

575

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

---

На правах рукопису

БОДНАР Борис Євгенович

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ, ДОСВІД СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ЕМПРОВОБУВАННЯ  
ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕПЛОВОЗІВ З ГІДРОДИНАМІЧНОЮ ПЕРЕДАЧОЮ

Спеціальність 05.22.07 - Рухомий склад залізниць  
та тяга поїздів

А в т о р е ф е р а т  
дисертації на здобуття вченого ступеню  
доктора технічних наук



Дніпропетровськ - 1996

НТБ  
ДНУЗТ

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі локомотивів Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту.

Наукові консультанти: доктор технічних наук, професор Кузнецов Тимофій Федорович;

доктор технічних наук, професор Босов Аркадій Аркадійович.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Тартаковський Едуард Даавидович;

доктор технічних наук, професор Голубенко Олександр Леонідович;

доктор технічних наук, професор Данович Віктор Данилович.

Провідна організація: Інститут технічної механіки  
Національної академії наук України

Захист відбудеться "21" березня 1997 р. в 14 годин на засіданні спеціалізованої Ради Д 114.07.01 при Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту за адресою: Україна, 320700, Дніпропетровськ, вул. Академіка Лазаряна, 2, ДІІТ, ауд. 224.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту

миках, що завірені  
ваної Ради.

20 1997 р.

Л. В. ПЕТРОВИЧ

НТБ  
ДНУЗТ

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ, АКТУАЛЬНОСТІ І СТУПЕНІ ДОСЛІДЖЕНОСТІ ТЕМАТИКИ

5926a

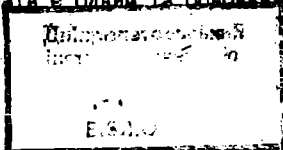
Значну частину маневрової роботи на залізниці і основну роботу відносно перевезення вантажів на промисловому залізничному транспорті здійснюють тепловози з гідродинамічною передачею. Крім значної різниці в умовах експлуатації, особливості конструкції силової установки, що включає дизель та гідропередачу, не дозволяє проводити випробовування з оцінкою технічного стану без розробки методів та засобів для їх проведення. Разом з тим, досвід експлуатації тепловозів з електричною передачею показує, що ефективним засобом забезпечення надійності та економічності тепловозів в експлуатації є проведення навантажувальних (реостатних) випробовувань їх силових установок з використанням методів та засобів технічного діагностування.

На тепловозах з гідродинамічною передачею через особливості конструкції силової установки такі випробовування не проводяться, що призводить до зниження фактичного ресурсу вузлів та деталей і погіршення техніко-економічних показників.

Значний розкид техніко-економічних показників, який часто досягає значних величин, при існуючій системі технічного обслуговування та поточного ремонту (ТО та ПР) вказує на незадовільний рівень системи утримання локомотивів. Цим і обумовлена необхідність організації і впровадження систем діагностування тепловозів для оцінки якості проведення ТО та ПР, а також проведення відповідного ремонту з урахуванням їх технічного стану.

Як відмічено у наказі Української М 187Ц від 19.12.95 року, нині не знаходять широкого використання засоби діагностування локомотивів і, як наслідок, проведення ТО та ПР за їх фактичним станом. Разом з тим, старіння парку локомотивів призводить до додаткових трудових та матеріальних витрат для підтримання працездатності локомотивів, що відпрацювали свій ресурс.

Таким чином, впровадження методів та засобів випробовування та діагностування тепловозів є одним із основних фак-



НТБ  
ДНУЗТ

торів, які дозволяють підвищити їх надійність та економічність, а також зменшити витрати на ТО та РР.

Використання в системах діагностування автоматизованих комплексів дозволяє змінювати процес контролю, номенклатуру та набір контрольованих параметрів, програми перевірок та пошуку несправностей, що значно зменшує витрати на проведення діагностування.

Розробка і впровадження системи ТО та РР з урахуванням результатів діагностування можуть бути успішно виконані тільки на основі наукового обґрунтування організації роботи систем діагностування та їх практичного забезпечення.

### **МЕТА І ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Розробка теоретичних основ роботи автоматизованої системи діагностування локомотивів для вибору раціональної системи утримання з урахуванням їх технічного стану, створення методів та засобів випробовування і контролю тепловозів з гідродинамічною передачею для підвищення надійності в експлуатації і зменшення витрат на ТО та РР.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі основні задачі:

1. Провести аналіз умов експлуатації та ремонту маневрово-промислових локомотивів, а також оцінку їх експлуатаційної надійності.

2. Розробити методи та засоби для проведення випробовування і діагностування тепловозів з гідропередачею.

3. Розробити теоретичні основи вибору і розрахунку системи утримання та діагностування локомотивів.

4. Розробити методику і програмне забезпечення для розрахунку роботи системи діагностування.

5. Розробити комплекс методик та алгоритмів діагностування вузлів і агрегатів контролепридатних тепловозів з гідропередачею.

6. Узагальнити досвід створення, результати випробовувань та експлуатації контролепридатних тепловозів.

НТБ  
ДНУЗТ

## ОБГРУНТУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ І ПРАКТИЧНОЇ ЦІННОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ І НАУКОВОЇ НОВИЗНИ

Теоретичну цінність дисертаційної роботи складають науково-теоретичні основи вибору раціональної системи утримання локомотивів з урахуванням їх технічного стану, розрахунку ефективної організації роботи систем діагностування і методи їх вирішення, методика оцінки впливу системи діагностування локомотивів на систему їх утримання.

Практична цінність роботи складається з розробки методу навантажувальних випробовувань і створення станції для проведення післяремонтних та діагностичних випробовувань тепловозів з гідродинамічною передачею.

1. Результати і рекомендації виконаної роботи дозволяють підвищити надійність та економічність тепловозів з гідродинамічною передачею в умовах експлуатації.

2. Отримані при багаторічних спостереженнях характеристики надійності вузлів та агрегатів тепловозів дозволяють оцінювати якість капітальних ремонтів та використовуються для вдосконалення їх конструкції та технології ремонту.

3. Розроблений метод навантаження силової установки тепловозів з гідропередачею дозволяє проводити їх післяремонтні та діагностичні випробовування на всіх режимах роботи дизеля і допоміжного обладнання.

4. Розроблені опособи визначення ефективної потужності дизеля на тепловозі дозволяють оцінювати його технічний стан, а також проводити угодження характеристик дизеля і гідропередачі, що підвищує економічність роботи силової установки.

5. Впропонована методика для оцінки технічного стану дизеля по нерівномірності обертання колінчастого валу, яка дозволяє виявляти циліндри з порушеним робочим процесом.

6. Використання методики вибору діагностичних параметрів дозволило розробити алгоритми діагностування тепловозу, його систем і агрегатів, який використовується на випробувальній станції.

7. Розроблена методика прогнозування змін діагностичних параметрів в залежності від тривалості експлуатації теп-

НТБ  
ДНУЗТ

ловозу може використовуватися для визначення залишкового ресурсу вузлів та деталей.

8. Розроблена інформаційно-діагностична система випробовувань, що включає ЕОМ, пристрої перетворення і посилення сигналів від датчиків, які не мають нормованого вихідного сигналу, що дозволяє проводити реєстрацію діагностичних параметрів і здійснювати їх контроль при проведенні випробовувань з допомогою приладів на пульті станції.

Розроблені і виготовлені перетворювачі дозволяють використовувати при діагностуванні штатні тепловосені датчики.

9. Запропоновані математичні моделі систем утримання локомотивів дозволяють проводити вибір найбільш ефективного варіанту системи ТО та ПР з урахуванням їх технічного стану.

10. Використання методів для розрахунку організації роботи систем діагностування дозволило визначити періоди проведення діагностичних перевірок та оцінити ступінь завантаження пункту діагностики.

11. Розроблені методи для розрахунків систем діагностування при різних вихідних даних можуть використовуватися для організації роботи як стаціонарних, так і бортових систем діагностування.

12. Розроблений комплекс методик, алгоритмів діагностування та додаткові пристрої контролю дозволили здійснити заходи для Лодизівського тепловозобудівного заводу для створення контролепридатних тепловозів.

13. Результати випробовувань контролепридатних тепловозів ТГМБА М2500 і ТГМБВ М0108 та досвід їх експлуатації дозволили:

одержати значення діагностичних параметрів та межі їх зміни;

- одержати залежності змін окремих діагностичних параметрів дизеля від тривалості експлуатації тепловозів.

Порівняльна оцінка надійності контролепридатних тепловозів показала, що внаслідок впровадження системи випробовування і діагностування середня кількість відказів вузлів та агрегатів в залежності від тривалості експлуатації зменшилась більше ніж в два рази.

НТБ  
ДНУЗТ

Наукова новизна. 1. Сукупність розроблених у дисертації наукових положень і отриманих результатів є теоретичним узагальненням і практичним вирішенням наукової проблеми, що має важливе народногосподарське значення і зв'язана з вибором періодичної системи утримання локомотивів, створенням автоматизованої системи післяремонтних та діагностичних випробувань тепловозів з гідропередачею.

2. Розроблені нові та узагальнені існуючі методи випробування тепловозів з гідропередачею. Розкриті та проаналізовані режими роботи гідротрансформаторів при проведенні випробувань, що дозволило використати їх властивості для навантаження дизеля безпосередньо на тепловозі.

3. Розроблені способи визначення ефективної потужності дизеля на тепловозі, які дозволяють оцінювати технічний стан силової установки і уявляти характеристики дизеля та гідропередачі.

4. Розроблені методика, алгоритм та програма оцінки технічного стану дизеля по нерівномірності обертання колінчастого валу.

5. При створенні інформаційно-діагностичної системи розроблені методика, алгоритм та програма визначення оптимального часу опитання датчиків та контролю діагностичної інформації.

6. Розроблені наукові основи вибору системи утримання локомотивів з урахуванням їх технічного стану. Запропоновані математичні моделі, які дозволяють вибирати найбільш ефективний варіант системи ТО та ПР.

7. Розроблені теоретичні основи розрахунку раціональної організації роботи систем діагностування (СД), що включають:

- методику розрахунку СД з максимальною достовірністю отриманої інформації;
- методику розрахунку СД з мінімізацією збитків від несвоєчасного отримання інформації;
- методику розрахунку СД при наявності пріоритетних елементів;
- методику розрахунку СД з мінімальною ентронією об'єкту;
- методику оцінки впливу СД на систему утримання локо-

НТБ  
ДНУЗТ

мотивів.

8. Запропоновано метод параметризації частковосепарабельних задач оптимізації роботи СД.

9. Розроблені алгоритм та програма розрахунку організації роботи СД тепловозів.

### **РІВЕНЬ РЕАЛІЗАЦІЇ, ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВИХ РОЗРОБОК**

Основні розробки, отримані автором при виконанні науково-дослідних робіт згідно з цілевою програмою 0.13.05 пункт 7 "Розробити і впровадити універсальну автоматизовану систему технічної діагностики (СТД) тепловозів, що вміщує вмонтований на тепловозі та стаціонарний пристрій", яка затверджена постановою ДКНТ СРСР МЗО1 від 15.07.1982 р., а також у науково-дослідних роботах, що виконані для Лодиновського тепловозобудівного заводу, № Транспортного Управління міністерства чорної металургії України, Дніпровського металургійного комбінату, ЦПКТБтраночермету, Калузького машинобудівного заводу.

Результати роботи використовуються Калузьким машинобудівним і Лодиновським тепловозобудівним заводами, Дніпровським металургійним комбінатом, Всесоюзним науково-дослідним тепловозним інститутом, Головним Управлінням промислового залізничного транспорту СРСР, Транспортним Управлінням мінчермету України, ЦПКТБтраночерметом.

Основні результати теоретичних і експериментальних досліджень відображені у програмах навчальних курсів "Локомотиви промислового транспорту", "Основні надійності рухомого складу", "Основні технічної діагностики рухомого складу", курсових та дипломних проєктах за фахом "Локомотиви" у Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту.

### **АПРОВАДІЯ ТА ПУБЛІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ, СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Основні результати дисертаційної роботи доповідались на галузевій нараді з якості ремонту тепловозів Мінчермету СРСР

НТБ  
ДНУЗТ



(м. Кутва, 1981), Всесоюзній науково-технічній конференції "Создание и техническое обслуживание локомотивов большой мощности (м. Луганськ, 1985), республіканській школі передового досвіду підприємств Мінчермету України "Организация технического обслуживания и текущих ремонтов тепловозов и подвижного состава (м. Кривий Ріг, 1986), Всесоюзній науково-практичній конференції за участю фахівців соціалістичних держав "Проблемы повышения надежности и безопасности технических средств железнодорожного транспорта" (м. Москва, 1988), республіканській конференції "Техническая диагностика и повышение надежности средств транспорта" (м. Ташкент, 1988), Всесоюзній конференції "Проблемы механики железнодорожного транспорта. Повышение надежности и совершенствование конструкции подвижного состава" (м. Дніпропетровськ, 1988), Всесоюзній 3-й конференції "Проблемы развития локомотивостроения (м. Луганськ, 1990), 8-й Всесоюзній конференції "Проблемы механики железнодорожного транспорта" (м. Дніпропетровськ, 1992), 1-й Міжнародній конференції "Автоматизация проектирования и производства изделий в машиностроении", (Compro-96)" (м. Луганськ, 1996), IX-й Міжнародній конференції "Проблемы механики железнодорожного транспорта" (м. Дніпропетровськ, 1996), а також на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту (м. Дніпропетровськ, 1986-1996).

По темі дисертації опубліковано 36 наукових робіт, з тому числі 1 авторське свідоцтво і 19 звітів з науково-дослідних робіт, що пройшли державну реєстрацію.

**Обсяг та структура дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаної літератури, який включає 201 найменування, 7 доповнень. Рукопис містить 375 сторінок, у т.ч. 227 сторінок основного тексту, 15 таблиць, 62 малюнки, а також доповнення на 47 сторінках.

НТБ  
ДНУЗТ

**ДЕКЛАРАЦІЯ КОНКРЕТНОГО ОСОБИСТОГО ВНЕСКУ ДИСЕРТАНТА У  
РОЗРОБКУ НОВИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ, ЩО ВНОСЯТЬСЯ НА ЗАХИСТ**

У дисертаційній роботі особисто автором отримано такі найбільш значні теоретичні, практичні та наукові результати, що виносяться на захист:

1. Теоретичні основи вибору системи утримання локомотивів з урахуванням їх технічного стану у вигляді математичних моделей, які дозволяють на основі недовігнаної за Парето множини, вибирати найбільш ефективний варіант періодичної системи ТО та ПР.

2. Теоретичні основи розрахунку раціональної організації роботи систем діагностування, які включають комплекс задач, що дозволяють з різними вихідними даними отримувати їх характеристики. Запропоновані методи розрахунків можуть використовуватися як для стаціонарних, так і для бортових систем діагностування.

3. Методика оцінки впливу системи діагностування на систему утримування локомотивів.

4. Спосіб проведення випробовувань тепловозів з гідропередачею з навантаженням силової установки, який дозволяє оцінювати її технічний стан в усьому діапазоні зміни потужності.

5. Нові способи визначення ефективної потужності дизеля на тепловозі з гідропередачею.

6. Передані промовою конструктивні рішення, схеми та дослідні графіки для створення випробувальної станції, обладнаної інформаційно-діагностичною системою, засобами вимірювання та перетворення інформації, методики проведення випробовувань, алгоритми та програми діагностування.

7. Нові дані розрахунково-теоретичних та експериментальних досліджень для отворення контролепридатних тепловозів та результати їх експлуатації.

НТБ  
ДНУЗТ

## ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГІЇ, МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТА І ОБ'ЄКТА

Методологічною основою дослідження, яка визначає його структуру та організацію, є концепція цілісного системного підходу до вирішення важливої народногосподарської проблеми підвищення надійності та ефективності використання тепловозів з гідropередачею, що передбачає впровадження автоматизованої системи їх випробовування та діагностування для переходу до системи утримання локомотивів за їх технічним станом.

Теоретична частина дисертації базується на класичній теорії надійності та діагностики технічних об'єктів.

Експериментальна частина роботи ґрунтується з натурних експериментів у лабораторних, стендових та експлуатаційних умовах, при проведенні яких використовуються методи планування та обробки результатів експерименту, числового аналізу та математичної статистики.

Достовірність наукових результатів, які отримані в дисертації, підтверджується задовільною збіжністю розрахункових та експериментальних даних, що обумовлені відповідністю прийнятих припущень характерові вирішуваних задач, обґрунтованим вибором випробовувального обладнання, виміральної апаратури та методів обробки інформації.

### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ, ЩО ВИПЛИВАЮТЬ З НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

У вступі показано актуальність теми дисертації, подано загальну характеристику роботи, окреслено коло вирішуваних питань та сформульовані основні напрямки вирішення проблеми.

Перший розділ присвячено аналізу умов експлуатації та ремонту маневрових тепловозів, приведена порівняльна характеристика надійності нових тепловозів та після капітального ремонту. Проведено короткий огляд методів діагностичних та післяремонтних випробовувань тепловозів. Перераховані основні задачі дослідження та послідовність їх вирішення.

Показано, що в локомотивних депо промислових

НТБ  
ДНУЗТ

підприємств найбільш поширено використовуються тепловози з гідродинамічною передачею. Умови їх роботи суттєво відрізняються від умов експлуатації тепловозів на залізничній колії України.

При виконанні маневрової роботи дизелі тепловозів працюють при частій зміні режиму. Проведені дослідження режимів роботи тепловозів на Криворізькому металургійному комбінаті показали, що режим тяги здійснюється переважно на пусковому гідротрансформаторі, дизель працює на 1-5 положеннях контролера машиніста з перевагою холостого ходу. Використання потужності дизелів тепловозів у режимі тяги не перевищує 15-20%. У середньому через кожні 5 секунд роботи змінюється положення контролера машиніста.

Часта зміна режиму роботи дизеля викликає неякісне горіння палива у циліндрах, що призводить до відкладення нагару на внутрішній поверхні корпусу, соплових та робочих лопатках турбіни, що значно погіршує робочий процес дизеля. Таким чином, експериментально підтверджена необхідність проведення діагностичних випробовувань тепловозів з гідродинамічною передачею з навантаженням їх силових установок.

Локомотивні депо промислових підприємств характеризуються недостатньо розвинутою ремонтною базою, що призводить до значних простоїв локомотивів на ремонті і великій його вартості.

Проведений аналіз тривалості перебування тепловозів серій ТГМ і ТГВ (усіх індексів) на ремонті через відкази їх агрегатів та систем показав, що у залежності від характеру відказу тривалість простою на ремонті змінюється від 20 до 460 годин і більше.

Для оцінки надійності тепловозів з гідропередачею протягом до 15 років проводиться збір статистичної інформації про відкази тепловозів серій ТГМ і ТГВ (усіх індексів), що експлуатуються на підприємствах міністерства Транспорту та низці підприємств промислового залізничного транспорту.

Систематизація відказів та пошкоджень тепловозів проводилась за спеціально розробленою класифікаційною схемою, що збудована за принципом поділу складних систем на підсистеми та елементи. Використання в схемі числових та буквених

НТБ  
ДНУЗТ

індексів дозволило проводити обчислення інформації на ЕСМ з використанням розробленої системи управління базою даних (СУЕД) "Тепловоз".

Аналіз інформації, отриманої при обробці статистичних даних про роботу більше 100 тепловозів (при оцінці надійності дизелів), та більше 200 тепловозів (при оцінці надійності гірпосередач) показав, що надійність вузлів після проведення капітального ремонту погіршилась порівняно з до-ремонтним періодом. Наприклад, середній наробіток до першого відказу дизелів 211Д-1(Д2) тепловозів серії ТТМ до капітального ремонту (КР) складає 8800 годин, а після КР - 4500 годин.

Контроль технічного стану до чи після проведення ТО та ПР здійснюється, як правило, за результатами зовнішнього огляду та з використанням приладів, які установлені на пульті в кабіні машиніста та дизельному приміщенні. Для пошуку несправностей використовують переносні прилади, які тимчасово встановлюють на локомотиві.

Такий підхід при оцінці технічного стану локомотивів приводить до значних витрат при виконанні перевірок на ТО та ПР, що обумовлено високою вартістю окремих перевірок і низькою достовірністю контролю.

Суттєвий розкид техніко-економічних показників тепловозів з умовах локомотивних депо промислових підприємств досягає значних величин, що вказує на незадовільний рівень проведення ТО та ПР. Це й обумовлює необхідність впровадження методів та засобів технічного діагностування тепловозів для оцінки їх технічного стану з метою підвищення їх надійності, економічності і зменшення витрат на ТО та ПР, а також переходу до системи утримання за їх технічним станом.

Для зменшення витрат на пошук несправностей доцільно використовувати автоматизовані системи контролю, що обумовлює необхідність створення контролепридатних тепловозів, які обладнаються спеціальними місцями для швидкого підключення вимірних приладів та датчиків.

Дослідження, що виконані у ВНДІЗТ, МІІТІ, ВНДТІ, ХІІТІ, РІІЗТІ, ПромтрансДІпроект, ДІІТІ та інших під керівництвом Е.О. Пахомова, В.Д. Кузьмича, І.Ф. Семічастного, Ю.П. Трес-

НТБ  
ДНУЗТ

кова, В.В. Стрекопитова, І.Ф. Пушкарьова, Е.Д. Тартаковського, В.М. Кашнікова, Р.Д. Забеліна, А.П. Бедана, В.М. Тверітіна, Ю.І. Лапотнікова, Т.Ф. Кузянцова, А.А. Босова, В.А. Федорця, М.Л. Коротенко та інших, присвячені питанню підвищення надійності та поліпшення ефективності роботи тепловозів з гідравлічною передачею, а також дослідження по підвищенню ефективності магістральних локомотивів, що виконані під керівництвом Є.П. Блохіна, О.І. Володіна, О.Д. Глушенка, А.В. Горського, О.Л. Голубенка, В.Д. Дановича, І.П. Ісаєва, Є.Є. Косова, В.Д. Кармінського, М.М. Лукова, Ю.О. Магнітського, Н.О. Манашкіна, М.О. Малозьомова, Є.С. Павловича, В.П. Парамзіна, Е.А. Четвергова, А.А. Чернякова та інших підтверджують необхідність впровадження в систему ТО та ПР методів та засобів їх діагностування.

В роботі показано, що основою створення систем випробовування та діагностування тепловозів з гідропередачею є розробка способу проведення випробовування з навантаженням силової установки та використання автоматизованої системи, яка включає датчики для збору первинної інформації, пристроїв перетворення та посилення сигналів, а також спеціалізовану ЕОМ, здатну логічно обробляти отриману інформацію та видавати достовірні результати контролю.

При впровадженні методів та засобів автоматизованого контролю технічного стану тепловозів виникає проблема організації роботи систем діагностування. Вирішення цієї проблеми може здійснюватися на основі наукового обґрунтування та технічного забезпечення систем випробовування і діагностування тепловозів.

Другий розділ присвячений діагностичним випробовуванням тепловозів з гідропередачею. Розглядаються питання вибору методу навантаження силової установки тепловозу і визначення ефективної потужності дизеля, запропоновані методики вибору діагностичних параметрів, визначення межі та прогнозування їх зміни. Приводиться інформаційно-діагностична система випробовувань тепловозів з гідропередачею, методика визначення часу опитання датчиків та контролю поступаючої інформації, а також розробка пристроїв перетворення та посилення сигналів. Запропоновано варіант випробовувальної станції та вибрано

необхідне обладнання.

Для розробки метода навантаження силової установки тепловозу з гідропередачею, проведено аналіз характеристик гідротрансформатора, що використовується для створення навантаження дизеля.

Перевірка характеристик силової установки проводилась шляхом навантаження дизеля у режимах "стопу" і "вибігу" турбінного колеса гідротрансформатора.

Внаслідок експериментальних досліджень, проведених на тепловозах ТГМ4 і ТГМБ4, визначені і побудовані параболи навантаження на всіх положеннях контролера машиніста, що дозволило отримати характеристики узагодженої роботи дизеля і передачі назованих тепловозів. Встановлено, що режим "вибігу" турбінного колеса пускового гідротрансформатора за умов механічної міцності деталей і температурному режиму найбільш сприятливий і дозволяє проводити реєстрацію діагностичних параметрів не тільки дизеля, а і гідропередачі. Запропонований спосіб випробовування силової установки тепловозу з гідропередачею є основою створення випробовувальних станцій для цих тепловозів.

Для оцінки параметрів узагодженої роботи дизеля і гідропередачі необхідно знати потужність дизеля. Для її визначення розроблено кілька способів.

Перший спосіб визначення потужності дизеля базується на його короткочасному навантаженні гідротрансформатором і виміру частоти обертання колінчастого валу дизеля та тиску наддуву з контролем температури масла гідропередачі.

Другий спосіб визначення потужності дизеля базується на обчисленні коефіцієнта моменту насосного колеса при роботі силової установки у режимі "вибігу".

Третій спосіб визначення потужності дизеля базується на використанні рівняння теплового балансу шляхом визначення кількості тепла, еквівалентного ефективній потужності дизеля при навантаженні його гідротрансформатором.

Четвертий спосіб визначення потужності дизеля базується на контролі при проведенні випробовувань тиску та температури масла у колі циркуляції пускового гідротрансформатора.

П'ятий спосіб визначення потужності дизеля базується на

НТБ  
ДНУЗТ

реєстрації при проведенні випробовувань показників робочого процесу дизеля та визначення його потужності по формулі.

$$P_e = \frac{t_r^{CP} \cdot n_d^3}{526.6} \cdot a \cdot k_p \cdot \rho \quad (1)$$

де  $t_r^{CP}$  - середня температура випускних газів в циліндрах дизеля, °C;

$n_d$  - частота обертання колінчастого валу дизеля,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$a$  - коефіцієнт потужності;

$\rho = \rho_n^e / \rho_n^п$  - коефіцієнт, враховуючий зміну тиску наддувочного повітря в умовах експлуатації у порівнянні з його паспортним значенням;

$k_p = p_{зср}^e / p_{зср}^п$  - коефіцієнт, враховуючий зміну середнього максимального тиску згорання палива в циліндрах дизеля в умовах експлуатації у порівнянні з його паспортним значенням;

Всі запропоновані способи визначення потужності дизеля перевірені при проведенні випробовувань на стенді Людківського тепловозобудівного заводу та в умовах експлуатації при проведенні випробовувань контролепридатних тепловозів. Перший спосіб визначення ефективної потужності дизеля захищений авторським свідоцтвом.

Вибір діагностичних параметрів для контролю технічного стану вузлів та агрегатів тепловозів здійснювався на основі теоретичних і експериментальних досліджень шляхом складення функціональних моделей об'єкта діагностування.

Вибір набору діагностичних параметрів, контроль яких дає припустиму кількість інформації про стан об'єкту, здійснювався на основі модифікованого алгоритму і.м. Синдеева.

Для кількісної оцінки технічного стану вузлів та агрегатів тепловозів за результатами виміру поточних значень діагностичних параметрів в період експлуатації, необхідно знати діагностичні нормативи. При порівнянні поточних значень діагностичних параметрів з нормативними приймається рішення про технічний стан тепловозу (справний, несправний),

НТБ  
ДНУЗТ



або дається рекомендація про проведення ремонту чи необхідного регулювання.

У роботі запропонована методика визначення допускових значень діагностичних параметрів, яка дозволяє встановлювати нормативи їх зміни при проведенні випробовувань.

Проведений аналіз процесів зміни технічного стану локомотивів показав, що відхилення параметрів в залежності від наробітку необхідно апроксимувати випадковою функцією, яку слід розглядати як монотонну функцію в інтервалі від нуля до граничного відхилення параметру.

Періодичні вимірювання діагностичних параметрів контролерів тепловозів в умовах їх тривалої експлуатації дозволили отримати закономірності зміни параметрів, які характеризують робочий процес дизеля у вигляді полинома другого ступеня.

Для прогнозування безперервних значень параметру  $Z(t)$  в період  $[t + \tau]$  використовується вираз

$$Z(t + \tau) = 3 Z(t) - 3 Z(t - \tau) + Z(t - 2\tau). \quad (2)$$

де  $\tau$  - інтервали між сусідніми вимірюваннями діагностичних параметрів.

Рішення про працездатність вузла чи агрегата локомотива в майбутньому приймається після порівняння обчисленого значення  $Z(t + \tau)$  з граничним  $Z_{\text{пр}}$ .

Для вимірювання та реєстрації діагностичних параметрів при проведенні діагностичних випробовувань тепловозів розроблена автоматизована інформаційно-діагностична система (ІДС), яка збудована з використанням ЕОМ, що дозволяє змінювати номенклатуру і об'єм контролюваних параметрів, а також програми перевірок.

Одною з основних причин, що затримують розвиток засобів діагностування на залізничному транспорті, є відсутність універсальних датчиків для виміру фізичних величин в умовах їх роботи на локомотиві, а також засобів угодження локомотивних датчиків з пристроями обробки інформації. Тому ІДС розроблена з умовою використання штатних датчиків, які встановлені на тепловозі, а також датчиків, встановлених на інших



5926a

передбачено конструкцією вузлів та агрегатів тепловозу. Крім цього, при виконанні досліджень розроблені, виготовлені та перевірені в умовах експлуатації спеціальні датчики з перетворювачами для вимірювання нерівномірності обертання колінчастого валу двигеля, датчик положення голки форсунки та ряд інших.

При проведенні досліджень в локомотивному депо Дніпровського металургійного комбінату спроектована та збудована випробовувальна станція для проведення післяремонтних і діагностичних випробовувань та випробовувань при здаванні та прийнятті тепловозів з гідропередачею.

Обладнання випробовувальної станції включає ЕОМ для реєстрації, обробки та порівняння результатів діагностування, а також комплекс приладів та засобів для забезпечення роботи силової установки тепловозу при її навантаженні та контролі технічного стану вузлів і агрегатів.

Для ефективної роботи ІДС розроблена методика визначення оптимального часу опитання датчиків, яка дозволяє вимірювати діагностичні параметри з великою частотою спектру реєстрованих процесів, а також запропоновано алгоритми контролю інформації, яка надходить.

В третьому розділі приведені теоретичні основи та розрахунок раціональної системи утримання та діагностування локомотивів.

В роботі розглянуті можливі варіанти математичних моделей систем утримання локомотивів з метою вибору раціональної системи утримання з урахуванням їх технічного стану

Під системою утримання будемо розуміти послідовність

$$\{ \tau_{ij}, x_{ij} \}, j = 1, 2, \dots; i = 1, m, \quad (3)$$

де  $\tau_{ij}$  - наробіток, після якого виконується  $j$ -а перевірка  $i$ -го елемента;

$x_{ij}$  - наробіток, після якого в обов'язковому порядку виконується  $j$ -й за чергою ремонт  $i$ -го елемента;

$m$  - кількість елементів локомотива.

Якщо ввести нескінченні мірні вектори

НТБ  
ДНУЗТ

$$\begin{aligned} T_i &= (t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ij}, \dots) \\ X_i &= (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, \dots), \end{aligned} \quad (4)$$

тоді система утримання буде являти собою сукупність пар

$$\{T_i, X_i\}, i = \overline{1, m}.$$

Відзначимо, що введена таким чином система утримання при  $T_i > \infty$ , вироджується в планову систему.

При достатньо великому наробітку  $X_i > \infty$  маємо систему утримання тільки по стану, а при  $T_i < \infty$  та  $X_i < \infty$  одержимо змішану систему утримання.

Для вибору системи утримання локомотивів оформлюємо принцип оптимальності систем.

Будемо вважати, що система утримання  $\{T^1_i, X^1_i\}$  краще системи утримання  $\{T^{11}_i, X^{11}_i\}$ , якщо:

1. Витрати коштів при упровадженні системи  $\{T^1_i, X^1_i\}$  менші, ніж витрати при упровадженні системи  $\{T^{11}_i, X^{11}_i\}$ .

2. Коефіцієнт готовності локомотива при системі  $\{T^1_i, X^1_i\}$  більше, ніж при системі  $\{T^{11}_i, X^{11}_i\}$ .

Позначимо через  $Z = Z(\{T_i, X_i\})$  - витрати коштів на одиницю наробітку локомотива при упровадженні вибраної системи утримання  $\{T_i, X_i\}$ ,  $i = \overline{1, m}$ , а через  $K = K(\{T_i, X_i\})$  - коефіцієнт готовності при цій же системі утримання.

Набір будь-яких систем утримання локомотивів позначимо через  $\Omega$ , тоді

$$\begin{aligned} \Omega = \{ \{T_i, X_i\}^{m_{i-1}} : T_i > 0; X_i > 0; t_{ij} < t_{ij+1}; \\ x_{ij} < x_{ij+1}, i = \overline{1, m}, j = 1, 2, \dots \}. \end{aligned} \quad (5)$$

Систему утримання  $\{T_i, X_i\}^{m_{i-1}} \in \Omega$  будемо називати ефективною, якщо відхилення від цієї системи приводить до збільшення витрат  $Z$ , або до зменшення коефіцієнта готовності  $K$ , чи до збільшення  $Z$  та зменшення  $K$  одночасно.

Таким чином, задача вибору системи утримання локомо-

НТБ  
ДНУЗТ

тивів буде полягати в тому, щоб визначити таку множину  $\Omega^* \subset \Omega$ , кожен елемент якої є ефективна система утримання.

Позначимо затрати коштів на одиницю наробітку через  $u_1 = -Z$ , а коефіцієнт готовності через  $u_2 = K$ , тоді принцип оптимальності можна описати бінарним відношенням Парето, що визначається співвідношенням

$$\{\tau^1_i, X^1_i\} P \{\tau^{11}_i, X^{11}_i\} \Leftrightarrow \begin{cases} u_1(\{\tau^1_i, X^1_i\}) > u_1(\{\tau^{11}_i, X^{11}_i\}) \\ u_2(\{\tau^1_i, X^1_i\}) > u_2(\{\tau^{11}_i, X^{11}_i\}) \end{cases} \quad (6)$$

Отже, безліч ефективних систем утримання  $\Omega^*$  являє  $\Omega^P$  незрівняних по Парето систем утримання.

Таким чином, в математичному плані задача вибору ефективної системи утримання звелась до класичної задачі побудови недомінантної по Парето множини  $\Omega^P \subset \Omega$ .

Систему утримання будемо називати періодичною, якщо мають місце такі співвідношення

$$\tau_{i,j} = j\tau_i, \quad j=1,2,\dots; \quad \tau_i > 0, \quad i=\overline{1,m}; \quad (7)$$

$$x_{i,j} = jx_i, \quad j=1,2,\dots; \quad x_i > 0, \quad i=\overline{1,m+1,2m}.$$

Тут  $\tau_i$  - період по наробітку, через який виконується перевірка стану  $i$ -го елемента локомотива, а  $x_i$  - період по наробітку, з яким  $i$ -й елемент обов'язково проходить плановий ремонт.

Таким чином, задавши  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m, x_1, x_2, \dots, x_m$ , визначаємо періодичну систему утримання.

Множина альтернатив  $\Omega$  представляє  $E^{++}_{2m}$  - Евклидовий простір розмірності  $2m$ , але тільки позитивних компонент, які не дорівнюють нулю.

Вектор показників  $u$  буде деякою функцією від перемінних  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m, x_1, x_2, \dots, x_m$  і відношення, яке формалізує принцип оптимальності систем утримання локомотивів, запишеться у вигляді

НТБ  
ДНУЗТ

$$(\tau_1^1 \dots \tau_m^1, x_1^1 \dots x_m^1) P (\tau_1^{11} \dots \tau_m^{11}, x_1^{11} \dots x_m^{11}) \text{ —}$$

$$\{ u (\tau_1^1 \dots \tau_m^1, x_1^1 \dots x_m^1) > u (\tau_1^{11} \dots \tau_m^{11}, x_1^{11} \dots x_m^{11}) \}.$$

( 8 )

Таким чином має місце відображення

$$u : E^{++}_{2m} \rightarrow E_n. \quad ( 9 )$$

Нехай  $X \subset E_n$  є образ  $E^{++}_{2m}$  при відображенні  $u$ , тобто  $X = u (E^{++}_{2m})$  і на множині  $X$  визначено відношенням Парето  $P$ .

Застосовно до нашої задачі маємо

$$u_1 (\tau_1 \dots \tau_m, x_1 \dots x_m) \rightarrow \min;$$

$$u_2 (\tau_1 \dots \tau_m, x_1 \dots x_m) \rightarrow \min,$$

( 10 )

при умові

$$(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m, x_1, x_2, \dots, x_m) \in E^{++}_{2m}.$$

Цю задачу будемо розглядати як задачу побудування множини Парето.

В математичному плані ця задача сформулюється так:

необхідно знайти такі  $x_* \in G \subset E_{2m}$ , щоб функції  $u_1 = f_1(x)$  та  $u_2 = f_2(x)$ , були якомога менші.

Задача  $\tilde{A}$ :

$$\begin{aligned} f_1(x) &\rightarrow \min ; \\ f_2(x) &\rightarrow \min ; \\ x &\in G. \end{aligned} \quad ( 11 )$$

Відношення Парето визначимо таким чином

$$x^1 P x^{11} \leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} f_1(x^1) < f_1(x^{11}) \\ f_2(x^1) < f_2(x^{11}) \end{array} \right\} \quad ( 12 )$$

НТБ  
ДНУЗТ

причому, принаймі в одній нерівності має місце суворе нерівність.

З задачею  $\tilde{A}$  зв'язуємо дві задачі на умовний екстремум:

Задача  $\tilde{A}_1$ :

$$\begin{aligned} f_1(x) &= \min ; \\ f_2(x) &= t_2 ; \quad x \in G. \end{aligned} \quad (13)$$

Задача  $\tilde{A}_2$ :

$$\begin{aligned} f_1(x) &= t_1 ; \\ f_2(x) &= \min ; \quad x \in G. \end{aligned} \quad (14)$$

В цих задачах числа  $t_1$  та  $t_2$  довільні, але такі, що  $X_1(t_2)$  та  $X_2(t_2)$  - рішення задач  $\tilde{A}_1$  та  $\tilde{A}_2$  відповідно, є не пусті множини.

Визначення: Пари чисел  $(t_1, t_2)$  називаються узгодженими, якщо має місце  $X_1(t_2) = X_2(t_1)$ .

Позначимо через  $X(t_1, t_2) = X_1(t_2) = X_2(t_1)$ , а через  $T$  - набір узгоджених пар  $(t_1, t_2)$ .

Теорема: Множина Парето може бути представлена у вигляді

$$G^P = \bigcup_{(t_1, t_2) \in T} X(t_1, t_2). \quad (16)$$

Ця теорема дає можливість конструктивної побудови множини Парето  $G^P$  через рішення задач  $\tilde{A}_1$  та  $\tilde{A}_2$ , що являють собою задачі на умовний екстремум.

При проведенні діагностування локомотивів та переході до системи утримання по їх стану, дуже важливою є задача раціональної організації роботи систем діагностування, яка включає в себе комплекс питань по визначенню періодів проведення діагностичних перевірок, зайнятості пунктів діагностування, достовірності інформації і таке інше.

В роботі розглянуті питання побудови системи утримання локомотивів з урахуванням їх технічного стану, який визначається за результатами діагностування.

Нехай локомотив складається з  $m$  елементів, про які відомо середній наробіток до відказу, або середнє число змін стану  $i$ -го елемента за одиницю часу  $\lambda_i, i=1, m$ .

НТБ  
ДНУЗТ

Завантаження ІДС проведенням безпосередньо діагностуванням  $\rho_0$  повинно бути  $\rho_0 < 1$ , тому що необхідно враховувати час на власні потреби системи.

Позначимо через  $\tau_i$  - періодичність опитування  $i$ -го елементу, а через  $t_i$  - час зайнятості пункта діагностування опитуванням  $i$ -го елементу. Тоді, якщо взяти достатньо великий інтервал тривалості роботи елементів локомотива  $T$ , то зайнятість пункта діагностування визначимо по формулі

$$T_{\text{зан}} = \sum_{i=1}^m t_i \left[ \frac{T}{\tau_i} \right], \quad (16)$$

а зайнятість (завантаження) ІДС опитуванням датчиків буде

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{T_{\text{зан}}}{T} = \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{\tau_i}, \quad (17)$$

при цьому необхідно виконувати умову, щоб завантаження ІДС не перевищувало наперед заданої величини, тобто

$$\sum_{i=1}^m \frac{t_i}{\tau_i} < \rho, \quad (18)$$

де  $\rho$  - задане завантаження ІДС.

Якщо на момент перевірки  $i$ -й елемент був працездатним,

то з імовірністю

$$P_i = e^{-\lambda_i \tau_i},$$

він буде справним і на наступному інтервалі довжини  $\tau_i$ ,

тоді

$$\prod_{i=1}^m e^{-\lambda_i \tau_i} = e^{-\left(\sum_{i=1}^m \lambda_i \tau_i\right)} \quad (19)$$

є імовірність того, що при заданих  $\tau_i$ ,  $i=1, m$ , ми маємо вигідну інформацію про стан локомотива.

Для рішення задачі вибору раціональної періодичності

НТБ  
ДНУЗТ

діагностування та організації роботи пунктів діагностики, необхідно, щоб імовірність, яка представлена виразом (19), була б максимальною, а це еквівалентно тому, щоб затребувати мінімуму функції

$$i = \sum_{i=1}^m \lambda_i \tau_i \rightarrow \min. \quad (20)$$

При цьому виникає задача визначення таких  $\tau_i$ ,  $i=\overline{1,m}$ , щоб виконувалась умова (18), а функція (20) приймала б мінімальне значення. Ця задача при різних вихідних даних розпадається на декілька багатомірних задач, що являють широкий клас екстремальних задач, в яких потрібно знайти значення параметрів або функцій, які реалізують максимум або мінімум деякої величини, що залежить від них.

При знаходженні максимумів та мінімумів функцій багатьох перемінних одержують складну систему рівнянь, рішення яких чисельними методами утруднено або неможливо. Тому виникла необхідність вибору такого методу рішення, який би дозволив авести багатомірну задачу до кінцевої послідовності одимірних.

Для рішення поставленої задачі застосовується метод параметризації з використанням множників Лагранжа.

У роботі приведені рішення таких задач:

**1. Задача А** - передбачає визначення періодів проведення діагностичних перевірок з максимальною достовірністю отриманої інформації. Задача може використовуватися на початковому стані розробки як отаціонарних, так і бортових систем діагностування для оцінки достовірності контролю вузлів та агрегатів локомотивів.

**2. Задача Р** - передбачає визначення періодів проведення діагностичних перевірок з урахуванням заданої достовірності для пріоритетних елементів та максимальною достовірністю для інших. Задача може використовуватися як для отаціонарних, так і бортових систем діагностування.

До пріоритетних можуть бути віднесені ті елементи, наслідок відказів яких може бути надто значний, або елементи від яких, наприклад, залежить безпека руху.

НТБ  
ДНУЗТ



3. Задача Н - передбачає визначення періодів проведення діагностичних перевірок з урахуванням мінімальної невизначеності технічного стану (ентропії) контролюваних вузлів. Задача може використовуватися для рішення питань організації роботи систем діагностування у випадку, коли не можливо віддати перевагу якомусь з елементів і разом з цим, невизначеність технічного стану об'єкту при цьому повинна бути мінімальною.

Використання цієї задачі доцільно також, наприклад, на стадії проектування об'єкту, коли відсутні економічні або інші показники.

4. Задача С - передбачає визначення періодів проведення діагностичних перевірок з мінімальними збитками від несвочасного одержання інформації.

Заотосування рішення цієї задачі для організації роботи бортової системи технічного контролю стану вузлів та деталей дозволяє визначати періодичність контролю елементів з урахуванням економічних критеріїв.

В роботі приведено алгоритми та числове рішення задачі С на прикладі уніфікованої гідропередачі тепловозів ТГМ4 та ТГМ6 (усіх індексів). Одержані раціональні періоди діагностування вузлів гідропередачі та характеристики пункту діагностування.

Для врахування впливу діагностування на систему утримання локомотивів використовується його  $\lambda$ -характеристика, яка являє собою імовірність того, що локомотив відмовить на відрізку наробітку  $[t, \Delta t + t]$ , при умові, що на відрізку  $[0, t]$  відкаву не було

$$\lambda(t, \Delta t + t) = \lambda_0(t) \Delta t + O(\Delta t). \quad (21)$$

При цьому  $\lambda_0(t) \gg 0$ ,  $t \gg 0$  приймаємо як основу характеристику локомотива.

Допустимо, після наробітку  $t_1$  система діагностування відправляє локомотив в експлуатацію, тоді його  $\lambda$ -характеристика буде  $\lambda_0(t), t_1 \leq t$ , а імовірність цієї події позначимо через  $P(A_1)$ . У випадку, коли система діагностування направляє локомотив у ремонт, його  $\lambda$ -характеристика буде дорівнювати  $\lambda_1(t)$ , з імовірністю  $P(B_1)$ . Очікувана  $\lambda$ -характеристика локо-

НТБ  
ДНУЗТ

мотива після першого діагностування буде

$$\bar{\lambda}_1(t) = \lambda_0(t) P(A_1) + \lambda_1(t) P(B_1). \quad (22)$$

Обчислимо імовірність події  $P(A_1)$ , де  $A_1$  подія, яка заключається в тому, що після першого діагностування локомотив буде відправлено в експлуатацію. Ця подія може мати два виходи:

1) за наробіток  $[0, t_1]$  локомотив не відказав і при діагностуванні з імовірністю  $(1-\alpha)$  це підтвердилося;

2) за наробіток  $[0, t_1]$  локомотив погіршив свою здатність виконувати задані функції і при діагностуванні з імовірністю  $\beta$  це не виявлено.

Тоді

$$P(A_1) = (1-\alpha) P_0(0, t_1) + \beta(1 - P_0(0, t_1)), \quad (23)$$

де

$$P_0(0, t_1) = P_0(0, 0) \exp \left\{ \int_0^{t_1} \lambda_0(t) dt \right\} - \text{імовірність}$$

того, що локомотив за наробіток  $[0, t_1]$  не загубив здатність виконувати задані функції;

$P_0(0, 0)$  - імовірність того, що на початку експлуатації локомотив за своїми здібностями виконує задані функції задовольняє вимогам нормативно-технічної документації.

Аналогічно визначимо імовірність  $P(B_1)$

$$P(B_1) = \alpha P_0(0, t_1) + (1-\beta)(1 - P_0(0, t_1)). \quad (24)$$

Вирази ( 22 24 ) дозволяють оцінити вплив системи діагностування після проведення першої перевірки, проте перед цим необхідно визначити  $\lambda(t)$  за формулою

$$\lambda_1(t) = R_{t_1}^{\Delta V_1} \lambda_0(t), \quad (25)$$

де  $R_{t_1}^{V_1}$  оператор ремонту, який є математичною моделлю оцінки впливу ремонту в об'ємі  $V_1$  після наро-

НТБ  
ДНУЗТ

бітку  $t_1$  на  $\lambda$ -характеристичну.

Продовжуючи по індукції, одержимо

$$\bar{\lambda}_k(t) = \bar{\lambda}_{k-1}(t) P(A_k) + P(B_k) R_{t_k}^{v_k} \bar{\lambda}_{k-1}(t), \quad (26)$$

$$t_k < t < t_{k+1},$$

де

$$\left. \begin{aligned} P(A_k) &= (1-\alpha) P_0(0, t_k) + \beta(1- P_0(0, t_k)) \\ P(B_k) &= \alpha P_0(0, t_k) + (1-\beta)(1- P_0(0, t_k)). \\ P_0(0, t_k) &= P_0(0, t_{k-1}) \exp \left\{ - \int_{t_{k-1}}^{t_k} \bar{\lambda}_{k-1}(t) dt \right\} \end{aligned} \right\}. \quad (27)$$

Вирази (21-27) дозволяють вирішити задачу оцінки впливу системи діагностування та утримання на надійність локомотиву.

В четвертому розділі приведена методика і алгоритм діагностування контролепридатних тепловозів серії ТГМБ-А, виключачі методики діагностування дизеля, гідропередачі та допоміжних систем.

При розробці методик і алгоритмів діагностування контролепридатних тепловозів з УТП враховані результати багаторічних досліджень їх надійності, умов експлуатації та режимів роботи, а також розробки, виконані на замовлення локомотивних депо підприємств промислового залізничного транспорту України та СМД, які направлені на підвищення надійності окремих вузлів тепловозів.

Випробовування контролепридатного тепловозу на випробувальній станції, обладнаній ІДС, проводилося в локомотивному депо Дніпровського металургійного комбінату за участю представників Людинівського тепловозобудівного заводу, Дііту та локомотивного депо.

Для одержання та обробки діагностичної інформації про стан вузлів та агрегатів тепловозів з гідродинамічною передачею, розроблено алгоритм роботи ІДС, який дозволяє автоматизувати процес проведення випробовувань.

Програма складається з окремих підпрограм, які викону-

НТБ  
ДНУЗТ

ють такі функції:

1. Вимірювання та аналіз величини напруги, яка живить вимірювальні ланцюги та ланцюги управління тепловозом.
2. Визначення режиму роботи тепловозу.
3. Регістрація параметрів дизеля, яка включає в себе:
  - 3.1. Вимірювання тиску робочих рідин.
  - 3.2. Вимірювання температури вузлів і робочих рідин.
  - 3.3. Визначення нерівномірності обертання колінчастого валу дизеля.
  - 3.4. Обчислення потужності дизеля.
  - 3.5. Вимірювання кута випередження подачі палива.
  - 3.6. Визначення температури газів у циліндрах дизеля.
4. Вимірювання швидкостей обертання колінчастого валу дизеля, турбінного валу гідропередачі, ротора турбокомпресора.
5. Вимірювання параметрів гідропередачі.
6. Видача протоколу випробовувань.

В програмі вимірювання та реєстрації параметрів передбачено алгоритм контролю, який дозволяє визначити, наскільки правдоподібна інформація, що надходить в ІДС з тепловозу. Програма також дозволяє коректувати виникаючі помилки, фіксувати технічний стан датчиків, а також ураховувати збої при роботі обладнання.

В роботі проводиться методика оцінки технічного стану дизеля по нерівномірності обертання колінчастого валу, яка дозволяє визначати циліндри з порушеним робочим процесом.

Для оцінки нерівномірності обертання колінчастого валу дизеля в ІДС передбачено вимірювання миттєвої окружної швидкості обертання вінцевої шестерні колінчастого валу протягом шести повних обертів з наступною програмною обробкою результатів вимірювання.

Такий підхід до рішення цієї задачі дозволяє визначити нерівномірність обертання колінчастого валу дизеля з високим ступенем точності, а можливі помилки та збої, коректувати програмним шляхом.

Крива нерівномірності обертання колінчастого валу дизеля, яка одержана в коді випробовувань, відображається на екрані монітора і подається у вигляді параметричного рівняння

НТБ  
ДНУЗТ

$$\left. \begin{aligned} x(u) &= \sum_{i=0}^m S_{i,x} B_{i,m}(u); \\ y(u) &= \sum_{i=0}^m S_{i,y} B_{i,m}(u). \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

де  $B_{i,m}(u)$  - поліноми Бернштейна.

$S_i$  - вектори вершин характеристичного багатокутника.

Це рівняння, на відміну від інших, достатньо зручне для проведення якісного аналізу кривої в інформаційно-діагностичних системах.

Для якісного аналізу кривих нерівномірності обертання колінчастого валу дизеля проводиться дослідження по визначенню схожості (різниці) між "еталонною" та одержаною кривою і внаслідок аналізу виявляється циліндри з порушеним робочим процесом.

При виконанні робіт по створенню систем випробовування та діагностування тепловозів з гідروпередачею розроблена "Програма-методика для проведення випробовувань тепловозів ТМБ-А з використанням інформаційно-діагностичної системи". Ця програма розроблена на основі технічного завдання з урахуванням вимог заводу-виробника тепловозів, тепловозоремонтних заводів та тепловозних депо, які виконують поточний ремонт в об'ємі ТРЗ.

В п'ятому розділі приводяться результати експлуатаційної перевірки діагностичних випробовувань та оцінка їх ефективності, методика та результати оцінки контролепридатності дослідних тепловозів.

Експлуатаційна перевірка основних розробок по створенню системи діагностичних випробовувань тепловозів з гідропередачею проводилась в декілька етапів.

На першому етапі було проведено комплекс досліджень щодо визначення надійності вузлів та деталей тепловозів, розроблено метод навантаження силової установки тепловоза з гідропередачею, проведена експериментальна перевірка вібрних рішень та виконано ескізний проект випробувальної станції.

НТБ  
ДНУЗТ

На другому етапі виконані дослідження з вибору діагностичних параметрів тепловозів, розроблені алгоритми діагностування їх вузлів та агрегатів, запропоновані та узгоджені технічні вимоги на виготовлення контролепридатних тепловозів, затверджено технічне завдання на апаратно-програмні засоби ІДС.

Третій етап досліджень зв'язаний з розробкою ІДС, пристроїв перетворення та посилення сигналів від датчиків, проведена оцінка можливості використання тепловозних датчиків, які не мають нормованого вихідного сигналу, виготовлені та випробовані додаткові датчики для діагностування дизеля та гідропередачі.

На четвертому етапі проведено комплекс робіт щодо створення та обладнання випробувальної станції в локомотивному депо Дніпровського металургійного комбінату (ДМК) та розробки програми-методики проведення випробовувань.

П'ятий етап досліджень присвячений проведенню випробовувань станції, яка обладнана ІДС, та контролепридатних тепловозів, які поступили після виготовлення в експлуатацію на ДМК.

Досвід роботи станції узагальнено та схвалено Транспортним Управлінням мінчермету України.

На основі розробок, виконаних ДІІТом разом з Людино-вським тепловозобудівним заводом, виготовлені контролепридатні тепловози серії ТГМБ-А №2500 та ТГМБ-В №0108. Після проведення серії випробовувань та накопичення дослідних даних, було необхідно провести аналіз пристосування названих тепловозів до діагностування з метою розробки пропозицій, направлених на удосконалення їх контролепридатності. Оцінка показників контролепридатності тепловозів серії ТГМБ проводилась на основі статистичної інформації, яка одержана в умовах експлуатації контролепридатних тепловозів ТГМБ-А №2500 та ТГМБ-В №0108, що експлуатуються в локомотивному цеху ДМК.

В роботі приведені результати розрахунків коефіцієнта та норматива контролепридатності, показники забезпечення типовими елементами, ступінь аручності діагностування та інші показники як в цілому для тепловозу, так і для його систем та агрегатів.

НТБ  
ДНУЗТ

Аналіз показників контролепридатності показує, що виготовлені заводом контролепридатні тепловози достатньо адамо пристосовані до проведення діагностичних операцій, що підтверджується високими значеннями ступеню зручності діагностування і показника забезпечення типовими елементами.

Разом з цим, для поліпшення контролепридатності тепловозів за результатами проведених досліджень розроблено ряд рекомендацій, які передачі заводу та ураховані при розробці технічних вимог до контролепридатності тепловозів з гідропередачами.

Ефективність контролю є мірою доцільності його застосування, тобто мірою цінності інформації, яку одержують при контролі, та залежить від достовірності контролю, продуктивності, ресурсу, вартості затрат на створення засобів контролю та його проведення.

Для кількісної оцінки ефективності проведення контролю прийнята відносна величина затрат. Результати оцінки ефективності контролю показали, що застосування ІДС для діагностування контролепридатних тепловозів в умовах депоз дозволяють вернути 83% збитків у порівнянні з ідеальною системою контролю, що повертає усі збитки.

Результати випробовувань контролепридатних тепловозів на випробовувальній станції, яка обладна ІДС, та досвід їх експлуатації дозволили:

- одержати залежності змін та середні значення діагностичних параметрів, а також межі їх змін для всього інтервалу роботи силової установки;
- одержати залежності змін окремих діагностичних параметрів дизеля від наробітку тепловозу, які можуть використовуватися для прогнозування їх змін та визначення залишкового ресурсу вузлів та агрегатів.

### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз умов експлуатації та ремонту тепловозів з гідропередачею, а також дослідження надійності їх вузлів та агрегатів показали, що від неадекватності методів та засобів оцінки їх технічного стану як при проведенні по-

НТБ  
ДНУЗТ

точних, так і капітальних ремонтів, техніко-економічні показники мають значний розкид.

2. Розроблена система управління базою даних "Тепловоз", яка дозволяє в діалоговому режимі організовувати нагромадження та обробку статистичної інформації про пошкодження вузлів та деталей тепловозів серій ТТМ4 та ТТМ6.

3. Розроблений метод проведення випробовування та діагностування тепловозів з гідروпередачею дозволяє проводити довготривале навантаження дизеля на тепловозі та оцінювати параметри спільної роботи системи "дизель-гідروпередача". Запропоновані способи визначення ефективної потужності дизеля та методика оцінки його технічного стану по нерівномірності обертання колінчастого валу, дозволяє виявляти циліндри з порушеним робочим процесом. Спосіб визначення ефективної потужності дизеля захищений авторським свідоцтвом.

4. Розроблена, створена та випробовувана в умовах експлуатації станція для проведення навантажувальних випробовувань тепловозів з гідروпередачею, що обладнана інформаційно-діагностичною системою (ІДС). Для підвищення ефективності роботи ІДС розроблена методика визначення оптимального часу опитання датчиків, яка дозволила вимірювати ряд діагностичних параметрів з великою частотою спектру реєстрованих процесів. Розроблено алгоритм контролю поступаючої в ІДС інформації, що дозволяє автоматизувати процес проведення випробовувань. Створені засоби перетворення та посилення сигналів датчиків дозволили використовувати для вимірювання діагностичних параметрів штатні тепловозні датчики, що значно скорочує витрати коштів та часу при створенні контролепридатних тепловозів та їх випробовуванні.

5. Запропонована методика вибору діагностичних параметрів, що базується на оцінці їх інформативності, яка дозволяє оптимізувати програму діагностування вузлів та агрегатів тепловозів. Для прогнозування зміни діагностичних параметрів розроблена методика, що дозволяє проводити оцінку параметрів в майбутньому, яку можна використовувати для визначення залишкового ресурсу вузлів та деталей.

6. Розроблені наукові основи вибору системи утримання

НТБ  
ДНУЗТ



локомотивів з урахуванням їх технічного стану. Запропоновані математичні моделі, що дозволяють на основі недомінуючої за Парето множини проводити вибір найбільш ефективного варіанту періодичної системи ТО та ПР.

7. Розроблені теоретичні основи розрахунку раціональної організації роботи систем діагностування, що включають:

- методику розрахунку СД з мінімізацією збитків від несвоєчасного отримання інформації;

- методику розрахунку СД з максимальною достовірністю отриманої інформації, яка дозволяє визначити характеристики СД при їх розробці;

- методику розрахунку СД при наявності пріоритетних елементів, яка дозволяє визначати характеристики СД, якщо на локомотиві виділяються елементи, відкази яких можуть впливати на безпеку руху, або можуть мати тяжкі наслідки;

- методику розрахунку СД з мінімізацією невизначеності технічного стану локомотива, яка дозволяє визначати характеристики СД, якщо відсутні економічні чи інші критерії.

Для вирішення задач оптимізації СД запропонований метод параметризації, який дозволяє зводити багатомірні задачі до кінцевої послідовності одновірних. Розроблена методика, що дозволяє проводити оцінку впливу СД на систему утримання локомотивів.

8. Розроблено програмний комплекс для вирішення задач організації роботи СД, збудований за багатомодульною схемою, який дозволяє отримувати періоди діагностування вузлів та агрегатів і ступінь завантаження пункту діагностування з мінімізацією збитків від несвоєчасного отримання інформації.

9. На основі теоретичних та експериментальних досліджень виконана оцінка та розроблені пропозиції для підвищення контролепридатності тепловозів з гідروпередачею, які включені у технічні вимоги на створення контролепридатних тепловозів Луганським тепловозобудівним заводом.

10. Створений комплекс методик діагностування вузлів, агрегатів та систем тепловоза дозволив розробити "Програму-методику для проведення випробовувань тепловозів серії ПТМБ з використанням інформаційно-діагностичної системи", яка використовується при проведенні випробовувань на

НТБ  
ДНУЗТ

станції.

11. Рішення важливої науково-технічної проблеми діагностичного забезпечення тепловозів з гідропередачею доведено до практичних результатів у вигляді:

- створення у локомотивному депо Дніпровського металургійного комбінату (ДМК) випробовувальної станції, яка обладнана ІДС;

- побудови Людинозьким тепловозобудівним заводом двох контролепридатних тепловозів серії ПМБ, які направлені для проведення випробовувань та дослідної експлуатації в локомотивне депо ДМК;

- випуску Центральним бюро науково-технічної інформації Міністерства України інформаційних бюлетенів з рекомендаціями для створення випробовувальної станції та вдосконалення контролю вузлів тепловозів з гідропередачею, що направлені у локомотивні депо галузі.

12. Результати випробовувань контролепридатних тепловозів та досвід їх експлуатації дозволили отримати середні значення та межі зміни діагностичних параметрів тепловозів, а також їх зміни у залежності від тривалості експлуатації. Порівняльна оцінка надійності контролепридатних тепловозів показала, що внаслідок впровадження системи їх випробовування та діагностування середня кількість відказів вузлів та агрегатів, у залежності від тривалості експлуатації, зменшилась більше ніж в два рази.

13. Теоретичні розробки, методики розрахунків та практичні рекомендації по створенню систем випробовування та діагностування тепловозів використовуються з навчальному процесі Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту.

14. Річний економічний ефект від впровадження в умови експлуатації систем випробовування та діагностування тепловозів з гідропередачею складає 13822 крб. на один тепловоз (у цінах 1990 року).

Основні положення дисертації опубліковані у наступних роботах:

1. Босов А.А., Боднар Б.Е. Метод расчета рациональной организации работы систем диагностирования локомоти-

НТБ  
ДНУЗТ

вов//Улучшение конструкции и обслуживания подвижного состава железных дорог: Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетр. госуд. техн. ун-т ж.-д. транспорта.-Днепропетровск.-1998,- С.63-67.

2. Боднарь Б.Е. Расчет работы системы диагностирования при минимальных убытках от невовремениого получения информации//Улучшение конструкции и обслуживания подвижного состава железных дорог: Межвуз. сб. научн. тр./Днепропетр. госуд. техн. ун-т ж.-д. транспорта.-Днепропетровск.-1998.- С.98-104.

3. Боднарь Б.Е. Динамическая модель изменения параметра технического состояния узлов локомотива//Ресурсосберегающие технологии бетонов в транспортном и гидротехническом строительстве, Выпуск 2. ресурсосберегающие технологии в транспортном и гидротехническом строительстве: Межвуз. сб. науч. тр./Днепропетр. госуд. техн. ун-т ж.-д. транспорта, Приднепровск. госуд. академия строительства и архитект.- Днепропетровск,-1998.- С.68-70.

4. Босов А.А., Боднарь Б.Е. Определение рациональных периодов диагностирования узлов тепловозов.//Межвуз. сб. трудов "Пути повышения надежности и экономичности тепловозов", ДНУТ, Днепропетровск, 1987.- С.39-44.

5. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Дячук В.М., Димаренко Е.М. Повышение эксплуатационной надежности тепловозов с гидравлической передачей//Повышение эффективности эксплуатации локомотивов и совершенствование их конструкции: Межвуз. сб. тр.-Ростов на-Дону, 1988,- С.28-28.

6. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Дячук В.М., Капица М.И. Чабанюк В.И. Испытательная станция для тепловозов с гидравлической передачей: Инф. сборник Черная металлургия, 1989, №3, С.67-68.

7. Боднарь Б.Е., Капица М.И. К определению энергетических параметров тепловозов с гидропередачей//Системы и узлы перспективных тепловозов: Сб. науч. тр./Киев: УМК ВО, 1981.-С.16-18.

8. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Капица М.И. Определение мощности дизелей тепловозов с гидропередачей//Пути повышения надежности и экономичности тепловозов: Межвуз. сб. науч.

НТБ  
ДНУЗТ

тр./ДИИТ.- Днепропетровск.-1991.- С.16-18.

9. Боднар Б.Е., Капица М.И., Колодий М.И. Проверка согласования характеристик дизеля и гидротрансмиссии тепловозов серии ТГМЗА//Пути повышения надежности и экономичности тепловозов: Межвуз. сб. науч. тр./ДИИТ.- Днепропетровск.-1991.- С.18-22.

10. Кузнецов Т.Ф., Боднар Б.Е., Капица М.И. Методика оценки диагностических параметров локомотивов//Техническое содержание и использование подвижного состава: Межвуз. сб. науч. тр./ДИИТ.- Днепропетровск.-1994.- С.53-55.

11. Боднар Б.Е. К определению оптимального времени опроса датчиков в информационно-диагностической системе//Повышение надежности эксплуатации и ремонта локомотивов: Межвуз. сб. тр./ ДИИТ.- Днепропетровск.- 1990.- С.14-16.

12. Боднар Б.Е. Об опыте эксплуатации контролепригодных тепловозов с гидротрансмиссией //Вестник Металлургтранса.- М.: 1996.- № 3.- с.21-22.

13. Боднар Б.Е., Кузнецов Т.Ф., Капица М.И., Ляшук В.М. Исследование движения валов гидротрансмиссии при свободном вращении.//Межвуз. сб. трудов "Пути повышения надежности и экономичности тепловозов", ДИИТ, Днепропетровск, 1987.- С.56-61.

14. Боднар Б.Е. Прибор для регистрации режимов работы тепловозов// Промышленный транспорт.- М.: 1982.- №4.- с.20.

15. Боднар Б.Е. Исследование дизелей тепловозов ТГМЗА//Промышл. транспорт.-М.:1983.-№5.-с.21.

16. Кузнецов Т.Ф., Боднар Б.Е., Ляшук В.М., Левковский Н.Ф. Контроль работоспособности откачивающего насоса гидротрансмиссии УТП750-1200ПР. - Днепропетровск, 1986 - 4с.- (Инф. ЦЕНТИ Минчермета СССР; №3-86).

17. Кузнецов Т.Ф., Боднар Б.Е., Ляшук В.М. Станция для испытания тепловозов с гидравлической передачей.-Днепропетровск,1986.-4 с.- (Инф.ЦЕНТИ Минчермета СССР; №4-86).

18. А.С. 1497477 (СССР) Способ определения мощности дизеля/ Боднар Б.Е., Кузнецов Т.Ф., Федоренко В.А., Лось В.В., 1989.

19. Боднар Б.Е., Капица М.И., Кузнецов Т.Ф., Ляшук В.М. Оценка эксплуатационной надежности дизелей ЗА-6Д49 и

НТБ  
ДНУЗТ

211-Д2(Д1)/ Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп.- Днепропетровск, 1986.- 260. - Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 9.07.86, №3581-ж.д.

20. Боднарь Б.Е., Кузнецов Т.Ф., Колодий Л.В., Ляшук В.М. Анализ эксплуатационной надежности унифицированной гидравлической передачи УТП 750-1200ПР/ Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп.- Днепропетровск, 1986.-15 с.-Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 28.02.86, №3471 -ж.д.

21. Боднарь Б.Е., Воскобойник Э.З., Кузнецов Т.Ф., Нечаев Е.Г. Определение нагрузочных показателей гидропередатчиков тепловозов/ Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп.- Днепропетровск, 1986.-7с.- Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 1.12.86, №3793-ж.д.

22. Боднарь Б.Е. Определение диагностических параметров унифицированной гидравлической передачи тепловозов/Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп. Днепропетровск, 1986.- 15с.-Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 1.12.86. №3794-ж.д.

23. Босов А.А., Боднарь Б.Е. Определение оптимальных периодов диагностирования узлов тепловозов/Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп.- Днепропетровск, 1986.- 7с.- Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 1.12.86, №3792 -ж.д.

24. Боднарь Б.Е., Капица М.И., Кузнецов Т.Ф. и др. Оценка состояния цилиндро-поршневой группы и топливной аппаратуры дизеля по неравномерности вращения коленчатого вала./Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп.-Днепропетровск, 1989.- С.17.Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 30.06.89, №4722.

25. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Ляшук В.М., Капица М.И. Чабанюк В.И. Прибор для определения механических примесей в работающем масле/ Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп.-Днепропетровск, 1989.- С.3 - Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 30.06.89, №4726-ж.д.

26. Боднарь Б.Е. Влияние диагностирования на эксплуатационную надежность локомотивов/Днепропетр. гос. техн. ун-т. ж.-д. транспорта.-Днепропетровск, 1986.- 8 с.Деп. в ГНТЕ Украины 01.02.86, № 411-Ук 86.

27. Босов А.А., Боднарь Б.Е. Математическое моделирование рациональной организации работы систем диагностирования технических объектов/Днепропетр. гос. техн. ун-т. ж.-д. транспорта.- Днепропетровск, 1986.-23 с.-Деп. в ГНТЕ Украины 01.02.86, № 410-Ук 86.

НТБ  
ДНУЗТ

28. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Лимаренко Е.М. Нагрузочные испытания тепловозов с гидравлической передачей//Создание и техническое обслуживание локомотивов большой мощности:Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф./"Ворошиловград, 21-23 мая 1985.- Ворошиловград, 1985.- С.67.

29. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Ляшук В.М., Чабанюк В.И. Повышение надежности локомотивов методами технической диагностики//Тез. докл. Всесоюз. конф."Проблемы механики железнодорожного транспорта". Повышение надежности и совершенствование конструкций подвижного состава., Днепропетровск, 1986.- С.156-157.

30. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Ляшук В.М., Калица М.И., Чабанюк В.И. Информационно-диагностическая система испытания тепловозов с гидродинамической передачей //Тез. докл. Всесоюз. научн.-практ. конф. с участием спец. соц. стран "Проблемы повышения надежности и безопасности технических средств ж.д. транспорта/Москва 7-9 июня 1988.- М.: 1988.- С.91-92.

31. Боднарь Б.Е., Ляшук В.М., Калица М.И., Чабанюк В.И. Информационно-диагностическая система испытания тепловозов с гидродинамической передачей //Тез. докл. и вист. участников республ. конф. "Техническая диагностика и повышение надежности средств транспорта", Ташкент, 1988.- С.11.

32. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Калица М.И. Оценка энергетических показателей тепловозов с гидropередачей при отендовых испытаниях//Тез. докл. 3 Всесоюз. конф. "Проблемы развития локомотивостроения".-Луганск, 1990.-С.161.

33. Боднарь Б.Е., Кузнецов Т.Ф., Ляшук В.М. и др. Система диагностических испытаний маневрово-промышленных тепловозов//Тез. докл. 8-й конф. Проблемы механики ж.д. транспорта.- Днепропетровск.- 1992.- С.101-102.

34. Боднарь Б.Е., Босов А.А. Определение характеристик бортовой системы диагностирования локомотивов// Автоматизация проектирования и производства изделий в машиностроении систем: Тез. докл. 1-й международной научно-технической конференции "Остриго-96", Луганск, 14-17 мая 1996 г.- Луганск, 1996.- С.203.

35. Боднарь Б.Е., Кузнецов Т.Ф., Ляшук В.М., Калица М.И. Опыт создания и эксплуатации контролепригодных тепलो-

гов с гидропередачей //Тези.допов. 1X Міжнарод. конф. "Проблеми механіки залізничного транспорту" (Дніпропетровськ, 29-31 травня 1996 р.).- Дніпропетровськ, 1996.- С.193.

36. Болднар В.Е. Организация работы систем диагностирования локомотивов//Тези.допов. 1X Міжнарод. конф. "Проблеми механіки залізничного транспорту" (Дніпропетровськ, 29-31 травня 1996 р.).- Дніпропетровськ, 1996.- С.192.

#### А Н Н О Т А Ц И Я

Болднар В.Е. Теоретические основы, опыт создания систем испытания и диагностирования тепловозов с гидродинамической передачей.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов. Днепропетровский гос. техн. ун-т ж.д. транспорта. Днепропетровск, 1996.

На защиту вынесены теоретические основы работы автоматизированных систем диагностирования локомотивов для выбора рациональной системы содержания с учетом их технического состояния, результаты экспериментальных исследований по созданию контролепригодных тепловозов с гидропередачей, автоматизированной системы их испытания и диагностирования, изложенные в 36 научных работах, в том числе 1 авторское свидетельство. Установлено, что внедрение разработок повышает надежность тепловозов в эксплуатации более чем в два раза. Осуществлено промышленное внедрение разработок.

#### A B S T R A C T

Bodnar B.E. Theoretical basics, an attempt of creating systems of testing and probing of diesel lokomotives with hydrodynamic gearing.

Dissertation for the acquirement of the degree of Doctor of Technical Scieces in speciality 05.22.07 Railway Rolling Stock and Train Traction. Dnepropetrovsk State Technical University of Railway Transport, Dnepropetrovsk, 1996.

The following theses are submitted for the presentati-

НТБ  
ДНУЗТ

on: theoretical basics of automatized systems of probing of locomotives in order to choose the optimum system of keeping with due regard their technical condition, the results of experimental research on building of the control-sensable locomotives with hydrogearing, automatized systems of their testing and probing. These are set forth in 36 research papers including 1 patent.

It has been proved that instillation of the laboration made increases the reliability of locomotives more than two times. The industrial instillation the results of the work has been carried out.

Ключові слова: автоматизована система випробовування та діагностування, тепловози, гідропередаток, утримачки за станом.

БОДНАР Борис Євгенович

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ, ДОСВІД СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ВИПРОБОВУВАННЯ  
ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕПЛОВОЗІВ З ГІДРОДИНАМІЧНОЮ ПЕРЕДАЧОЮ

05.22.07 - Рухомий склад залізниць  
та тяга поїздів

*Б. Боднар* -

---

Підписано до друку 4.12.96 р. Формат 60х84 1/16

Папір для розмножувальних апаратів. Друк офсетний.

Ум. друк. арк. 2.0. Обл.- вид. арк. 2.0. Зам. \_\_\_\_\_

Тираж 120 примірників. Безкоштовно.

---

Адреса дільниці оперативної поліграфії  
320700, м.Дніпропетровськ, 10, вул. Академіка Лебарева.