінімальної напруги генератора на 1-ої позиції контролера 500 - 600 В.

При пуску напруга генератора підіймається плавно з нуля. Швидкість наростання визначається часом пуску дизеля. Ця властивість використана для плавного заряду конденсаторів фільтра ТРЧ через некерований тяговий випрямлювач без використання додаткових засобів захисту від кидків зарядного струму.

Ця ж властивість використовується і при початковому пуску перетворювача власних нестатків.

Однак алгоритм включення ПЧВП має два режими. Перший - включення ПЧВП при початковому пуску двигуна, коли ємнісні фільтри заряджаються до початкового значення 500 - 600В у міру підйому напруги тягового генератора.

Другий - включення ПЧВП при працюючому генераторі. У цьому режимі величина зарядного струму обмежується транзистором стабілізатора зміною тривалості включеного стану у функції максимального струму заряду і напруги на конденсаторі фільтра 600В.

Перспективна схема комплектного пристрою електропередачі.

Загальним недоліком розроблених систем електропередачі є некомплектність виготовлення її основних елементів.

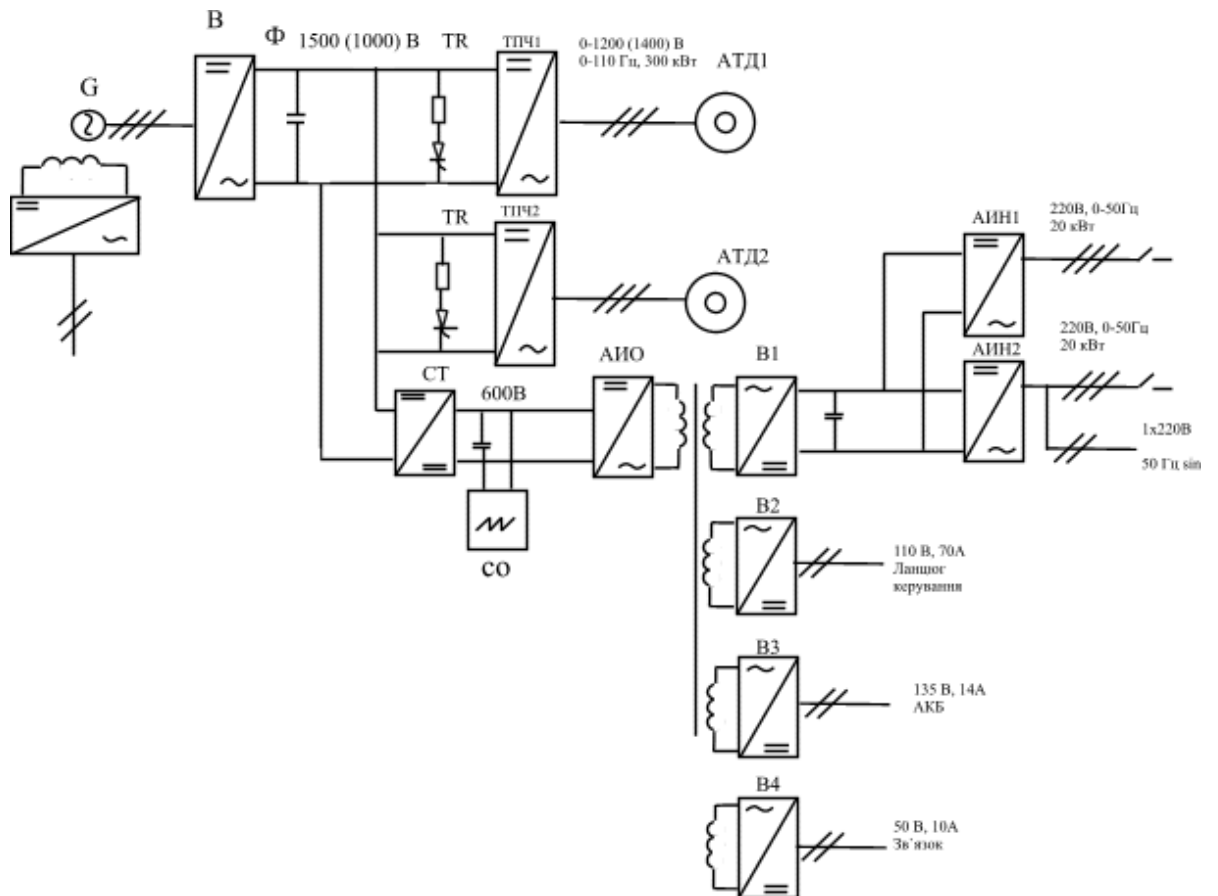


Рис. Е.4 Перспективна функціональна схема комплекту преосвітнього пристрою для електропередачі дизель-поїзда

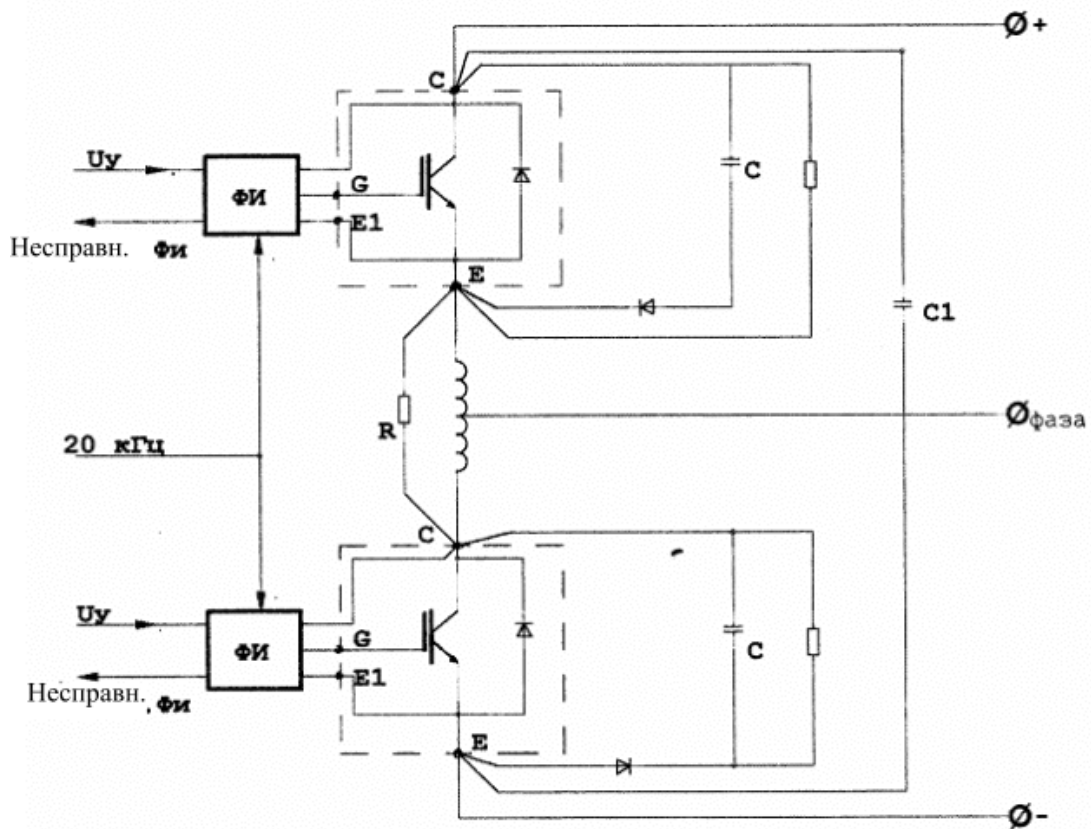


Рис. Е.5. Принципова схема блоку фази на IGBT модулях

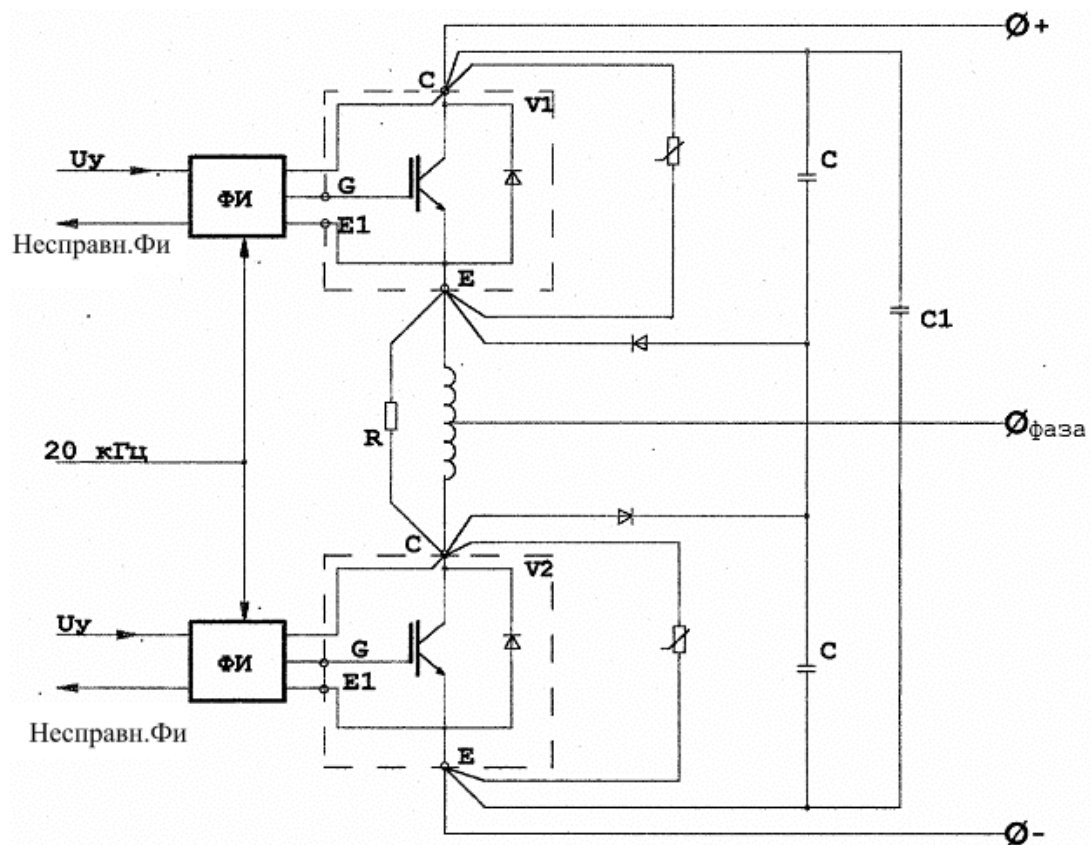


Рис. Е.6. Принципова схема блоку фази на IGBT модулях

Як можливий варіант перспективного комплектного преосвітнього пристрою може бути запропонована наступна його функціональна схема (рис. Е.6).

За основу може бути прийнята базова схема перетворювачів ДП ДЕЛ-02.

Особливістю схеми є організація допоміжних джерел живлення ланцюгів керування напруги 110В, зарядки акумуляторної батареї, ланцюгів зв'язку і малопотужної бортової мережі синусоїдального струму 220В, 50Гц. Така побудова перетворювачів дозволяє більш ефективно використовувати кінетичну енергію ДП і знизити витрата палива. Безперервне поліпшення характеристик HVIGBT транзисторів дозволяє говорити про можливості використання як основний елемент тягового інвертора IGBT модуля з параметрами до 3,3 кВ і 1200А.

Застосування модуля дозволяє зменшити сумарні динамічні втрати і спростити конструкцію силового блоку. Схема такого блоку представлена на рис. 3.11. Конструкція силового блоку повинна бути взаємозамінна з аналогічними силовими блоками, виконаними на СТО тиристорів.

Керування перетворювачами мікропроцесорне. Зв'язок із пристроями керування по шині СА.

Перетворювачі частоти дизель-поїздів

Тяговий перетворювач частоти ДП ДЕЛ-01

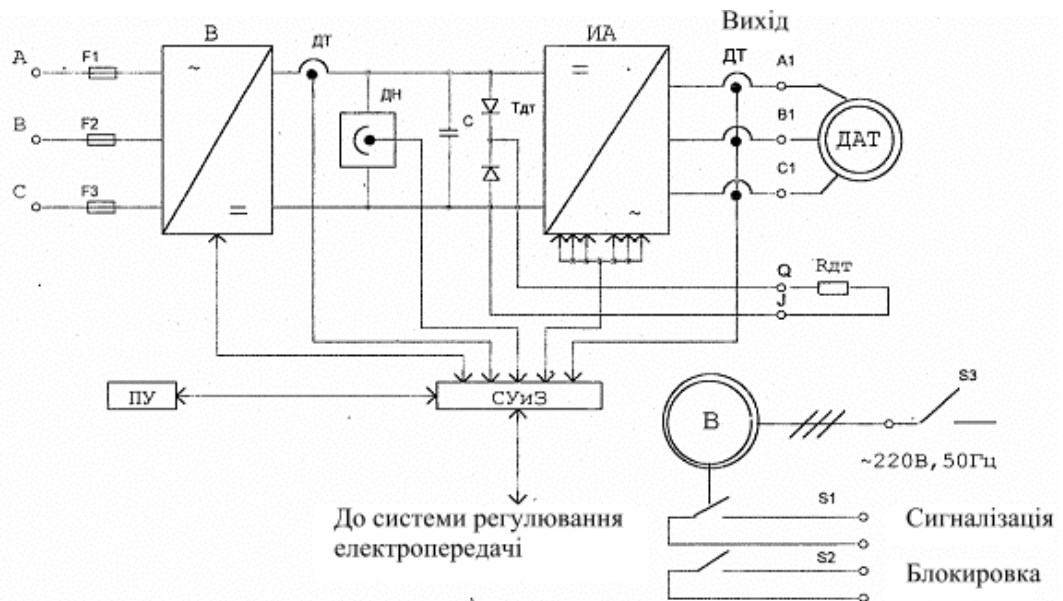
Перетворювач призначений для зміни величин і частоти трифазної напруги, що живить асинхронні тягові двигуни з к.з. ротором відповідно до задаючих сигналів системи автоматичного керування. Функціональна схема перетворювача представлена на рис. 3.13

Перетворювач частоти виконаний з ланкою постійного струму на базі автономного інвертора напруги з 180-градусною провідністю. Схемно і конструктивно перетворювач складається з трифазного мостового випрямлювача, фільтра, автономного інвертора напруги, блоку динамічного гальмування і датчиків струму і напруги, необхідних для організації функцій керування і захисту.

У вихідному варіанті ДП ДЕЛ-01 випрямлювач виконаний у виді трьох однотипних блоків-фаз, що складаються з 2 тиристорів, Rс-ланцюгів, запобіжника і пристрою керування тиристорами. Випрямлювач некерований. Тиристири виконували функції безконтактного включення, вимикання й аварійного відключення при зовнішніх к.з. При модернізації тиристорні блоки були замінені діодним блоком, схемно і конструктивно представляє собою трифазний бруківці випрямлювач із запобіжниками і Rс-ланцюгами для зниження рівня перешкод у ланцюгах керування і зв'язку.

Як діоди використані термодинамічні стійкі лавинні діоди ДЛ-2000, 24 - 28 кл. виробництва ТОВ "Елемент-Перетворювач" м. Запоріжжя.

Автономний інвертор напруги виконаний на тиристорах, що замикаються. Елементи, обмежені пунктирною лінією, конструктивно об'єднані в блок-фазу.



Е.7.

F1, F2, F3 -запобіжники

В -випрямлювач

ДТ -датчик струму

ДН -датчик напруги

С -конденсатор фільтра

ТДТ -тиристор ланцюга динамічного гальмування

ИА -інвертор автономний

ДАТ -двигун асинхронний тяговий

РДТ -резистор ланцюга динамічного гальмування

СуиЗ -система керування і захисту

ПУ -пульт керування, контролю і діагностики

В -вентилятор

S1 -реле вітрове

S2 -вимикач кінцевий

S3 -вимикач автоматичний

Рис. Е.7. Функціональна схема тягового перетворювача частоти дизель-поїзда

Інвертор складається з трьох взаємозамінних блоків. Для поліпшення умов охолодження силового блоку елементи фази, які найбільш гріються - дросель L і резистор R винесені за межі блоку. Як основні тиристри використані тиристри GTO 1500A, 2500V виробництва фірми АВВ із відповідними їм діодами зворотного струму і діодами снаббера. До складу блоку входять формувачі імпульсів, швидкодіючі вимірювальні датчики струму, система керування забезпечує широтно-імпульсну модуляцію вихідної напруги. Для одержання оптимального гармонійного поїзда весь діапазон розбитий на 8 піддіапазонів. Особливістю алгоритму є придушення 5 і 7 гармонійних складових основний частини вихідної

напруги.

При максимальній вхідній напрузі 1500В несуща частота модуляції обмежується частотою 450 Гц. Описаний у п.2 алгоритм керування електроприводом дозволяє підвищити частоту модуляції до 1000 Гц при практично вдвічі менших втратах у снабберних ланцюгах, що сприятливо позначається на енергетичних і динамічних показниках інвертора і всієї електропередачі в цілому.

Блок гальмування виконаний також на тиристорі, що замикається, і забезпечує електродинамічне гальмування електродвигуна на зовнішній гальмовий резистор. Блок має пристрій контролю напруги, що забезпечує захист від перенапруг, включаючи гальмовий тиристор на зовнішнє опори при підвищенні постійної напруги понад 1900В.

Фільтр, що згладжує, виконаний у виді набору неполярних конденсаторів типу ДО75, 3000 (2000) У, 100 мкф, розміщених у шафі ТПЧ. Конденсатори забезпечують обмін реактивною енергією між індуктивністю фаз двигунів і фільтром у всіх режимах роботи АТД.

Система керування і захистів забезпечує функціонування тиристорів інвертора в робочих і аварійних режимах. Зв'язок системи керування з тиристорами здійснюється через гальванічно розв'язані ланцюги, встановлені у формувачах імпульсів.

Система захисту і сигналізації забезпечує наступні функції:

- місцеве і дистанційне включення і відключення ТПЧ;
- захист при коротких замиканнях на вході АИН;
- захист від тривалого токового перевантаження по середньому струмі;
- захист при перевищенні амплітуди струму (650 - 700 А);
- захист при перевищенні напруги в ланці постійного струму;
- сигналізацію внутрішню по видах захистів, виконану на світлодіодах у платі захисту;
- зовнішню сигналізацію про аварійну ситуацію і включений стан.

Сигнал про аварійну ситуацію видається контактами реле.

Живлення функціональних вузлів перетворювача здійснюється від блоку живлення, гальванічно розв'язаного з бортовим джерелом живлення - АКБ із напругою 110В. Вхідні сигнали керування ТПЧ гальванічно розв'язані від бортової мережі і вхідних і вихідних шин.

ТПЧ може прийняти від системи регулювання наступні сигнали:

- сигнал завдання частоти основної гармонійної вихідної напруги у виді послідовності імпульсів, з частотою $6f$;
- аналоговий сигнал завдання величини вихідної напруги інвертора ПРО-8 В, вхідний опір 2 кОм;
- сигнал включення (відключення) тиристорів випрямлювача (при тиристорному випрямлювачі);
- сигнал завдання реверса;

- сигнал включення (відключення) тягового інвертора.
Серійний ТПЧ має позначення ПЧ-ТТП-200-1,15до-50 У1.
Основні параметри ТПЧ.

Напруга живлення, діапазон зміни, В - 360-1200.

Діапазон зміни частоти живильної напруги, Гц - 33 - 110.

Вихідна лінійна напруга, В - 0-1150.

Діапазон зміни частоти вихідної напруги, Гц - 0,4 - 115.

Лінійний вихідний струм:

- при пуску, не більш 2 хв, А - 300;

у тяговому режимі ККД (тривалий режим), не менш - 0,975

Габаритні розміри шафи: L, H, B, мм - 2488 x 626 x 1370

Маса, кг, не більш - 950

Конструктивно перетворювач виконаний у виді шафи однобічного обслуговування і встановлений під моторним вагоном.

Тяговий перетворювач частоти ДП ДЕЛ-02.

Функціональна схема перетворювача представлена на рис.3.14

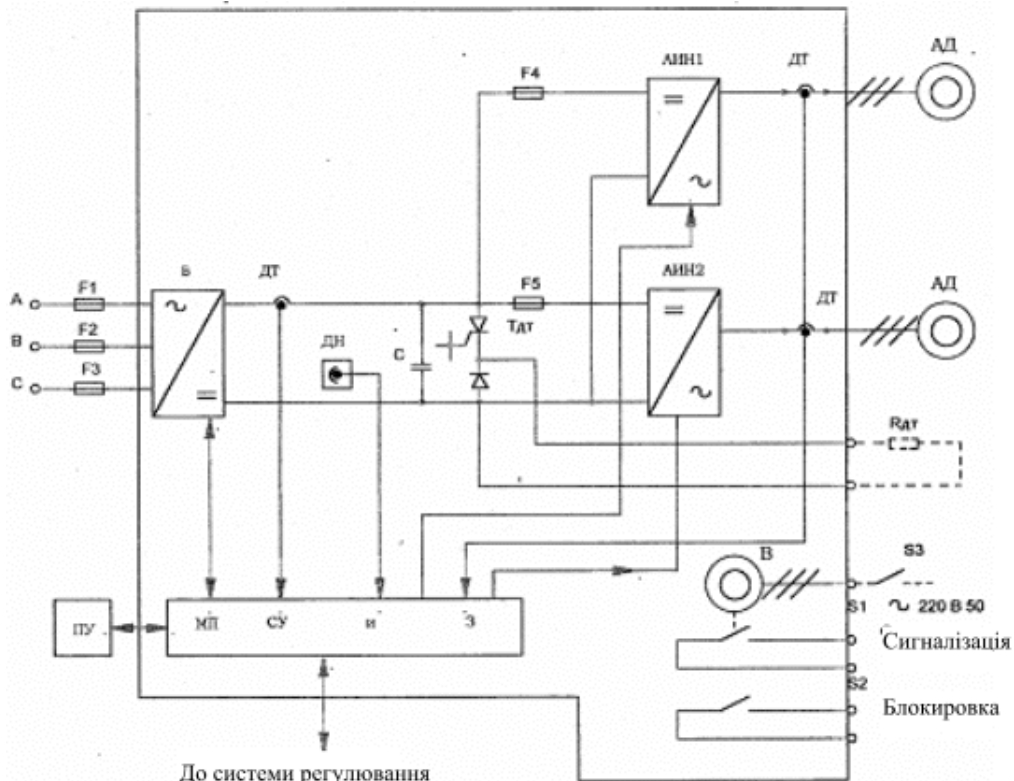
Перетворювач забезпечує ті ж функції і номінальні параметри, що і перетворювач для ДП ДЕЛ-01.

Основною особливістю є використання більш могутніх GTO тиристорів (2000А, 4500В) для одержання більш ефективного електричного гальмування і пуску АД.

Конструктивно перетворювач складається із шафи випрямлювача з гальмовим модулем і двох шаф тягових інверторів з конденсаторами силового фільтра. Система керування мікропроцесорна (МПСК) і реалізує описаний вище алгоритм керування тяговими двигунами.

Застосування МПСК дозволило мати розвитку діагностику перетворювача з фіксацією аварійних станів.

Перетворювачі розміщені усередині моторного вагона і мають примусове повітряне охолодження, здійснюване убудованими вентиляторами.



- С - конденсатор фільтра
Тдт - тиристор ланцюга динамічного гальмування
АИН - інвертор автономний
АД - двигун асинхронний тяговий
Rдт - резистор ланцюга динамічного гальмування
МП СУиЗ - мікропроцесорна система керування
ПУ - куль керування, контролю і діагностики
В - вентилятор
S1 - реле вітрове
S2 - вимикач кінцевий
S3 - вимикач автоматичний

Рис. Е.8. Функціональна схема перетворювача частоти дизель-поїзда ДЕЛ-02

Забір повітря із салону вагона, викид улітку - під вагон, узимку – усередину вагона.

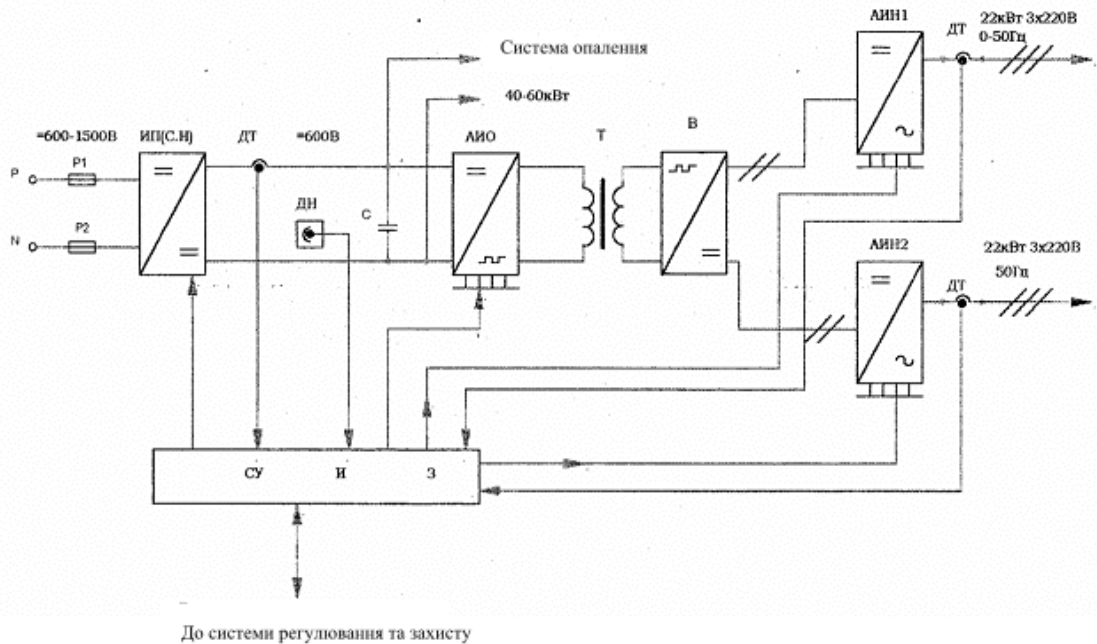
При такому розміщенні істотно спрощуються обслуговування шаф і в зимовий час забезпечується економія енергії на опалення моторного вагона. Шафи одностороннього обслуговування і мають модульну конструкцію блоків. Однотипні блоки взаємозамінні.

Габаритні розміри шаф:

- шафа випрямлювача 1600x600x500;
- шафа інвертора 1900x650x800.

Маса випрямлювача 300 кг, інвертора - 550 кг.

Перетворювач власних потреб (ПЧВП) ДП.



Перетворювач власних нестатків виконаний в одній шафі, виконаний за функціональною схемою. Рис. Е.9. Охолодження примусове повітряне. Розходження складається в конструкції блоків і потужності стабілізатора шини постійного струму 500-600В.

Рис.3.15. Функціональна схема інвертора для живлення власних нестатків дизель-поїзда ДЕЛ-02

Шафа має 2 виконання: підкузовне й усередині кузова.

Поїзд блоків підкузовного виконання шафи:

- імпульсний стабілізатор напруги шини постійного струму 500В, потужністю 30 кВт - 1 шт.;
- дросель, що згладжує - 1 шт.;
- високочастотний інвертор - 1 шт.;
- високочастотний трансформатор 30 кВ*А - 1 шт.;
- високочастотний випрямлювач - 1 шт.;
- трифазний інвертор - 2 шт.;
- блок живлення - 1 шт.;
- система керування і захистів - 1 шт.;

Поїзд блоків внутрикузового виконання **ПЧВП**:

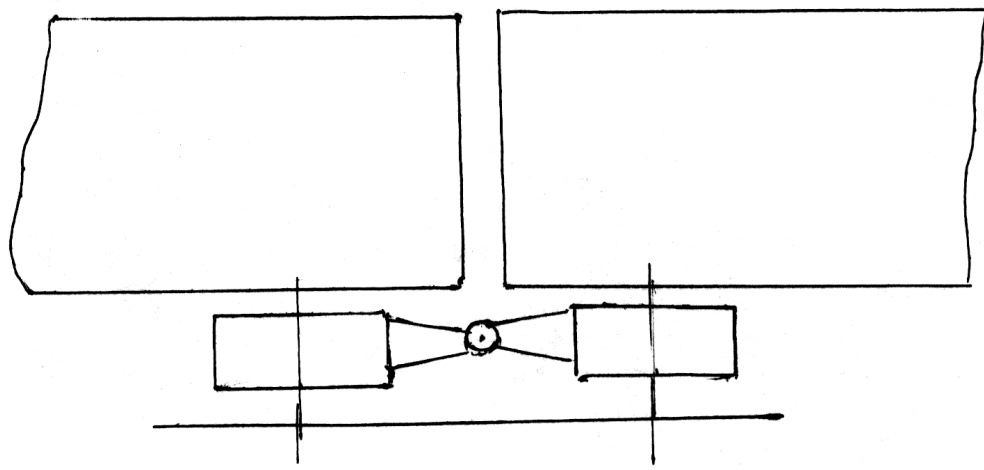
- імпульсний стабілізатор шини 600 В, потужністю 90 кВт - 1 шт.;
- дросель, що згладжує - 1 шт.;
- високочастотний інвертор - 1 шт.;
- високочастотний трансформатор 30 кВа - 1 шт.;
- блок високочастотного випрямлювача з двома трифазними інверторами по 30 кВт - 1 шт.

Габаритні розміри шаф:

- під кузовом 2488x626x1370;
- усередині кузова 1900x600x500.

Маса відповідно 500 кг, 450 кг.

забезп
плавн
необх



ення
)
ів.

поставила в 2001р. Державним залізницям Норвегії (NSB) регіональні поїзди, у яких по кінцях поїзда встановлені традиційні моторні двовісні візок. Класичний вагон дизель-поїздів спирається на двох візків. Поїзд із таких вагонів легко переформувати, однак він має велике число осей і, отже, велику масу. Альтернативою може служити ходова частина зі зчленованих одноосьових візків РЕВА

Зчленування одноосьових візків виконується за допомогою двох рівнобіжних, розташованих у горизонтальній площині поперечних напрямних.

При цьому візки РЕВА можуть взаємно переміщатися в подовжньому і вертикальному напрямках і, крім того, повертатися навколо подовжньої осі (рис. Е.10).

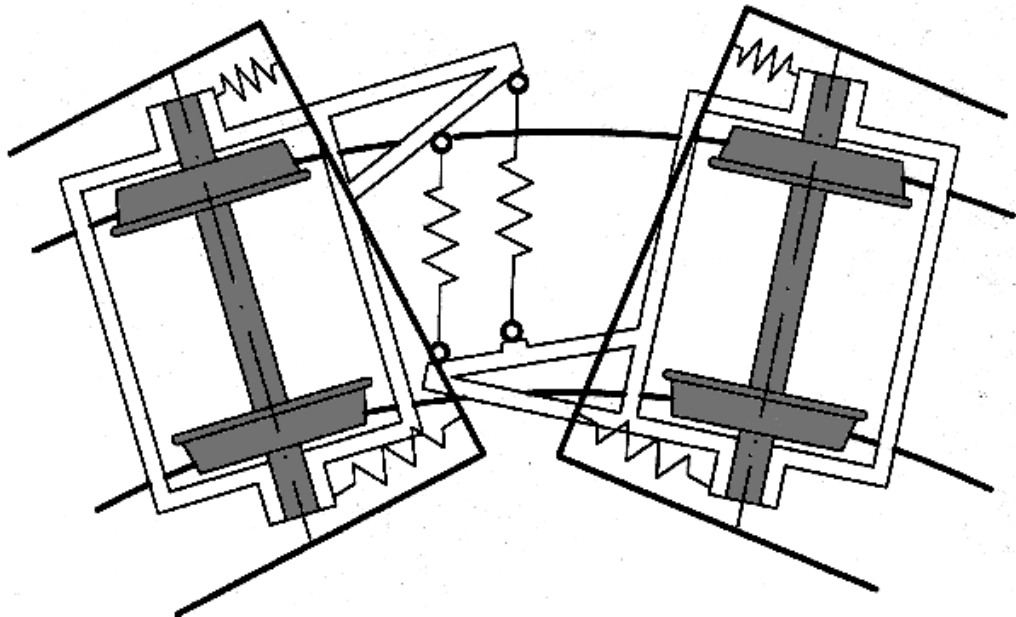


Рис. Е.10. Візок РЕВА

Тим самим забезпечується більша, ніж у звичайних візках, м'якість при повороті, тому в кривих не виникає великої різниці в навантаженні вісей, завдяки чому забезпечується висока безпека у відношенні сходу з рейок. Подовжні сили в контакті колесо-рейка, викликані різницею радіусів кочення в кривих, створюють момент, що крутить, навколо горизонтальної осі, що сприяє радіальній установці колісних пар. Крім іншого, проміжні вагони поїзда на одноосьових візках без зчленування вели б себе як двохосьові, що мають велика міжосьова відстань.

При цьому в кривих виникали б великі кути набігу в зв'язку з тим, у контакті колесо-рейка діяли б значні сили. При зчленованих одноосьових візках міжосьова відстань знижується, що вирішальним образом впливає на кут набігу і величину зазначених сил. Гарна радіальна установка візків РЕВА сприяє зменшенню зносу колеса і рейки, шуму в кривих малого радіуса, сил у контакті колесо-рейка опору рухові, витрати енергії. Крім цього, поліпшується використання сил зчеплення. Аналітичні дослідження зчленованого візка РЕВА підтвердили більш високі якості радіальної установки цього візка в порівнянні зі звичайної двохосьової.

Японські залізниці для скорочення повідомлення між Сакіоро і Кусіро, де мається велика кількість кривих, вперше в Японії на дизель поїзді 283 застосували візка з радіальною установкою коліс. Вирішуючи цю проблему, необхідно було забезпечити примусовий напрямок колісних пар у кривій, і маючи гідравлічний привід. Для практичного застосування була прийнята система примусового напрямку з направляючими тягами, що діє в залежності від кута повороту візка. На мал.3.17 приведена схема радіальної установки колісних пар у кривих. Система радіальної установки колісних пар у кривих діє в такий спосіб. Колісні пари зв'язані з рамою так, що мають можливість деякого переміщення в подовжньому напрямку. При повороті візка щодо кузова на деякий кут направляючий пристрій з важелями і тягами примусово повертає колісні пари на той же кут так, щоб їхньої осі були спрямовані до центра кривої. У результаті поперечні сили взаємодії колісних пар з рейками зменшується на третину або навіть на половину в порівнянні з візками звичайної конструкції.

Центр наукових досліджень і нових технологій залізниць Німеччини (ОВАО) у Мендене в співдружності з компанією Talbot (Bombardier) розробив візок В5003 для приміського **рухомого складу**. Конструкція В5003 базується на принципі класичної двовісної візок. Її відмітна ознака - внутрішнє згоряння рами на колісні пари, що при русі направляються нею через звичайних повідців. Для системи первинного ресорного підвішування обрані гумометалеві елементи що дозволяють відмовитися від застосування на цьому рівні частин коливання. Рама візка має Н-образну форму.

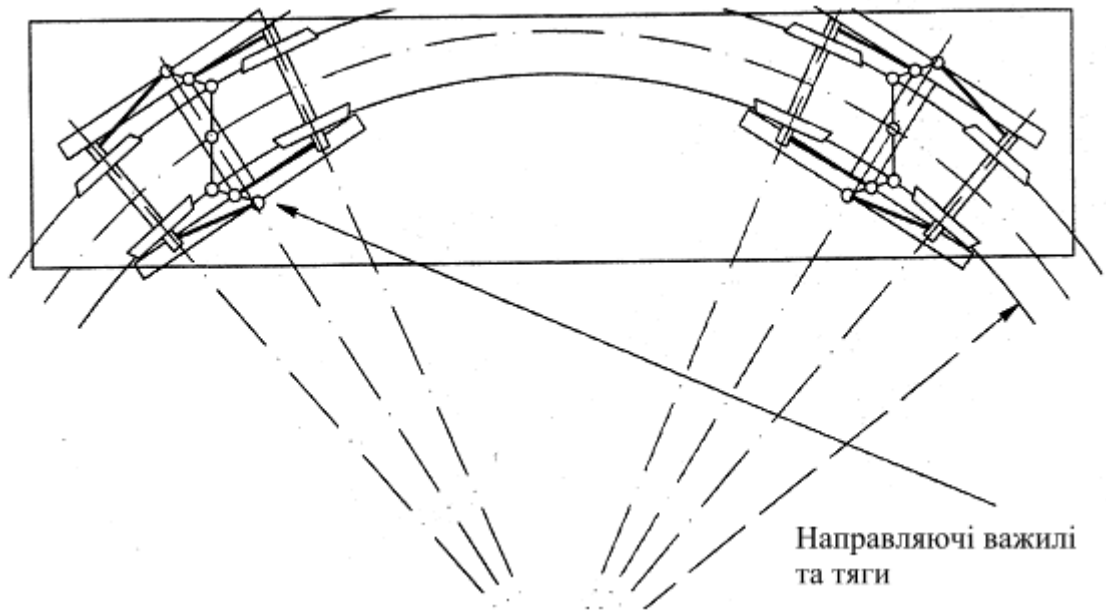


Рис. Е.11 Система примусового напрямку з направляючими тягами, що діє в залежності від кута повороту візка

Обпирання кузова на візок виконане через двох пневморесори, що забезпечують зворотний розворот візків при виході з кривих. Передача поперечних сил від рами візка на кузов здійснюється через вторинні ресори і пружні поперечні упори. Коливання ресор вторинного підвішування по вертикалі і горизонталі обмежується гідравлічними гасителями. Для стабілізації ходу рухомого складу застосовані демітрери виляння, установлені між візками і кузовом.

Подовжні сили передаються від рами візка на кузов через шкворневий вузол, що має спеціальні упори.

Візок обладнаний дисковим гальмом. Гальмові диски укріплені на колесах, при цьому кожне з них впливає кліщовий замок.

Відповідно до вимог Федерального бюро залізних дорого Німеччини (ЕВА) виконаний широкий спектр іспитів, у тому числі міцностних, гальмових і швидкісних. Після завершення міцностних іспитів візок був установлений під вагоном поїзда Sieberling для проведення гальмових і швидкісних іспитів.

У результаті ходових іспитів отримані позитивні результати. Для оцінки придатності візка В5003 до експлуатації проведені дворічні експлуатаційні іспити. Після пробігу 400 000 км на візку до рами гальмових накладок не було змінено ні однієї деталі. У порівнянні із серійної, нова візок краще гасить вертикальні і горизонтальні поштовхи й удари. Висока плавність ходу і низький рівень шуму одержали позитивну оцінку пасажирів [116].

Двоповерхові вагони. Двоповерхові вагони з'явилися практично одночасно з залізницями. У США їх експлуатували на залізниці Baltimore and Ohio з 1830р. Це були просто «диліжанси» на рейках з верхнім відкритим поверхом, над яким натягнуть тент. Більш сучасний вид мали вагони, що застосовувалися з 1862р. на залізниці Bombay, Varoda and Central. Слідом за цим двоповерхові вагони з'явилися у Франції між Байоною і Біарицем, у Німеччині на залізниці Altona Riller. У 1880-1885р. двоповерхові вагони зверталися в Німеччині. На двоповерхових міжнародних лініях вони працювали в Австрії, у Данії, на приміських лініях Копенгагена, у Швейцарії й Угорщині. З 1883р. на приміських лініях Парижа працювали вже кілька сотень двоповерхових вагонів, що знаходилися в експлуатації до 1935р., а в окремих випадках до 1948р.

Основні особливості двоповерхових вагонів.

Двоповерхові вагони підвищеної місткості розглядалися в деяких країнах як рішення проблеми раціонального використання габаритного рухомого складу. Крім того результати експлуатації показали, що загальні витрати на одне пасажирське місце в них на 25-30% нижче, ніж у вагонів звичайної конструкції.

Починаючи з листопаду 1984р. двоповерхові вагони звертаються на залізницях Італії, Голландії і Бельгії.

Сотні двоповерхових вагонів, побудованих в інших країнах, працюють на приміських лініях Сан-Франциско, Чикаго, Сіднея, Торонто.

Розвиток конструкції двоповерхових вагонів.

Лідером у розробці і будівлі двоповерхових вагонів по праву вважається Waggon Gorlitz, що працює в цій області більш 50 років. Це моторовагонні поїзда з двох і чотирьох вагонів, п'ятивагонні зчленовані поїзди й окремі вагони для експлуатації в поїздах з локомотивною тягою.

Нова концепція двоповерхових вагонів До 2000 базується на модульній, техніко-економічно оптимізованій конструкції кузова і ходової частини, що у залежності від умов експлуатації може бути модифікована шляхом заміни або додавання окремих вузлів. При цьому загальні розміри, основна статична концепція і вузли, що не були замінені залишаються без зміни.

Основна уважність приділяється оптимальному використанню переваг, властивому двоповерховому рухливому поїздові. Це, насамперед, велика пасажиромістність і високий рівень комфорту. Найважливішими особливостями цих вагонів є оптимізовані простори тамбури з вхідними двер для низьких і високих платформ і приміщеннями різного призначення, що примикають, що трансформуються інтер'єри зі зручними сход і змінюваним, з урахуванням побажань пасажирів, розташуванням крісел.

На мал.3.18 приведене порівняння різних характеристик двоповерхових і одноповерхового приміських вагонів, з якого видні безперечні переваги двоповерхового варіанта.

Передбачається випуск вагонів концепції До 2000 наступних модифікацій: з місцями сидіння, місцями для лежання, спальних, вагонів-ресторанів і буфетів, туристичних і вагонів зі спеціальними відділеннями – багажними, для перевезення інвалідів, сервісними і для перевезення легкових автомобілів, що належать пасажиром. Вагони, призначені для приміських перевезень, розраховані на максимальну швидкість 160 км/год, для поїздів далекого прямування – 200 км/ч. Поїзда з локомотивною тягою складаються з окремих вагонів і хвостового з кабіною керування для експлуатації в човниковому режимі.

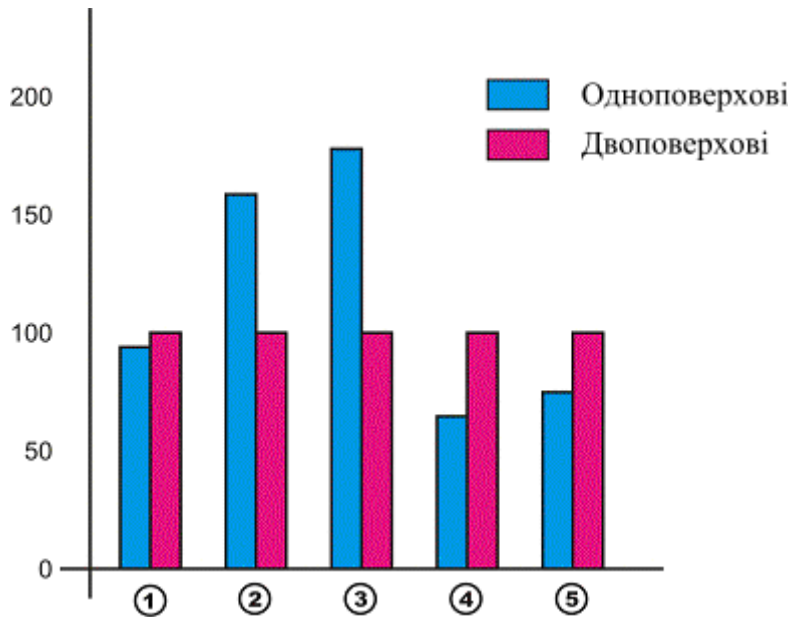


Рис. Е.12 Порівняння техніко-економічних показань двоповерхових і одноповерхових вагонів.

- 1 – питома маса на одному місці для сидіння,
- 2 – число помста на 1м довжини вагона,
- 3 – відношення загальної довжини пасажирських салонів до довжини вагона,
- 4 – питома довжина поїзда на одне місце,
- 5 – питоми витрати по поточному змісті на одне місце.

При розробці концепції До 2000 велика уважність приділена зовнішньому і внутрішньому дизайнові.

У розрахунку на найрізноманітніші потреби пасажирів внутрішні приміщення розділені на три основні категорії – пасажирські салони першого і другого класів, багатопільові приміщення і туалети.

При розробці інтер'єрів дизайнери прагнули забезпечити всі зручності для інвалідів, створити в пасажирських приміщеннях враження достатку простору і світла. Сходи на другий поверх і міжвагонні переходи виконані просторими, гарне висвітлення забезпечується великими вікнами і світильниками, у тому числі індивідуальними. Велика уважність приділена виборі матеріалів для оформлення інтер'єрів і колірному рішенню.

Кузов вагона виконаний звареним і являє собою конструкцію, що самонесе. Його каркас виконаний з полегшених гнутих і тягнутих профілів (сталь Rst37-2). Найбільш напружені елементи виготовлені зі сталі St52-3. Для зовнішнього обшивання застосовані сталевий лист або стрічка марки Rst37-Cu3. Товщина обшивання бічних і лобових стінок складає 2мм, даху – 1,5мм. На статі верхнього поверху покладений сталевий лист товщиною 1,25мм. Внутрішні поверхні кузова мають шумопоглинальне покриття. Крім цього бічні стінки знизу до нижнього краю вікон, а також нижня закруглена частина вікон, а також нижня закруглена частина ізолювані матеріалом Resonaflex. Усі порожнечі заповнені мінеральною ватою на зв'язуванні із синтетичною смолою. Підлога в одноповерхових будинках (проміжний поверх) і нижня частина кузова над візками додатково ізолювані звуковбирним матеріалом.

Велика частина вікон у вагоні має верхню частину, що відкидається. Керування зовнішніми двер електропневматичне. При відкриванні двер механічно відкидаються

підніжки. Відкривання і закривання дверей здійснюється натисканням кнопки, розташованої на двері або біля неї. Під час руху поїзда двері блокуються. При цьому машиніст має можливість селективного деблокування дверей. Система керування дверями передбачає їхнє аварійне відкривання.

Внутрішнє устаткування.

На першому поверсі у вагоні другого класу розташовані великі пасажирські салони, що розділяються скляними перегородками зі скляними дверями. Облицювання бічних стінок виконані елементами, відформованими з пластмаси армованої скловолокном. Усі матеріали, використовувані для внутрішньої обробки, піддавалися строгому добору з погляду пожежонебезпеки. Вони стійкі до ударів і інших механічних впливів, зручні при збиранні, несприйнятливі до миючих речовин і вологи. На проміжному поверсі в одному кінці вагона (умовно 1) розміщене пасажирське відділення з чотирма сидіннями. Тут можна поставити коляску інваліда або велосипед. В іншому кінці вагона (умовно 2) розташований туалет.

З 123 посадкових місць 42 – першого класу. Крісла розташовуються групами у виді купе й у ряд по формулі 2+2.

Тамбури розташовані над візками. З кожного тамбура сходів із поручч ведуть на верхній і нижній поверхи.

У туалеті встановлений унітаз з кераміки і раковина з нержавіючої сталі. Пуск води на злив здійснюється електрично – натисканням кнопки.

Візок. Під вагоном використовуються двовісні візки. Рама візка зварена зі смуг і профілів (сталь St52-3). У якості буксових використані роликові циліндричні підшипники. На кожній осі розташовано три гальмові диски діаметром 640 мм, товщиною 110 мм протиюзного захисту.

Первинне підвішування виконане на гвинтових пружинах, вторинне – на пневморесорах. Поперечні переміщення коліски регулюються в залежності від радіуса кривизни прохідної кривої.

Електропостачання. Живлення електричних пристроїв здійснюється від шини

поїзного електропостачання напругою 1000В, 16 Гц.

Місткість вагонної акумуляторної батареї 395А · ч.

Вихід трансформатора 220В використовується для живлення вентиляторних двигунів і додаткових нагрівачів опалення. Поїзна шина перетином 185мм² розрахована на максимальний струм 600А. Від мережі 24В одержують живлення пускорегулюючі пристрої ламп люмінесцентного висвітлення, система керування дверями, інформаційна система, магниторельсове гальмо і захист від юза.

В обох кінцях вагона під дахом розміщені агрегати нагрівання повітря, що можуть також працювати в режимі вентиляції. Максимальна продуктивність агрегату у

вентиляційному режимі 4500м³ / год, в опалювальному - 1500м³ / год. У режимі опалення підігріте повітря подається в пасажирські салони через канали, прокладені під статтю. У режимі вентиляції повітря подається по каналах у статі і під дахом. Температура повітря у вагоні 22 ± 2-3 при зовнішній температурі мінус 20°C і 50% завантаженню вагона. Регулювання температури здійснюється регулятором на мікропроцесорах. У вагоні використовується трансляційна установка LAR78 з гучномовцями в пасажирських приміщеннях і тамбурах.

Додаток Ж

Ж.1 Розрахунок економічної ефективності від розроблених заходів

Таблиця Ж.1

Вихідні дані для розрахунку експлуатаційних випробувань

Найменування показників	Позначення	Величина
Довжина розрахункової ділянки, км	L_p	100
Характер колії по конструкції рейкової нитки	ланковий	
Пасажиropотік в одному напрямку, чіл.		
Добовий	$n_{сут}$	6850
Річний	$n_{год}$	2500000
Розрахункова населеність дизель-поїзда, чіл.	$N_{нас}$	
Маса состава, т		
Коефіцієнт, що враховує нерівномірність пасажирських перевезень	K_{np}	1,296
Коефіцієнт, що враховує потрібну кількість приміських поїздів, що залежить від простою в початковому й кінцевому пунктах	t	0,083
Тривалість стоянки приміського поїзда, що приходить на 1 км колії, ч	$t_{ст}$	0,00167
Коефіцієнт допоміжного пробігу приміського поїзда	$\beta_{всп}$	0,03
Довжина ділянки обігу приміського поїзда	$L_{уопп}$	120
Час, необхідне для технічного огляду й екіпірування приміського поїзда, ч		1,5
Пробіг приміського поїзда між технічними оглядами, км	$t_{осм}$	1000
Конструкційна швидкість, км/год	V_k	120
Маса тари состава, т	Q_T	
Потужність силової установки, л.с.	N	
Довжина состава по осях автозчепів, м		
Число вхідних дверей на сторону в причіпному вагоні, шт		

Таблиця Ж.2

Тягова характеристика шестивагонного дизель-поїзда ДР1А (два моторних вагони)

Рсц=70,3 тс		D=950мм $\mu=2,58$	
v	F_k при $n_k=16$		
	I ГТР	II ГТР	
10	16300		

20	14450	
30	12000	
40	9800	
50	8000	
56	6800	6100
61,8	5900	-
70	-	5500
80	-	5000
90	-	4450
100	-	4000
110	-	3600
120	-	3200

Таблиця Ж.3

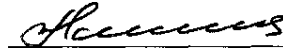
Тягова характеристика тепловоза М62

υ, км/год	F, кН (кгс)	υ, км/год	F, кН (кгс)
Обмеження по зчепленню			
00	407,9 (41600)	5,00	350,5 (35729)
10,00	342,0 (34862)	15,00	333,7 (34016)
20,00	328,8 (33517)	25,00	325,5 (33180)
30,00	323,1 (32936)		
Повне поле			
13,64	272,9 (27819)	15,00	252,6 (25749)
20,00	197,6 (20143)	25,00	161,4 (16453)
30,00	135,9 (13853)	35,00	116,9 (11916)
37,36	109,4 (11152)		
Ослаблення поля 1			
28,57	139,6 (14230)	35,00	115,1 (11733)
45,00	90,2 (9195)	55,00	74,0 (7543)
62,76	64,9 (6616)		
Ослаблення поля 2			
42,44	95,0 (9684)	50,00	80,9 (8247)
60,00	67,4 (6871)	70,00	57,6 (5871)
80,00	50,2 (5117)	90,00	44,6 (4546)
100,00	40,1 (4088)		
110,00	36,4 (3710)		
120,00	33,4 (3405)		

Додаток 3

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник Генерального
директора Укрзалізниці
Лашко А.Д.

**Матеріали**

про впровадження результатів дисертаційної роботи
Басова Геннадія Григорійовича «Розвиток наукових основ створення та
контролю технічного стану нового моторвагонного рухомого складу»

До основних результатів дисертаційної роботи Басова Г.Г., які використовуються при створенні перспективного моторвагонного рухомого складу, що обладнаний сучасними системами діагностики та має раціональні характеристик відносяться:

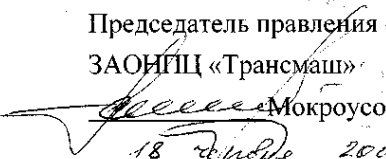
- розроблені концепції створення та випробувань нового моторвагонного рухомого складу (МВРС);
- запропонований типаж нового моторвагонного рухомого складу для залізниць України;
- розраховані раціональні параметри вузлів моторвагонного рухомого складу на основі комплексу моделей геометричного програмування з урахуванням життєвого циклу;
- запропоновані технології сервісного та технічного обслуговування, ремонту, екіпіровки МВРС;
- моделі техніко-економічних розрахунків.

Використання результатів роботи дає змогу вирішення актуальної проблеми визначення характеристик перспективного МВРС шляхом впровадження нових методів та моделей раціональних характеристик, удосконаленні методів випробувань, методології системи обслуговування, ремонту та діагностування, підвищенню економічної ефективності нового рухомого складу.

Матеріали роботи лягли в основу наукового обґрунтування присудження колективу авторів з участю Басова Г.Г. Державної премії в галузі науки і техніки за 2004 р. за розробку та впровадження нового моторвагонного рухомого складу для залізниць України.

УТВЕРЖДАЮ

Председатель правления - директор
 ЗАО НПС «Трансмаш»

 Мокроусов С.Д.

18 апреля 2007

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских опытно-конструкторских
 и технологических работ

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационной работы Басова Геннадия Григорьевича «Развитие научных основ создания и контроля технического состояния нового моторвагонного подвижного состава» внедрены на ЗАО НПС «Трансмаш» и они включают:

- технологию формирования колесных пар подвижного состава за счет внедрения рационального нагрева бандажей, новых средств контроля температуры бандажей и внедрения новых средств ультразвукового контроля колесных центров;
- модели нагрева и охлаждения бандажей колесных пар при взаимодействии с переменным магнитным полем;
- комплекс моделей по определению экономического эффекта от внедрения усовершенствованных технологий их изготовления.

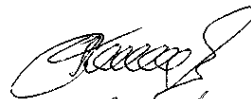
Они рассмотрены и рекомендованы для дальнейшего использования в производстве колесных пар ЗАО НПС «Трансмаш».

Технический директор-
 главный конструктор



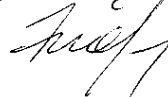
В.П. Щербаков

Главный технолог



П.А. Иващенко

Главный бухгалтер



Е.А. Кутузова

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель технического
директора по новой технике и
модернизации
ОАО ХК "Лугансктепловоз"



Н.М. Найш
"15" 05 2007 г.

Акт

г. Луганск

О внедрении результатов работы Басова Геннадия Григорьевича, которые вошли в диссертационную работу "Развитие научных основ создания и контроля технического состояния нового моторвагонного подвижного состава"

Составлен комиссией в составе

Председатель комиссии - Директор инженерно-сервисного центра «Лугтраспорт», кандидат технических наук, Кашуба Владимир Иванович

Члены комиссии: Заведующий учебно-научного производственного центра ОАО «ХК»Лугансктепловоз» Бугаев Геннадий Алексеевич

Ведущий экономист ОАО «ХК» «Лугансктепловоз» Панарина Лариса Александровна

Технический директор ОАО «ХК» «Лугансктепловоз» Басов Геннадий Григорьевич

Комиссия определила фактическое внедрение следующих результатов работы соискателя Украинской государственной академии железнодорожного транспорта Басова Геннадия Григорьевича в период 2002-2007 год:

- концепции по созданию нового моторвагонного подвижного состава по модульной конструкции на базе унифицированного прицепного вагона и согласно научно-обоснованным принципам создания моторвагонного подвижного состава с учетом условий эксплуатации и мирового технического уровня;
- типаж нового моторвагонного рухомого складу для залізниць України з урахуванням умов експлуатації та особливостей вітчизняної промисловості;
- моделі техніко-економічних розрахунків впровадження моторвагонного рухомого складу
- комплекс моделей по определению характеристик нового моторвагонного подвижного состава с использованием геометрического программирования, учитывающий жизненный цикл, функционирования систем и обслуживания, ремонта.

Использование перечисленных результатов дает возможность:

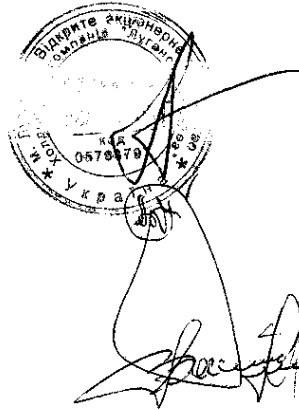
- выбрать рациональные технико-экономические характеристики и систему обслуживания, ремонта и диагностирования нового моторвагонного подвижного состава;
- решить проблемы, связанные с созданием и контролем технического состояния нового моторвагонного подвижного состава с рациональными характеристиками;
- удовлетворить существующую необходимость в обеспечении надежности подвижного состава при уменьшении эксплуатационных расходов;
- рассчитать экономический эффект с учетом расходов на протяжении всего жизненного цикла моторвагонного подвижного состава.

Выводы и рекомендации о дальнейшем использовании разработок:
рекомендовать для дальнейшего использования конструкторским,
проектным и эксплуатационным организациям на магистральном и
промышленном транспорте.

Акт составлен в трех экземплярах.

Председатель комиссии

Члены комиссии



В.И. Кашуба

Г.А. Бугаев

Л.А. Панарина

Г.Г. Басов

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Української
державної академії
залізничного транспорту,
д.т.н., професор



М.І. Данько

2007 р.

Матеріали

про впровадження результатів дисертаційної роботи Басова Геннадія Григорійовича «Розвиток наукових основ створення та контролю технічного стану нового моторвагонного рухомого складу» у навчальному процесі Української державної академії залізничного транспорту

До основних результатів дисертаційної роботи Басова Г.Г., які використовуються в навчальному процесі академії для студентів денної та заочної форми навчання відносяться:

- розроблений типаж нового моторвагонного рухомого складу для залізниць України;
- відомості по конструкції, методи та моделі розрахунків складових моторвагонного рухомого складу;
- розраховані раціональні параметри вузлів моторвагонного рухомого складу;
- моделі техніко-економічних розрахунків впровадження МВРС.

Дані результати роботи відображені в трьох навчальних посібниках з грифом Міністерства освіти та науки та в методичних вказівках по дисципліні "Теорія та конструкція локомотивів". Вони використовуються при вивченні загальноінженерних і спеціальних дисциплін при підготовці бакалаврів, спеціалістів та магістрів за спеціальністю «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту».

Декан механічного факультету,
к.т.н., доцент



О.В. Устенко

Завідувач кафедри «ЕРРС»,
д.т.н., професор

Е.Д. Тартаковський

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної
роботи, довузівської підготовки та
післядипломної освіти,
к.т.н., доцент


А.О. Каграманян
« 25 » червня 2007 р.


АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Басова Геннадія Григорійовича «Розвиток наукових основ створення та контролю технічного стану нового моторвагонного рухомого складу» у навчальному процесі Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Української державної академії залізничного транспорту

Основні результати дисертаційної роботи Басова Г.Г. широко використовуються в навчальному процесі Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Української державної академії залізничного транспорту. Вони відображені в навчальних посібниках з грифом Міністерства освіти та науки та в методичних вказівках і включають:

- моделі по розрахунку параметрів моторвагонного рухомого складу, локомотивів та їх складових;
- модель визначення параметрів системи ТОР з урахуванням вбудованих систем контролю та діагностики, яка враховує тип системи та способи її виконання.;
- методи, моделі та програми розрахунку економічної ефективності від впровадження удосконаленої системи ТОР.

Дані розробки з 2003 року по теперішній час використовуються:

- 1) при проведенні занять у групах факультету підвищення кваліфікації:
 - начальників, заступників, головних інженерів ТЧ;
 - фахівців технічних відділів служб локомотивного господарства, локомотивних депо;
 - економістів локомотивного депо;
 - інженерів з приймання локомотивів;
 - фахівців служб локомотивного господарства, заступників ТЧ з експлуатації;
- 2) при підготовці магістрів та спеціалістів за спеціальністю "Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту" з дисциплін:
 - «Основи технічного обслуговування та ремонту локомотивів»;
 - «Теорія та конструкція локомотивів»
- 3) при виконанні випускних робіт спеціалістів та магістрів за спеціальністю "Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту".

Заступник директора
ІПШК, к.т.н., доцент



В.В. Захарченко