УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Кашуба Володимир Іванович

УДК 629.424.2:629.4.077.59

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ВИПРОБУВАНЬ ГАЛЬМІВНОГО ОБЛАДНАННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДІВ

Спеціальність 05.22.07 - "Рухомий склад залізниць та тяга поїздів"

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2003

Дисертація є рукопис

Робота виконана в Холдинговій компанії "Луганськтепловоз", Міністерство промислової політики України, Українській державній академії залізничного транспорту, Міністерства транспорту України.

Науковий керівник	кандидат технічних наук Басов Геннадій Григорович, ХК "Луганськтепловоз", технічний директор
Офіційні опоненти	доктор технічних наук, професор Ткаченко Віктор Петрович, Східноукраїнський національний університет, м. Луганськ, проректор
	Доктор технічних наук, доцент Маслієв В'ячеслав Георгійович, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", кафедра „Електричний транспорт та тепловозобудування", м. Харків, професор
Провідна установа	Київський університет економіки і технологій транспорту, кафедра "Рухомий склад залізниць", Міністерство транспорту України, м. Київ

Захист відбудеться 29.05.2003 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7 ауд. 1.301

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

Автореферат розісланий 27.04.2003 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, д.т.н. О.Б. Бабанін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. В останні роки значно зросло навантаження на приміські пасажирські перевезення. Технічний стан моторвагонного рухомого складу, особливо дизель-поїздів, досяг критичного рівня. Це потребує його заміни на новий вітчизняного виробництва.

На Україні виробництва гальмівного обладнання не було, як і не було виробництва моторвагонного рухомого складу. Відсутня була й науково-експериментальна база, не розроблялись методики-програми попередніх та приймальних випробувань.

До гальмівного обладнання приділяються підвищені вимоги щодо забезпечення безпеки руху. На даний час виникла задача удосконалення технології та організації випробувань гальмівного обладнання вітчизняних дизель-поїздів, розробки науково-обгрунтованих методик, нових стендів та полігонів для випробувань.

Актуальність теми дисертації

В ринкових умовах однією з важливих задач підвищення продуктивності при виробництві нового рухомого складу є впровадження нових прогресивних технологій при його виробництві та випробуваннях. Для організації і проведення випробувань в даний час вже недостатньо існуючих традиційних заходів, які функціонують на базі застарілих технологій і методів. Тому впровадження в практику нових технологій, які створені на основі нових теоретичних розробок дозволяє кваліфікувати представлену роботу як актуальну, яка спрямована на розв’язання важливої науково-технічної задачі - удосконалення технології та організації випробувань гальмівного обладнання вітчизняних дизель-поїздів.

Актуальність теми також підтверджується постановою Кабінету Міністрів №364 від 4 червня 1994 р. "Про організацію виробництва вагонів дизель - та електропоїздів", в якій були визначені основні завдання промисловості та виділено як головне підприємство ХК "Луганськтепловоз". Науково-технічна частина цієї програми була розвинута в Державній програмі "Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства", введеної в дію Постановою Кабінету Міністрів України №769 від 2 червня 1998 р.

Зв’язок роботи з науковими програмами. Робота виконана згідно з Державною програмою „Розвиток рейкового складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства” (1998 р.), „Концепцією та програмою реструктуризації на залізничному транспорті України” (1998 р.) і науково-дослідною роботою "Створення і освоєння виробництва дизель-поїздів потужністю 1176 кВт, з конструкційною швидкістю 120-130 км/г" (№0195U014401).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є науково обґрунтоване удосконалення технології та організації випробувань гальмівного обладнання дизель-поїздів, виробництво яких вперше організовано на Україні.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі задачі:

- зробити аналіз існуючих гальмівних систем рухомого складу;
- виявити шляхи і методи удосконалення технології і організації випробувань гальмівного обладнання дизель-поїздів;
- оцінити ефективність гальмівних систем існуючого моторвагонного рухомого складу;
- обґрунтувати гальмівну систему для нових дизель-поїздів;
- обґрунтувати програму гальмівних випробувань дизель-поїзду;
- вибрати номенклатуру параметрів гальмівної системи, які необхідно контролювати при стендових та поїзних випробуваннях;
- розробити методику оцінки надійності гальмівної системи дизель-поїзду;
- визначити оптимальні періоди контролю гальмівної системи;
- виконати розрахунки нижньої границі швидкості безюзового гальмування.

Об'єкт дослідження – гальмівна система дизель-поїздів.

Предмет дослідження – наукове визначення ефективності гальмівної системи, програми випробувань гальмівних систем дизель-поїздів, їх технологія та організація.

Методами дослідження є

- при аналізі гальмівних систем дизель-поїздів різних країн світу та визначенні тенденції їх зміни використовувались методи емпіричного та теоретичного дослідження (метод порівняння та моделювання);
- при виборі номенклатури показників гальмівної системи, які необхідно перевіряти при проведенні випробувань, і показників ефективності гальмівних систем використовувались методи аналізу та синтезу, системний підхід, теорія множин;
- при розробці методик по техніко-економічному обґрунтуванню випробовувань та використання гальмівних систем на дизель-поїздах використовувались системний підхід, методи експерименту, аналізу та синтезу, моделювання;
- при розробці методик випробувань використовувались теорія планування експерименту, математична статистика планів обстежень, теорія надійності систем.

Наукова новизна одержаних результатів

Розраховані аналітичні залежності обсягів випробувань гальмівного обладнання, які покладені в основу технології і організації випробувань різних видів. Для цього:

- доопрацьований метод розрахунку надійності гальмівної системи дизель-поїзду;
- вперше запропонована оригінальна модель і залежності для розрахунку оптимальних відношень між числом випробувань і коефіцієнтом запасу по ресурсу для гальмівного обладнання;
- запропонована модель вибору номенклатури параметрів гальмівної системи для випробувань;
- вперше отримані аналітичні залежності для визначення гальмівних характеристик при максимальній і номінальній населеності нових дизель-поїздів;
- вперше отримані оптимальні періоди контролю гальмівної системи дизель-поїзду.

Наукове значення роботи полягає в тому, що отримані теоретичні результати доповнюють існуючі наукові знання щодо технології і організації випробувань гальмівного обладнання дизель-поїздів.

Практичне значення одержаних результатів:

Результати роботи впроваджено:

- в ХК „Луганськтепловоз” при розробці та впровадженні вітчизняних дизель-поїздів (матеріали по впровадженню);
- в рішеннях міжвідомчої комісії з питань проведення приймальних випробувань гальмівної системи дизель-поїзду;
- в учбовий процес підготовки спеціалістів і магістрів,

і вони включають в себе:

- номенклатуру показників ефективності гальмівних систем дизель-поїздів ДЕЛ-01, ДПЛ-1 та ДПЛ-2;
- номенклатуру показників гальмівної системи дизель-поїзду, які необхідно контролювати при проведенні випробувань;
- методику по оцінці економічної ефективності використання електричного гальма на дизель-поїздах;
- вперше на Україні розроблений та виготовлений спеціалізований стенд для випробувань гальмівного обладнання моторвагонного рухомого складу.

Особистий внесок здобувача:

- вніс доповнення в існуючі методи гальмівних розрахунків;
- провів аналіз існуючих гальмівних систем рухомого складу, який експлуатується на залізницях різних країн;

- в статті [2] розроблена методика визначення гальмівних характеристик;
- в статті [3] участь у розробці алгоритму та виготовленні вимірювального комплексу;
- в статті [4] розробка моделі визначення оптимальних співвідношень між числом випробувань та коефіцієнтом запасу для гальмівного обладнання дизель-поїзду;
- в авторському свідоцтві [5] розробка моделі та проведення розрахунків гальмівної системи тягового рухомого засобу;
- в роботах [1, 2, 3, 6, 8, 9], які додатково освітлюють матеріали дисертації, автор розробляв моделі та приймав участь в розрахунках.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення:

- V, VII, IX, X, XI, міжнародних науково-технічних конференціях "Проблеми розвитку рейкового транспорту" (Крим, м. Алушта, Ялта 1995, 1997, 1999, 2000, 2002);
- На 56 - 64 науково-технічних конференціях Української державної академії залізничного транспорту з міжнародною участю (м. Харків, 1994 – 2002 рр.).

Повністю дисертаційна робота докладалась на розширеній науково-технічній нараді ХК „Луганськтепловоз" (2003 р.) та розширеному засіданні кафедри ЕРРС УкрДАЗТ з участю членів спеціалізованої вченої ради (2003 р.)

Публікації. Основні результати дослідження опубліковані в 4 статтях в фахових виданнях та 1 авторському свідоцтві, а також в 1 додатковій статті, 6 тезах міжнародних конференцій і 2 авторських свідоцтвах.

Структура роботи. Дисертаційна робота має вступ, шість розділів, висновки, список використаної літератури, який включає 147 найменувань та додатки. Повний обсяг дисертації складає 173 сторінки, в тому числі 117 сторінок основного тексту, 16 таблиць, 15 рисунків, 7 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У ***вступі*** коротко розглянуті питання розвитку гальмівних систем рухомого складу та оцінки їх ефективності, програми та рішення щодо виготовлення та випробувань гальмівних систем дизель-поїздів, визначаються технічні та наукові задачі, мета та ціль дослідження.

Перший розділ присвячено аналізу існуючих гальмівних систем рухомого складу і технологіям його випробування. Проведено огляд робіт, які спрямовані на підвищення якості гальмівних систем і відзначено

необхідність удосконалення технології випробувань гальмівної системи дизель-поїздів. На протязі розвитку та вдосконалення залізничної техніки вивченню питань конструкції гальмівних систем, питанням взаємодії колеса і рейки, розрахункам надійності та випробувань гальмівних систем приділялось багато уваги. Фундаментальні дослідження в цьому напрямку виконувались у ВНДІЗТі, ВЗІІТі, МІІТі, ДІІТі, ХІІТі, СНУ, ХПІ, КУЕТТ та інших організаціях.

На сучасному моторвагонному рухомому складі використовують два види гальмівних систем: системи, які не залежать від сили зчеплення колеса та рейки, та системи, які залежать від сили зчеплення колеса й рейки. До першого виду належать магніто-рейкові гальма (МРГ) та струмовихреві гальма (СВГ). До другого виду належать: пневматичні (ПГ), електропневматичні (ЕПГ) та електричні (ЕГ) гальма, які в свою чергу бувають реостатні та рекуперативні. Причому найбільшої популярності набувають електричні гальма. На електропоїздах використовують як реостатне, так і рекуперативне гальмування, а на дизель-поїздах лише реостатне.

На швидкісному моторвагонному рухомому складі в Європі та Японії використовують МРГ та СВГ разом з ефективними противоюзовими пристроями. При цьому забезпечується гальмівний шлях не більше 1000 м по вимогам МСЖД та ОСЖД зі швидкості 160 км/г. Використання цих систем в приміському рухомому складі, де на найближчу перспективу перевезення будуть виконуватися зі швидкостями 120-130 км/г пов’язано з значними технічними і економічними проблемами. Тому виникає задача вибору та обґрунтування гальмівної системи для перспективного дизель-поїзду, шляхи її удосконалення, методів оцінки та випробувань ефективності.

З метою підвищення безпеки руху на залізничному транспорті, а також для забезпечення регуліровочних та зупиночних гальмувань гальмівна система дизель-поїзду ДЕЛ-01 включає в себе пневматичні, електропневматичні і електричні гальма. Причому перші два мають механічну частину гальма.

Пневматичні гальма призначені для регуліровочних і зупиночних гальмувань дизель-поїзду шляхом дії механічної частини гальма на колеса усіх вагонів при відмові електричного або електропневматичного гальма. Також вони використовуються для зупинки при електричному гальмуванні у випадку відмови ЕПГ та екстреному гальмуванні краном машиніста, стоп-краном, електропневматичним клапаном автостопу або розгерметизацією міжсекційних з’єднань гальмівної магістралі при розриві поїзду.

Електропневматичні гальма призначені для регуліровочних і зупиночних гальмувань поїзду при відмові ЕГ і зупинці при працючих ЕГ шляхом дії механічної частини гальма на колеса вагонів, а також для дії

механічної частини гальма на колеса усіх або тільки причіпних вагонів при роботі ЕГ відповідно на п’ятій або четвертій гальмівній позиції контролера.

Електричні гальма використовуються лише для регуліровочного гальмування і можуть працювати з ЕПГ причіпних або усіх вагонів відповідно на 4 та 5 гальмівних позиціях контролера, причому в останньому випадку схема ЕГ розбирається при відповідному рівні тиску повітря в гальмівних циліндрах.

З урахуванням того, що гальмівні системи повністю на Україні не виготовлювались, а на даний момент налагоджено виробництво багатьох відповідальних вузлів на підприємствах нашої держави, необхідно на науковій основі удосконалити технологію та організацію випробувань гальмівного обладнання дизель-поїздів. Тому був зроблений аналіз існуючих технологій та організації випробувань гальмівного обладнання і виявлені шляхи і методи їх удосконалення.

Зроблений аналіз розвитку полігонів випробувань гальмівних систем рухомого складу в таких країнах, як Росії, Британії, Німеччини, Австрії, США, Канади, Китаю, Японії, Індії, Румунії, Франції та України. Він показав, що питанню випробувань гальм рухомого складу в цих країнах приділяється велика увага. Це і не дивно, бо гальма являються найголовнішим елементом рухомого складу, який безпосередньо впливає на безпеку руху. Полігон випробувань рухомого складу ХК „Луганськтепловоз” по своїй технічній забезпеченості потребує подальшого розвитку.

В кінці першого розділу виходячи із зробленого аналізу була сформульована мета і задачі дослідження.

Другий розділ дисертації присвячений удосконаленню технології випробувань гальмівної системи шляхом доопрацювання існуючих методів, моделей і методик та розробкою нових, визначенню критеріїв, які характеризують ефективність гальмівної системи, та визначенню шляхів підвищення ефективності їх використання.

Перш ніж приступити до випробувань нової гальмівної системи і впровадженню на новому рухомому складі було оцінено її ефективність та надійність. Питанню визначення критеріїв ефективності гальмівних систем рухомого складу приділяється багато уваги. До основних критеріїв в різних країнах світу відносять наступні: гальмівний шлях; середня величина використаного зчеплення; коефіцієнт використання зчеплення; коефіцієнт гальмування; відношення фіксованої величини розрахункового коефіцієнту зчеплення до функції, яка показує залежність коефіцієнта тертя гальмівних колодок до швидкості; коефіцієнт миттєвого використання запасу по зчепленню при екстреному гальмуванні та інші.

Поряд з критерієм ефективності гальмівної системи немаловажне значення приділяється і надійності гальмівної системи. Для оцінки

надійності як гальмівної системи в цілому, так і її окремих вузлів на роботу дизель-поїзду, був доопрацьований метод її розрахунку. Суть його складається в наступному. На першому етапі виконується побудова структурно-функціональної схеми гальмівної системи. Після цього виконується групування елементів гальмівної системи на функціональні групи, підгрупи та елементи. На третьому та четвертому етапах визначаються відмови елементів та їх вплив на функції, які виконує дизель-поїзд. Потім виконується вибір показників надійності, який базується на вимогах розрахунків гальмівних магістралей. В якості показників надійності були вибрані ймовірності безвідмовної роботи $P\ (l_3)$ та середнє значення параметру потоку відмов $\varpi(l_3)$. У зв'язку з відсутністю інформації ремонтні ранги були взяті з урахуванням затрат на ремонт агрегатів та вузлів та на основі експертної оцінки спеціалістів по ремонту гальмівного обладнання. На п'ятому етапі виконуються розрахунки надійності гальмівної системи на базі теорії ймовірностей. Результати розрахунків показників надійності гальмівної системи та її основних елементів по основним видам відмов представлені в табл.1.

Таблиця 1 – Показники надійності гальмівної системи дизель-поїзду

№ п/п	Функціональна група, підгрупа, елемент	Вид відмови	Показник надійності	
			$\varpi(l_3)$, $x10^{-6}км^{-1}$	$P\ (l_3)$, $x10^{4}кН$
1	Гальмівна система	Вихід зі строю	0,20	0,9980
2	Компресор гальмівний	Заклинення	0,01	0,9999
3	Кран машиніста	Засмічення отвору	0,03	0,9997
4	ЕПК-150	Вихід зі строю	0,05	0,9995
5	Гальмівні циліндри	Заклинення	0,02	0,9998

Аналіз показників, які характеризують гальмівні системи рухомого складу показав, що їх кількість в основному становить більше 30. Тому важливим являється вибір номенклатури показників для випробувань, яка характеризує гальмівну систему. Вибір основних параметрів гальмівної системи дизель-поїзду ДЕЛ-01 виконувався по розробленій моделі, яка базується на теорії надійності, теорії технічних систем, експертних методах та теорії множин. В результаті розрахунків були вибрані наступні показники, які необхідно контролювати при випробуваннях: швидкість руху дизель-поїзду; довжина гальмівного шляху; зменшення руху дизель-поїзду при гальмуванні; тиск повітря в гальмівних системах; час наповнення гальмівних циліндрів; час відпуску гальм; забезпечення виключення тягового режиму і включення режиму екстреного гальмування при замиканні кнопки аварійної зупинки поїзду; утримання окремого вагону ручним гальмом на уклоні до 30‰ при зусиллі на рукоятці не більше 350 Н; час наповнення головних резервуарів з 0,7 до 0,8 МПа;

контроль щільності гальмівної магістралі гальмівних циліндрів живлячої магістралі урівнюючого резервуару.

Для удосконалення технології випробувань було запропоновано проводити два види випробувань: стаціонарні та поїзні.

При стаціонарних випробуваннях необхідно: проводити контроль щільності гальмівної магістралі; визначити значення тиску повітря в гальмівних циліндрах при гальмуванні; визначити час наповнення гальмівних циліндрів в різних режимах.

При поїзних випробуваннях необхідно: визначати гальмівний шлях дизель-поїзду та зменшення руху при гальмуванні з початкових швидкостей $50 \div 130$ км/г при різних видах гальмування; підтвердити забезпечення виключення тягового режиму і включення режиму екстреного гальмування при замиканні кнопки аварійної зупинки поїзду; утримання вагону дизель-поїзду на уклоні $30‰$ при загальмованому ручному гальмі.

Для гальмівної системи як відновлювальної була розроблена методика визначення періоду контролю по трьом критеріям.

По критерію, який характеризує ефективність використання апаратури – коефіцієнту готовності системи $K_г$.

$$K_г \approx \frac{T\left(1-e^{-\lambda T_к}\right)}{T_к+\tau_к+T_B\left(1-e^{-\lambda T_к}\right)},$$

де T – середній час напрацювання гальмівної системи між відмовами; $T_к$ – період проведення контролю; $T_в$ –час відновлення; $\tau_к$ - час на проведення контролю.

В цілому коефіцієнт оперативної готовності, як комплексний, визначається як

$$K_{ог} = K_г\, P(t).$$

Період контролю визначається за формулою

$$T_1 \approx \sqrt{2\tau_к T+\tau_к^2}.$$

По критерію, який характеризує ефективність використання системи – величині середнього реального доходу $C_{р.д.}$

$$T_2 \approx \sqrt{T\left(2\tau_к+\beta_1\right)},$$

де β_1 - коефіцієнт порівняння вартості.

Для режиму очікування критерієм вибрана ймовірність нормального функціонування гальмівної системи, а міжконтрольний період розраховується за формулою

$$T_3 \approx \sqrt{2\tau_к(T+t_3)+\beta_2 T)},$$

де β_2 - коефіцієнт порівняння вартості.

Третій розділ присвячений розробці комплексних технологій та організації випробувань гальмівної системи. Підготовка до випробувань складається з десяти етапів. На першому етапі виконується вибір системи випробувань. Потім виконується вибір об'єктів випробувань. Для цього гальмівну систему розділяють на агрегати, вузли, деталі та з'єднання. На третьому етапі визначаються основні види пошкоджень по кожному елементу гальмівної системи. Четвертий етап присвячений вибору методу та обладнання випробувань. З метою зменшення середньої кількості провіряємих елементів гальмівної системи був доопрацьований метод проведення гальмівних випробувань на основі послідовного аналізу.

На п'ятому етапі вибирається режим випробувань. Після цього виконується вибір плану випробувань. Була удосконалена аналітична модель визначення оптимального плану випробувань по критеріям тривалості, точності та вартості випробувань. Результати розрахунків представлені в табл.2.

Таблиця 2 – перелік рекомендованих планів випробувань на надійність вузлів гальмівної системи

Тип плану випробувань	Критерій вибору плану		
	Тривалість, Т	Точність, δ	Вартість, С
[NUr]	+/-	+/-	+/-
[NUT]	+/-	+/-	+/-
[NRr]	+	+	-
[NRT]	+	+	-
[NUr]'	+/-	+	+/-
[NUz]	+/-	+	-

Примітка: + - рекомендований; - - не рекомендований; +/- - невизначений план.

Сьомий етап присвячений вибору номенклатури і кількості зразків для випробовувань. На основі теорії множин, математичної статистики та теорії ймовірностей був доопрацьований метод визначення оптимальної кількості проведення випробувань.

Аналіз конструктивних рішень спроектованої гальмівної системи, як складної технічної системи, дозволив припустити, що розподіл часу безвідмовної роботи описується розподілом Вейбула-Гніденко. Це підтверджується і аналізом надійності гальмівного обладнання на

моторвагонному рухомому складі. З урахуванням цього було науково обґрунтовано оптимальне відношення між числом випробувань n_{opt} і коефіцієнтом запасу по ресурсу $\acute{\eta}_{opt}$ для гальмівного обладнання, які розраховуються відповідно за формулами

$$n_{opt}=n_0/(\alpha\delta n_0)^{\frac{\delta}{\delta+1}}, \qquad \eta_{opt}=(\alpha\delta n_0)^{\frac{1}{\delta+1}},$$

де n_o - мінімальна кількість безвідмовних випробувань; α - показник закону розподілу відмовлень гальмівного обладнання; δ - розрахунковий коефіцієнт.

На восьмому етапі були розглянуті питання виготовлення обладнання для випробувань. І останні етапи присвячені розробці програм, методик і планів випробувань.

Гальмівна система дизель-поїзду ДЕЛ-01 відрізняється від гальмівної системи тепловозів номенклатурою, кількістю гальмівного обладнання, довжиною гальмівної магістралі, конструктивними особливостями і іншим. Модернізація існуючого на заводі „Луганськтепловоз” стенду для випробувань пневматичної системи гальм тепловозів привела б до ускладнення технології випробувань, збільшенню часу випробувань. Тому, було признано нецілеспрямованим проводити випробування на ньому. В зв’язку з цим для удосконалення технології і організації випробувань виникла необхідність створення спеціального стенду для дослідження пневматичної системи гальма і перевірки її взаємодії з системами керування ЕПГ та ЕГ. Складовою частиною розробки технології випробувань є і задача розробки програми і методики стендових випробувань дизель-поїзду. Вирішенню даних задач присвячений ***четвертий розділ***.

Розроблений оригінальний стенд, який складається з наступних частин:

- **пневматична** – призначена для забезпечення гальмівної системи стиснутим повітрям і подачею його в гальмівні циліндри при електропневматичному і пневматичному гальмуваннях, а також імітації відмов електричного і електропневматичного гальм;

- е**лектрична** – призначена для керування роботою компресорної установки електропневматичними гальмами, забезпечення взаємодії пневматичного і електропневматичного гальм і контролю роботи гальмівної системи по світловим сигналізаторам;

- **пульт керування** – призначений для розміщення пристроїв керування гальмами: крану машиніста, лампочок, манометрів візуального контролю роботи гальмівної системи, приборів керування роботою компресора і зняття режиму тяги, а також розміщення в ньому апаратури і комутуючих ланцюгів керування електропневматичним гальмом,

розміщенням в ньому апаратури для реєстрації гальмівних процесів при випробуваннях;

- силовой шкаф – призначений для монтажу електрообладнання, яке підключає стенд до електричної мережі.

Монтаж гальмівного обладнання блоковий (рис.1). Конструкція стенду дозволяє змінювати довжину напірного трубопроводу компресора для різних серій моторвагонного рухомого складу. Передбачена можливість підключення повітрерозподілювача до чотирьох дільниць гальмівної магістралі, які відповідають чотирьом вагонам дизель-поїзду або шести, восьми вагонам електропоїзду.

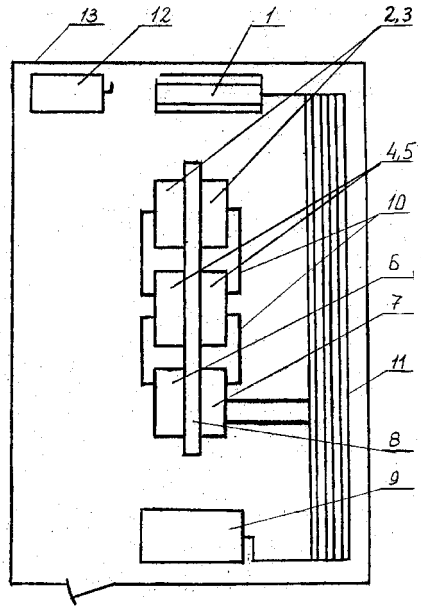

Рисунок 1. План розміщення обладнання стенду

1 – компресорна установка з головними резервуарами; 2, 3 – блок гальмівних циліндрів; 4, 5 – блок резервуарів; 6 – блок повітрерозподілювача; 7 – блок реле тиску; 8 – рама монтажна; 9 – пульт керування; 10 – трубопровід між блочних зв'язків; 11 – трубопроводи живлячої і гальмівної магістралей; 12 – силовий шаф; 13 – огородження стенду

Для зменшення кількості гальмівного обладнання на стенді передбачається:

- можливість послідовного підключення повітрерозподілювачів до трубопроводу гальмівної магістралі в місцях, які відповідають першому і четвертому, другому і третьому вагону дизель - або електропоїзду;
- можливість імітації об'ємів циліндрів візка вагону еквівалентними об'ємами додаткових резервуарів.

Основними показниками призначення стенду є:

1. Перевірка працездатності і визначення часу наповнення гальмівних циліндрів і часу відпуску гальм МВРС:
2. Перевірка взаємодії гальм МВРС:

3. Перевірка працездатності основних агрегатів та вузлів гальмівної системи.
4. Дослідження залежності тиску повітря в циліндрах від тиску в гальмівній магістралі і об'ємів підключених до повітрерозподілювача запасного і додаткового резервуарів.
5. Дослідження параметрів гальмівної системи при різних конструктивних змінах в гальмівній системі.

З допомогою стенду виконується оцінка досконалості і доведення конструкції пневматичної системи гальма і її вузлів для проведення фактичних значень до нормативних, забезпечення надійної працездатності гальм моторвагонного рухомого складу, який виробляється ХК „Луганськтепловоз".

Стендові випробування дозволили удосконалити не лише технологію випробувань, а й довести конструкцію пневматичної системи гальма і її вузлів, а відповідно і її параметрів до нормативних.

П'ятий розділ присвячений поїзним випробуванням гальмівної системи дизель-поїзду ДЕЛ-01.

Із трьох варіантів пневматичних гальмівних систем на основі розрахунку їх надійності була прийнята перша схема з ймовірністю безвідмовної роботи 0,979. При цьому вибрана система має ресурс і ймовірність безвідмовної роботи на рівні, який допускається розрахунками гальмівних магістралей.

Експлуатаційні випробування на даний момент (на січень 2003 р.) підтверджують експериментальні розрахунки. Виходу ЕПГ та ПГ в експлуатації поки не спостерігалось.

Гальмівні розрахунки показали наступні результати. Порівняння теоретичних значень розрахункового гальмівного коефіцієнта (0,687 для порожнього і 0,519 для завантаженого дизель-поїзда з локомотивною тягою) з відповідними значеннями 0,683 та 0,518, які були отримані на базі гальмівних випробувань, показала, що їх різниця не перевищує 0,6%, а абсолютне значення цього параметру при максимально завантажених вагонах практично задовольняє вимогам (не менше 0,52) технічного завдання на розробку дизель-поїзду.

Розрахункову силу притиску колодок у причіпних вагонах рекомендується визначати за формулою:

$$K_p = 1{,}81(2{,}5 + P)\frac{0{,}1K + 10}{2K + 10}K.$$

де P – розрахункова вага дизель-поїзду, кН, K – сила прижиму, яка діє на колодку, кН.

Відповідні розрахунки показали, що при врахуванні особливостей конструкції гальмівних колодок, умов контакту з колесами і процентним відношенням фосфору в колодках значення розрахункової сили притиску вагонних (безгребнієвих) колодок склали 22,89 кН, а значення

розрахункового гальмівного коефіцієнту – 0, 848. При такому уточненні фрикційних властивостей колодок теоретичне значення розрахункового гальмівного коефіцієнта для порожнього дорівнює 0,682 і для завантаженого дизель-поїзду 0,514. Різниця цих значень, які отримані на базі дослідних даних (0,683 та 0,518) не перевищує 0,8%, що дає змогу використовувати дану методику при виконанні технічних розрахунків.

Для пневматичної системи автоматичного гальма дизель-поїзда була розроблена логіко-математична модель.

Випробування ручного гальма на утримання головного і причіпного вагонів дизель-поїзду проводились на спускній частині сортувальної гірки станції Родакові Донецької залізниці, яка має уклон 30 ‰. Результати випробувань показали, що ручні гальма забезпечували утримання вагонів з зусиллям на штурвалі гальма, яке не перевищувало 250 Н (по нормі 350 Н).

Поїзні випробування гальмівної системи проводились з завантаженою масою 41,7 т. При проведенні випробувань заклинювання колісних пар контролювалось на головному і причіпному вагонах з записом на осцилограму. Випадків заклинювання колісних пар при всіх видах гальмування не зафіксовано. При замиканні кнопки аварійної зупинки поїзду виключення тягового режиму та включення режиму екстреного гальмування забезпечувалось.

З допомогою розробленої моделі перерахунку довжини гальмівного шляху для завантаженого дизель-поїзду з номінальною населеністю були проведені розрахунки. Результати прогнозу приведені в табл. 3.

Залежність гальмівного шляху від швидкості дизель-поїзду при максимальній населеності описується залежністю

$$S_1 = 0{,}0003v^3 + 0.1261v^2 - 2.0917v - 0.0123,$$

а при номінальній - залежністю

$$S_2 = 0{,}0003v^3 + 0.1268v^2 - 2.0923v - 0.0221.$$

В цілому параметри гальмівної системи, які визначені при проведенні стаціонарних випробувань, відповідають вимогам технічного завдання на дизель-поїзд ДЕЛ-01. Лише гальмівний шлях при екстреному гальмуванні зі швидкості 130 км/г складає 1192 м і перевищує вимоги технічного завдання на 92 м.

Таблиця 3 –Прогнозні значення гальмівного шляху

Режим гальмування	Початкова швидкість, км/г	Гальмівний шлях, м	Замедлення, м/с^2
Екстрене	130	1192	0,520
	120	1020	0,515
	110	862	0,513

	100	717	0,508
Службове	100	798	0,481
	80	456	0,519
	60	236	0,575
Клапаном автостопу	100	735	0,505
	80	395	0,580
	60	284	0,511
Стоп-краном	100	720	0,528
	80	449	0,526
	60	268	0,532

Були розраховані нижні границі інтервалів швидкостей безюзового гальмування. Запропоновані заходи по запобіганню від заклинювання колісних пар, одним з яких є використання індикатора заклинювання колісних пар.

Шостий розділ присвячений техніко-економічному обґрунтуванню використання гальмівної системи дизель-поїзду та нових технологій при їх випробуваннях. Визначена ефективність та енергозавантажуваність гальмівної системи.

Розроблена модель визначення економічного ефекту від використання нових технологій випробувань гальмівних системі впровадження нових рішень в гальмівні системи. Так, впровадження електродинамічного гальма за 7 років експлуатації дизель-поїзда дасть економічний ефект понад 160 тис. грн. на кожний потяг.

ВИСНОВКИ

Виконані дослідження присвячені вирішенню актуальної науково-технічної задачі – удосконаленню гальмівних випробувань дизель-поїздів. По результатам проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

- зроблений аналіз існуючих гальмівних систем моторвагонного рухомого складу;
- виявлені шляхи і методи удосконалення технології і організації проведення гальмівних випробувань;
- на дизель-поїзді ДЕЛ-01 з метою забезпечення надійності безпеки руху необхідно використовувати три види гальм: пневматичні, електропневматичні і електричні. При цьому коефіцієнт середнього використання запасу по зчепленню дорівнює 0,63, а використання противоюзних пристроїв дозволить підвищити його до світових значень;
- гальмівний шлях при одночасному використанні електропневматичного та електричного гальма зі швидкості 130 км/г

буде становити менше 1000 м, що відповідає вимогам МСЖД та ОСЖД;
- доопрацьований метод розрахунку надійності гальмівної системи дизель-поїзду;
- розроблена модель вибору номенклатури параметрів для випробувань гальмівної системи дизель-поїзда ДЕЛ-01;
- доопрацьована методика організації випробувань;
- для удосконалення технології випробувань запропоновано проводити два види випробувань: стаціонарні та поїзні. Для них визначені показники гальмівної системи, які необхідно контролювати;
- показана можливість оцінки надійності окремих пристроїв по коефіцієнту готовності і ймовірності безвідмовної роботи, а в цілому гальмівних систем по коефіцієнту оперативної готовності;
- розроблений стенд дозволяє підвищити якість організації випробувань, доводити параметри гальмівної системи до нормативних;
- обґрунтована оптимальна кількість проведення гальмівних випробувань на стенді, яка складає 5 випробувань;
- науково обґрунтована раціональна технологія вибору оптимальних відношення між числом випробувань і коефіцієнтом запасу по ресурсу для гальмівного обладнання;
- обґрунтовано періоди контролю гальмівної системи дизель-поїзда;
- запропоновані аналітичні залежності для визначення гальмівних характеристик при максимальній і номінальній населенності дизель-поїздів;
- розроблена модель визначення економічного ефекту від використання електродинамічного гальма, який буде складати за 7 років експлуатації дизель-поїзда понад 160 тис.грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кашуба В.И. Упрощенная методика экспериментального определения тормозных характеристик пассажирского подвижного состава железных дорог /Межвуз.зб.научн.трудов. –Харьков: ХарГАЖТ, -Вып.41. 1997. –С.24-26.
2. Басов Г.Г., Кашуба В.І. Перевірка гальмівних характеристик дизель-поїзда з тепловозною характеристикою в поїзних умовах // Зб. наук. праць / ХарДАЗТ, 2000. –Вип.42. –С.15-18.
3. Найш Н.М., Соколов И.А., Кашуба В.И. Измерительный комплекс по выявлению заклинивания колесных пар подвижного состава железных дорог // Вісник Східноукраїнського національного університету. -№6(52). Ч.2. 2002. –С.45-49.

4. Тартаковский Э.Д., Тищенко Н.Я., Кашуба В.И., Методика обоснования оптимальных соотношений между числом испытаний и коэффициентом запаса для тормозного оборудования дизель-поезда // Межвуз.зб.научн.трудов. –Харьков: ХарГАЖТ, -Вып.29. 1997. –С.21-23.
5. Крамаренко П.Ю., Морозов А.М., Кашуба В.И., Абашкин И.В. Тормозная система многосекционного железнодорожного тягового средства / А.с. СССР №914366, Кл. В60Т 15/60, 1980.

Додатково матеріали дисертаційної роботи викладені в працях:

1. Тищенко Н.Я., Кашуба В.И., Сметанин С.А. Разработка методики испытаний тормозной системы дизель-поезда. /Межвуз.зб.научн.трудов. –Харьков: ХарГАЖТ, -Вып.29. 1997. –С.42-43.
2. Морозов А.М., Кашуба В.И. Об исключении случав самопроизвольного торможения пассажирского подвижного состава при отпуске тормозов / Тезисы V международной научно-технической конференции “Проблемы развития локомотивостроения”/ -Алушта: 1995. –С.14-15.
3. Морозов А.М., Кашуба В.И. Экспериментальное определение тормозных характеристик пассажирского вагона пригородного поезда/ Тезисы VII международной научно-технической конференции “Проблемы развития рельсового транспорта”/ -Алушта: 1997. –С.22-23.
4. Кашуба В.И. К вопросу модернизации тормозной системы пассажирского вагона типа 1003 для пригородных поездов/ Тезы IX международной научно-технической конференции “Проблемы развития рельсового транспорта”/ -Алушта: 1999. –С.55-56.
5. Кашуба В.І. Розробка експериментального стенду для випробувань гальмівного обладнання перспективного дизель-поїзда / Тези 57 науково-технічної конференції кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту за міжнародною участю / -Харків: -ХарДАЗТ. 1995. –С.8.
6. Кашуба В.І., Тартаковський Е.Д., Тищенко М.Я. Теоретичне обґрунтування тривалості та обсягу випробувань гальмівного обладнання дизель-поїздів / Тези 57 науково-технічної конференції кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту за міжнародною участю / -Харків: -ХарДАЗТ. 1995. –С.9.
7. Кашуба В.І. Підготовка до випробувань та проведення випробувань модернізованого тепловозу 2М62 під водіння причепних вагонів дизель-поїздів / Тези 58 науково-технічної конференції кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту за міжнародною участю / -Харків: -ХарДАЗТ. 1996. –С.5.

8. Крамаренко П.Ю., Кашуба В.И., Юдин В.Н. Пневматическая система тепловоза / А.с. СССР №1474001 А1, Кл. В60Т 17/02, 1989.
9. Крамаренко П.Ю., Кашуба В.И., Данилова И.Б. Пневматическая система тепловоза / А.с. СССР №1671491 А2, Кл. В60Т 17/02, 1987.

АНОТАЦІЇ

Кашуба В.І. Удосконалення технології та організації випробувань гальмівного обладнання вітчизняних дизель-поїздів – рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць і тяга поїздів. – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2003 р.

Дисертаційна робота присвячена питанням удосконалення технології та організації випробувань гальмівного обладнання вітчизняних дизель-поїздів. Проведений аналіз існуючих гальмівних систем приміського залізничного транспорту. Вибрані та розраховані критерії ефективності гальмівних систем. Удосконалена методика розрахунку надійності гальмівної системи дизель-поїзда та зроблені розрахунки надійності різних серій моторвагонного рухомого складу. Розроблена модель вибору номенклатури показників для випробувань гальмівних систем. З метою удосконалення технології випробувань розроблений оригінальний стенд для стаціонарних гальмівних випробувань та необхідні програми і методики випробувань. *На основі розробленої моделі визначений економічний ефект від удосконалення технології та організації гальмівних випробувань, а також від використання удосконалень в гальмівних системах.*

Ключові слова: моторвагонний рухомий склад, дизель-поїзди, гальмівне обладнання, гальмівні випробування, технологія випробувань, організація випробувань.

Кашуба В.И. Усовершенствование технологи и организации испытаний тормозного оборудования отечественных дизель - поездов – рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2003 г.

Диссертационная работа посвящена вопросам усовершенствования технологии и организации испытаний тормозного оборудования дизель - поездов.

Проведен анализ существующих тормозных систем пригородного железнодорожного транспорта и технологий их испытаний. Выделены два

вида тормозов в зависимости от силы сцепления колеса и рельса. Обосновано применение на пригородном подвижном составе электропневматического, пневматического и ручного тормозов.

Выбраны и рассчитаны критерии эффективности тормозных систем. Предложен комплексный критерий для оценки эффективности тормозов.

Усовершенствована методика расчета надежности тормозной системы дизель - поезда и сделаны расчеты надежности тормозных систем различных серий. Сделан расчет надежности тормозных систем различных серий дизель-поездов, эксплуатирующегося на железных дорогах Украины и стран СНГ.

Разработана модель выбора номенклатуры показателей для испытаний. Разработаны мероприятия по подготовке тормозной системы к испытаниям. Для их выполнения был доработан метод проведения тормозных испытаний на основе последовательного анализа. Усовершенствована аналитическая модель определения оптимального плана испытаний по критериям продолжительности, точности и стоимости испытаний. Доработан метод определения оптимального количества проведения испытаний. Научно обоснованы оптимальные отношения между числом испытаний и коэффициентом запаса по ресурсу для тормозного оборудования.

Разработан оригинальный стенд для стационарных тормозных испытаний и необходимые программы и методики испытаний. Разработаны мероприятия по уменьшению количества тормозного оборудования на стенде. Определены основные показатели назначения стенда.

По результатам поездных тормозных испытаний сделаны расчеты тормозных показателей. Разработана модель пересчета длины тормозного пути от загруженности дизель-поезда. Получены зависимости тормозного пути от скорости.

На основе разработанной модели определен экономический эффект от внедрения новой технологии и организации испытаний тормозной системы и внедрений новых узлов в тормозных системах.

Ключевые слова: мотор-вагонный подвижной состав, дизель – поезд, тормозное оборудование, тормозные испытания, технология испытаний, организация испытаний.

Kashyba V.I. Improvement the technologists and organizations of tests of the brake equipment a domestic diesel engine - trains - manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.22.07 - mobile structure of iron roads and draft of trains. - Ukrainian state academy of a railway transportation, Kharkov, 2003.

The dissertation work is devoted to questions of improvement of technology and organization of tests of the brake equipment a diesel engine of trains. The analysis of existing brake systems of a suburban railway transportation is carried out (spent). Are chosen and the criteria of efficiency of brake systems are designed. The technique of account of reliability of brake system a diesel engine - train is advanced and the accounts of reliability of brake systems of various series are made. The model of a choice of the nomenclature of parameters for tests is developed. The original stand for stationary brake tests both necessary programs and techniques of tests is developed. On the basis of the developed model the economic benefit of use of an electrodynamic brake is determined.

Keywords: motor - carload mobile structure, diesel engine - train, brake equipment, brake tests, technology of tests, organization of tests.

Кашуба Володимир Іванович

Удосконалення технології та організації випробувань гальмівного обладнання вітчизняних дизель-поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск Фалендиш А.П.

Підписано до друку " " 2003 р
Формат паперу 60х84 1/16 Папір офсетний
Умовн.-друк.арк. 0,9 Обл.-вид. арк. 1,1
Замовлення № ____. Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК №112 від 06.07.2000 р.
Друкарня УкрДАЗТу
61050, Харків-50, пл. Фейєрбаха, 7