

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ імені ак. В.Лазаряна

ОЧКАСОВ ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ

УДК 629.42.054.004.58-192

УДОСКОНАЛЕННЯ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОВОЗА

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2005

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, Міністерства транспорту України

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор Боднар Борис Євгенович, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна Міністерства транспорту України, кафедра „Локомотиви”, зав. кафедрою

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор Тартаковський Едуард Давидович, Українська державна академія залізничного транспорту Міністерства транспорту України, кафедра „Експлуатація та ремонт рухомого складу”, зав. кафедрою

- кандидат технічних наук, доцент Ляшук Віталій Михайлович, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна Міністерства транспорту України, кафедра „Енергопостачання залізниць”, доцент

Провідна установа - Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра „Залізничний транспорт” Міністерства освіти і науки України (м. Луганськ)

Захист відбудеться 17.06.2005 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д08.820.02

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. ак.Лазаряна 2.
Автореферат розісланий 17.05.2005 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Державна програма поліпшення роботи залізничного транспорту передбачає реструктуризацію залізничного транспорту, зокрема удосконалення системи технічного утримання локомотивів шляхом впровадження системи утримання з урахуванням їх технічного стану.

Запровадження технічного обслуговування і ремонту рухомого складу з урахуванням його фактичного технічного стану повинно ґрунтуватися на вичерпній і достовірній інформації про параметри обладнання кожного локомотива. Найефективнішим способом її отримання є технічне діагностування з використанням інформаційних вимірювальних систем, мікропроцесорної техніки, персональних ЕОМ і автоматизованих робочих місць. Запровадження в експлуатацію і в систему технічного обслуговування рухомого складу технічного діагностування обов'язково призведе до поліпшення показників надійності і зниження експлуатаційних витрат.

Аналіз розвитку діагностичних систем в Україні і за кордоном свідчить, що найефективнішими, з точки зору забезпечення переходу на ремонт рухомого складу з урахуванням його фактичного технічного стану, є бортові системи діагностування. Нові українські електровози обладнані бортовою системою діагностування. Підвищення ефективності засобів діагностування вимагає розробки нових методів і підходів до організації діагностування. Відсутність теоретичних розробок при створенні бортових систем діагностування є однією з причин перетворення цих систем на системи контролю і моніторингу, що спричиняє зменшення ефективності їх використання.

Одним із шляхів підвищення надійності локомотивів, збільшення часу їх роботи між відповідними видами ремонтів та підтримання на належному рівні техніко-економічних показників роботи локомотивів - є вдосконалення засобів і методів організації роботи систем діагностування.

У зв'язку цим задача підвищення ефективності бортових систем діагностування є важливою і актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана у відповідності з планами науково-дослідних робіт у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: держбюджетними темами „Розробка інформаційної системи аналізу показників надійності” (№ДР 0103U005113) та госпрозрахунковими темами „Розробка технічних вимог до системи діагностування електровозу ДСЗ” (№ДР 0101U006022), „Розробка і впровадження автоматизованої системи аналізу технічного стану електровозів і планування їх ремонту” (№ДР 0102U005867), які виконуються згідно з Державною програмою розвитку залізничного транспорту.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є вдосконалення бортових систем діагностування за рахунок раціональної організації їхньої роботи та розробки діагностичного забезпечення для підвищення надійності локомотивів в експлуатації.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати існуючі системи діагностування локомотивів, визначити вимоги до бортових систем діагностування локомотивів;
- виконати аналіз методів вибору діагностичних параметрів локомотивів з метою розробки діагностичного забезпечення бортових систем діагностування локомотивів;
- оцінити експлуатаційну надійність електровозів ДЕ1 і виявити вузли, які лімітують їх надійність;
- розробити методику вибору діагностичних параметрів і визначити перелік діагностичних параметрів (ДП) електровоза ДЕ1;
- розробити методику пошуку несправностей вузлів і електричних кіл електровоза ДЕ1;

- розробити методику, алгоритми і програми вибору діагностичних параметрів електровоза ДЕ1 та пошуку несправностей вузлів і електричних кіл;
- визначити раціональну періодичність опитування датчиків та оновлення інформації в бортовому модулі пам'яті;
- визначити технічні вимоги до апаратних засобів бортової системи діагностування електровоза ДЕ1;
- розробити схему систематизації і обробки діагностичної інформації;

Об'єктом дослідження є процес діагностування локомотивів.

Предметом дослідження є бортова система діагностування локомотивів.

Методи дослідження. У роботі використані такі методи:

- при обробці статистичних даних і моделюванні характеристик надійності застосовані методи математичної статистики, теорії надійності і теорії ймовірностей;
- при розробці теоретичних основ вибору діагностичних параметрів бортової системи діагностики використовувалися методи булевої алгебри, технічної діагностики, теорії множин і математичної статистики.

Достовірність і обґрунтованість отриманих у дисертації наукових положень і результатів зумовлені використанням сучасних методів математичного моделювання і теорії надійності, коректних допущень, узгодженістю результатів математичного моделювання і експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розвитку теоретичних основ діагностичного забезпечення та організації роботи бортових систем діагностування локомотивів, а саме вперше:

- запропоновано і теоретично обґрунтовано використання інформаційно-вагового критерію при побудові алгоритмів пошуку несправностей і виборі параметрів діагностування обладнання електровоза, що дозволило вдосконалити методику вибору діагностичних параметрів;
- запропоновано наукове обґрунтування визначення періодів опитування датчиків та термінів збереження діагностичної інформації, що дозволило вдосконалити організацію роботи бортової системи діагностування та підвищити ефективність її використання.

Практичне значення одержаних результатів у роботі становить діагностичне забезпечення бортової системи діагностування, основними складовими якого є:

- аналіз і характеристики експлуатаційної надійності вузлів і систем перших українських електровозів ДЕ1, які використовуються для визначення раціональної періодичності опитування датчиків і періодичності оновлення інформації про стан вузлів в модулі пам'яті бортової системи.
- інформаційна система для накопичення, обробки, отримання характеристик надійності і аналізу інформації про технічний стан вузлів і систем локомотивів;
- вагові коефіцієнти оцінки впливу відмов вузлів і апаратів електровозів ДЕ1 на пошук і усунення несправності, які використовуються при виборі діагностичних параметрів;
- набір діагностичних параметрів електричних кіл електровозу, який забезпечує пошук відмови і розпізнавання несправності в електричних колах;
- раціональні періоди опитування датчиків і періодичність оновлення інформації про стан вузлів у бортовому модулі пам'яті;
- алгоритми і програмне забезпечення вибору діагностичних параметрів;

Впровадження результатів роботи:

- теоретичні розробки використані при удосконаленні бортової системи діагностування електровоза ДЕ1 і розробці технічних вимог до бортової системи діагностування електровоза ДСЗ.

- програмне забезпечення АРМ „Надійність”, розроблене за участю автора, використовується Державним підприємством НВО „Електровозобудування” для систематизації і аналізу інформації по відмовах електровозів ДЕ1 з метою підвищення надійності електровозів і удосконалення конструкції їх вузлів, крім того АРМ „Надійність”

використовується в локомотивному депо Ніжньодніпровськ - вузол Придніпровської залізниці.

Особистий внесок здобувача у спільних публікаціях:

- запропоновано підхід до методів вибору діагностичних параметрів [1];
- запропонована методика вибору діагностичних параметрів та побудови алгоритмів пошуку відмов [2];
- запропоновано кількісну оцінку впливу відмови діагностуємого вузла проводити з використанням експертних оцінок [3];
- проведено аналіз надійності, запропонована технологія обробки та систематизації статистичної інформації про відмови локомотивів [5,8].
- запропоновано підходи до визначення періодичності опитування датчиків та збереження діагностичної інформації [6,7].
- розраховані характеристики надійності для вузлів і систем електровоза ДЕ1 [9].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідались на:

- X міжнародній конференції “Проблеми механіки залізничного транспорту”, ДПТ, 21-25 травня 2000 року.
- XIII міжнародній школі-семінарі “Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті”, Харків - Алушта, 11- 19 вересня 2000 року.
- XI міжнародній науково-технічній конференції „Проблеми розвитку рейкового транспорту”, Крим, Ялта, 24 – 28 вересня 2001 року.
- Міжнародній науково-технічній конференції „ Проблеми створення нових машин і технологій”, Кременчук, 21-22 травня 2002 року.
- II міжнародному форумі „Карпатський трамвай”, Львів, 27 – 30 липня 2002 року.
- XII міжнародній науково-технічній конференції „Проблеми розвитку рейкового транспорту”, Крим, Ялта, 23 – 27 вересня 2002 року.
- XIII міжнародній науково-технічній конференції „Проблеми розвитку рейкового транспорту”, Крим, Ялта, 22 – 26 вересня 2003 року.
- XIV міжнародній науково-технічній конференції „Проблеми розвитку рейкового транспорту” Крим, Ялта, 26 вересня – 02 жовтня 2004 року.

Дисертація повністю доповідалась 29 грудня 2004 року на засіданні міжкафедрального наукового семінару кафедр локомотиви, прикладна математика, автоматизований електропривод, Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна.

Публікації. На тему дисертації опубліковано 9 статей у виданнях, затверджених ВАК України, а також 3 тези доповідей на міжнародних конференціях.

Структура роботи: Дисертація складається із вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний об’єм дисертації складає 220 сторінок, в тому числі 132 сторінки тексту, 36 рисунків, 27 таблиць, список використаних джерел із 107 найменувань, що викладені на 7сторінках, 8 додатків на 58 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, сформульовані мета і задачі досліджень, відображена наукова новизна результатів і їх практичне значення. Приводяться відомості про апробацію і публікацію результатів дисертації.

У першому розділі проаналізовано розвиток і застосування систем та методів діагностування тягового рухомого складу (ТРС) в Україні і за кордоном.

У галузі локомотивного господарства одним з найважливіших напрямів досліджень є створення надійних і економічних в експлуатації і ремонті локомотивів. Підвищення їх надійності здійснюється шляхом подальшого вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту із застосуванням методів технічної діагностики.

Витрати на обслуговування і ремонт є одним з найважливіших експлуатаційних показників будь-якої технічної системи. Їх мінімізація в тих випадках, коли система є ремонтопридатною, практично неможлива без ефективного контролю стану системи.

Про необхідність впровадження діагностування в локомотивному господарстві свідчить і те, що прямі і непрямі витрати на контроль стану, наприклад для електровозів ЧС2, складають більше 54% усіх витрат на технічне обслуговування ТО-2, ТО-3 і поточний ремонт ПР-1, ПР-2 і ПР-3. Експлуатація локомотивів з недостатнім рівнем надійності призводить до того, що витрати на їх експлуатацію через 5-6 років перевищують вартість нових локомотивів. Система технічного обслуговування й ремонту рухомого складу будь-якого виду транспорту є важливим чинником транспортної індустрії. Відповідні витрати на обслуговування і ремонт як правило в 6-12 разів перевищують витрати на придбання транспортних засобів.

Економічний ефект від впровадження засобів технічного діагностування на залізничному транспорті зумовлений зниженням трудомісткості ремонту, економією енергоресурсів за рахунок виконання ремонту локомотивів з урахуванням їх фактичного стану, що дозволить виключити необґрунтоване розбирання агрегатів, що часто призводить до погіршення їх роботи, порушенню герметичності та приробітку їх складових частин і викликає інші дефекти.

Дослідження з розробки діагностичних систем провадять ЦНДІ ім.академіка А.Н.Крилова, акціонерне товариство "Віброакустичні Системи і Технології" (ВАСТ) м.Санкт-Петербурга, Акціонерне суспільство Промсервіс, НВК „Електровозобудування”, НВО Квант-Транспорт (м. Київ) і ін. НДІ і ВНЗ залізничного транспорту також працюють у цьому напрямі, це - ВНДІЗТі, МПТ, ДПТ, ХДАЗТ, ВНІТІ, ПГУПС, ОмГУПС, СамГУПС і інші вузи. Проводяться дослідження, направлені на підвищення надійності і економічності локомотивів за рахунок удосконалення системи ремонту і упровадження методів і засобів діагностики на рухомому складі. Значних здобутків в цій області досягли колективи під керівництвом Г.Ф. Верзакова, П.П. Пархоменка, А.В. Мозгалевського, А.В. Горського, В.В. Стрекопитова, І.Ф. Пушкарева, В.А. Четвергова, Е.С. Согомояна, Т.Ф. Кузнецова, Б.С. Боднара, А.А. Босова, Е.Д. Тартаковського, В.Д. Кузьміча, В.І. Кісельова, А.Д. Глуценка, В.Н. Кашникова, В.П. Феоктісова, А.Т. Осяєва та інших.

На залізничному транспорті засоби технічного діагностування розвиваються по трьох напрямках: стаціонарні діагностичні комплекси, портативні діагностичні прилади і бортові системи діагностування рухомого складу.

Найперспективнішим напрямом розвитку діагностичних засобів рухомого складу є вбудовані (бортові) системи діагностування локомотивів. Таке діагностування забезпечує якнайповнішу реалізацію технічного ресурсу вузлів і агрегатів локомотивів, запобігає аварійним відмовам, мінімізує експлуатаційні витрати на утримання локомотива, ефект від упровадження вбудованих засобів технічного діагностування може в 1,5-2 рази перевищити ефект від упровадження стаціонарних систем технічного діагностування. Упровадження вбудованих систем діагностування здійснюється в першу чергу по тих вузлах і агрегатах, технічний стан яких впливає на безпеку руху поїздів.

Аналіз літературних джерел, опублікованих в нашій країні і за кордоном, показав, що упровадження засобів і методів технічного діагностування є одним з основних чинників, що дозволяють підвищити рівень експлуатаційної надійності локомотивів і термін їх експлуатації, а також знизити витрати на технічне обслуговування і поточні ремонти. Запровадження засобів технічного діагностування на рухомому складі є першим кроком до переходу на систему ремонту рухомого складу з урахуванням його фактичного стану.

Сучасний рівень розвитку засобів обчислювальної техніки дозволяє широко використовувати автоматизовані системи управління локомотивами і контролю роботи їх систем і агрегатів на базі спеціалізованих ЕОМ, в яких бортові системи діагностування є системами нижнього рівня автоматизації і виконують збирання, обробку і аналіз інформації про технічний стан локомотива.

Аналіз робіт в області бортових систем діагностування локомотивів на Україні свідчить, що системи діагностування розробляються на підставі досвіду розробників подібних систем в інших галузях техніки без урахування специфіки залізничного транспорту. Основна частина існуючих бортових систем діагностування служить для контролю стану окремих вузлів або агрегатів локомотивів без узагальнення і аналізу інформації по мережі залізниць, без чого ефективність упровадження подібних систем значно знижується.

При запровадженні засобів і методів діагностування технічного стану локомотивів виникає проблема організації роботи системи діагностування, яка передбачає: вибір раціонального набору діагностичних параметрів, розробку алгоритмів пошуку несправності, визначення періодичності контролю вузлів. Вирішення цієї проблеми може бути здійснене на основі наукового обґрунтування і технічного забезпечення системи діагностування локомотивів.

Аналіз методик вибору діагностичних параметрів, проведений в роботі, свідчить, що більшість з цих методів можуть бути використані при розробці бортових систем діагностування локомотивів, проте необхідно переглядати критерії організації систем діагностування. Це стосується насамперед таких показників, як тривалість діагностування та інформативність ДП.

У другому розділі удосконаленні *теоретичні основи* діагностичного забезпечення бортових систем діагностування локомотивів. Запропоновано методи побудови діагностичних моделей, методи вибору діагностичних параметрів з урахуванням впливу відмов на можливість подальшої експлуатації електровоза, визначення періодів опитування датчиків та оновлення інформації в модулі пам'яті. Запропоновано в якості критерію при побудові алгоритму пошуку несправності використовувати інформаційно-ваговий критерій.

Розробка діагностичного забезпечення починається з побудови математичної моделі об'єкта діагностування (ОД) і її подальшого аналізу. Для аналізу технічного стану електричного устаткування локомотивів найбільш доцільно використовувати функціонально-логічну модель ОД.

При складанні моделі ОД його можна представити у вигляді “чорного ящика” який характеризується множиною вхідних сигналів $X(x_1, x_2 \dots x_n)$, множиною внутрішніх змінних $Y(y_1, y_2 \dots y_m)$ і множиною значень вихідних параметрів $Z(z_1, z_2 \dots z_k)$. Рівняння (1) є математичною моделлю справного об'єкту, що відображає взаємозв'язок вихідних параметрів Z від вхідних змінних X , початкового значення $Y_{поч}$, внутрішніх змінних і від часу t

$$z = \varphi(X, Y_{поч}, t) \quad (1)$$

Математичну модель ОД, яка реалізує залежність (1), можна представити в табличній формі, як таблицю функцій відмов (ТФВ).

Позначимо множину технічних станів об'єкту як E , в якій кожному несправному технічному стану ОД відповідає несправність s_i з множини несправностей S . Для будь-якої несправності з множини S існує хоча б одна елементарна перевірка π_j яка дозволяє розрізнити несправні стани попарно. У кожній клітці (i, j) , що знаходиться на перетині стовпця e_i і рядка π_j , вказується результат елементарної перевірки π_j технічного стану об'єкту який знаходиться в стані e_i .

При побудові таблиці функції несправності використовують правило (2)

$$R_j^i = \begin{cases} 1 & \text{об'єкт справний,} \\ 0 & \text{об'єкт несправний,} \end{cases} \quad (2)$$

де R_{ij} – результат елементарної перевірки π_j технічного об'єкту;

Для вибору мінімальної кількості перевірок використовується логічний метод вибору діагностичних ознак, представлений в роботі О.К.Дмитрієва. По ТФВ, згідно з правилом (3), будується матриця відмінностей B :

$$b_j^{ik} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } e_{ij} \neq e_{kj}; \\ 0, & \text{якщо } e_{ij} = e_{kj}; \end{cases} \quad (3)$$

$j=1, L \quad 1 \leq i < k \leq m,$

де i, k — номери рядків,

j — номер стовпця ТФВ.

$e_{i.}$ - технічний стан об'єкта.

Для визначення тупикових покриттів Π_t^* на підставі матриці відмінностей B складається функція алгебри логіки:

$$\Lambda = \bigwedge_{s \in (1, N)} (\bigvee \pi_j), \quad \pi_j \in \pi_s$$

де $\pi_s = \{ \pi_j \mid b_{sj} = 1 \}$ — множина стовпців матриці B , що мають на перетині з S_j рядком одиниці.

Застосування запропонованої методики, з використанням ТФВ об'єкту діагностування, дозволяє одержати набір множин контрольованих параметрів $Z_j \{z_1, z_2, \dots, z_i\}$, з яких необхідно вибрати одну множину, виходячи з вартісних критеріїв організації системи діагностування та впливу вузлів, що діагностуються, на можливість подальшої експлуатації локомотивів.

При розробці систем діагностування необхідно вибирати діагностичні параметри так, щоб діагностуванням були охоплені ті структурні одиниці, які істотним чином впливають на надійність і ремонтпридатність ОД.

Для визначення відносної ваги $B(\pi_i)$ відмови кожного елемента π_i об'єкту діагностування використовується вираз:

$$B(\pi_i) = \frac{T(\pi_i) \cdot (C(\pi_i) + Z(\pi_i)) \cdot \lambda(t)_i}{\sum_1^m (C(\pi_i) + Z(\pi_i)) \cdot \lambda(t)_i}$$

де m - число аналізованих структурних одиниць в моделі ОД;

$\lambda(t)_i$ - інтенсивність відмов i -ої структурної одиниці;

$C(\pi_i)$ - втрати у зв'язку з відмовою елемента π_i ;

$Z(\pi_i)$ - витрати на відновлення елемента π_i ;

$T(\pi_i)$ - коефіцієнт тяжкості наслідків відмови елемента π_i .

Коефіцієнти $T(\pi_i)$ тяжкості наслідків відмови повинні враховувати час пошуку несправності і ступінь впливу стану структурної одиниці, що відмовила, на можливість подальшої експлуатації ОД. Для визначення $T(\pi_i)$ використовується формула:

$$T(\pi_i) = K_n(\pi_i) + K_o(\pi_i),$$

де $K_n(\pi_i)$ - коефіцієнт, що враховує час пошуку несправності;

$K_o(\pi_i)$ - коефіцієнт, що враховує ступінь впливу стану структурної одиниці, що відмовила, на можливість подальшої експлуатації ОД.

Для визначення $K_n(\pi_i)$ і $K_o(\pi_i)$ у роботі використаний метод рангової кореляції. Одержані ранжировки використовуються для визначення набору ДП, який забезпечить контроль вузлів локомотивів з урахуванням відносної ваги відмов.

Для бортових систем діагностування вартість перевірок і витрати часу на їх реалізацію не є визначальними чинниками, оскільки витрати часу залежать лише від часу обробки сигналів датчиків, а вартості виконання перевірок закладені у вартість самої системи діагностування. Тому для бортових систем діагностування пропонується використовувати інформаційно-ваговий критерій

$$G(\pi_i) = \frac{I(\pi_i) \cdot (C(\pi_i) + 3(\pi_i)) \cdot \lambda(t)_i}{T(\pi_i) \cdot \sum_1^m ((C(\pi_i) + 3(\pi_i)) \cdot \lambda(t)_i)}$$

де $I(\pi_i)$ – кількість інформації, яка одержана при виконанні перевірки π_i ,
 m - число аналізованих структурних одиниць в моделі ОД;

Використовування інформаційно-вагового критерію при виборі ДП дозволить діагностувати в першу чергу ті структурні одиниці, які істотним чином впливають на надійність і працездатність об'єкту, а також забезпечить отримання максимального об'єму інформації про стан ОД, на кожному кроці пошуку несправності.

Кількість інформації при виконанні перевірки π_i у випадку двох значень результату перевірки (об'єкт справний результат перевірки дорівнює a , об'єкт несправний результат перевірки дорівнює b) визначається як:

$$I(\pi_i) = -\sum P(a) * \log_2 P(a) - \sum P(b) * \log_2 P(b)$$

де $P(a)$ — ймовірність результату перевірки рівного a ,

$P(b)$ — ймовірність результату перевірки рівного b .

Алгоритм пошуку відмови передбачає визначення всіх станів e_i , в яких може знаходитися об'єкт ($e_i \in E$) з урахуванням максимального значення інформаційно-вагового коефіцієнта $G(\pi_i)$.

Для оцінки надійності систем і вузлів використовується H - характеристика, яка є залежністю середньої кількості відмов від пробігу локомотива і будується на основі обробки статистичної інформації за допомогою інформаційної системи „Надійність”.

Для підвищення достовірності інформації, запропонована методика вибору періодичності опитування датчиків бортової системи діагностування, яка дозволяє одержати максимальну достовірність інформації про технічний стан ОД. Для подальшого використання діагностичної інформації запропонована методика визначення періоду її оновлення для пріоритетних вузлів, і для вузлів із заданим рівнем достовірності інформації.

Для бортових систем можна виділити два типи понять періодів діагностування:

“**діагностичні**” - періоди між опитуванням датчиків інформаційно-обчислювальним комплексом;

“**прогнозувальні**” – періоди часу, через який проводиться оновлення інформації про значення контрольованого параметра з метою прогнозування відмови.

У даній роботі використовуються теоретичні розробки, викладені в працях проф. Боднара Б.Є. і Босова А.А.. Рациональна періодичність опитування датчиків визначається шляхом вирішення задачі розрахунку роботи системи діагностування електровоза з максимальною достовірністю одержуваної інформації.

Поставлена задача сформульована таким чином: визначити періоди опитування датчиків τ_i ($i=1,m$), так щоб достовірність одержуваної інформації була максимальною, а завантаження діагностичного комплексу (ІДК) не перевершувало наперед заданої величини ρ і при цьому виконувалася умова запуску ІДК.

Розрахунок організації роботи системи діагностування електровоза виконується з метою визначення мінімально допустимих періодів опитування датчиків за умови забезпечення максимальної достовірності про стан електровоза з урахуванням показників надійності вузлів електровоза.

Достовірність одержуваної інформації вимірюватимемо ймовірністю того, що між діагностичними перевірками зміни в технічному стані елементів не буде.

$$D = \prod_{i=1}^m e^{-\lambda_i \tau_i}$$

У математичному вигляді задача сформульована так:
Необхідно знайти такі $\tau_i > 0$, щоб

$$I = \sum_{i=1}^m \lambda_i \tau_i \rightarrow \min$$

і при цьому виконувалися умови

$$\sum_{i=1}^m \frac{t_i}{\tau_i} < \rho_0, \quad \sum_{i=1}^m t_i \leq \min_{1 \leq i \leq m} (\tau_i),$$

де ρ_0 — задане завантаження ІДК

Задача визначення періодів часу, через які повинно проводитися оновлення інформації в бортовому модулі зберігання даних про значення контролюваного параметра з метою подальшого прогнозування відмови ("прогнозувальні періоди") сформульована таким чином: визначити періоди збереження інформації так, щоб достовірність інформації про елементи з номерами $i = \overline{1, r}, (r < m)$ була б не нижчою за заданий рівень, а достовірність інформації про решту елементів була б максимальною і при цьому виконувалися умови по завантаженню і запуску ІДК.

Розрахунок роботи системи діагностування електровозу виконується з метою визначення мінімально допустимих періодів оновлення інформації в бортовому модулі зберігання даних так, щоб достовірність інформації про стан пріоритетних вузлів електровоза була максимальною, а достовірність інформації про стан решти вузлів була б не нижче заданої, з урахуванням показників надійності вузлів електровоза.

У математичному вигляді задача сформульована так: визначити $\{\tau_i > 0\}, i = \overline{1, m}$ так, щоб

$$I = \sum_{i=r+1}^m \lambda_i \tau_i \rightarrow \min$$

$$\text{при } \sum_{i=1}^r \lambda_i \tau_i \leq \alpha, \quad \partial \alpha = -\ln(P_0)$$

і при цьому виконувалися умови

$$\sum_{i=1}^m \frac{t_i}{\tau_i} < \rho_0$$

$$\sum_{i=1}^m t_i \leq \min_{1 \leq i \leq m} \{\tau_i\}$$

де P_0 - заданий рівень достовірності інформації про пріоритетні елементи.

ρ_0 — задане завантаження ІДК

Для вирішення цих задач використаний метод параметризації з використанням множника Лагранжа.

У третьому розділі у відповідності з теоретичними положеннями, викладними у другому розділі, проведений вибір діагностичних параметрів електровоза ДЕ1. Виконаний аналіз надійності вузлів і систем електровоза ДЕ1 та розрахунок параметрів бортової системи діагностування.

Впровадження систем діагностування пов'язано з дослідженнями надійності вузлів і деталей електровоза. Дослідження надійності проводиться з метою виявлення загальних закономірностей у відмовах вузлів електровозів, виявлення характерних пошкоджень і визначення вузлів лімітуючих надійність електровоза.

Для аналізу надійності проведений збір даних про відмови перших українських електровозів ДЕ1 (001-014) під час їх дослідної експлуатації в депо Нижньодніпровськ - вузол і депо Червоний Лиман. Для систематизації і обробки інформації по відмовах електровозів на ЕОМ використаний прикладний пакет обліку статистичних даних по відмовах електровозів ДЕ1 "Надійність", розроблений на кафедрі "Локомотиви" за участю автора. За допомогою прикладного пакету "Надійність" проведена систематизація відмов електровоза ДЕ1, отримані показники надійності його обладнання, які використані при розрахунках параметрів системи діагностування. Проведений аналіз відмов дозволив визначити вузли лімітуючі надійність електровозів ДЕ1, до яких відноситься електрична апаратура.

На підставі аналізу діагностичних моделей, з використанням розроблених алгоритмів і програм, вибрані діагностичні параметри обладнання електровоза ДЕ1. При виборі діагностичних параметрів визначені вагові коефіцієнти $T(\pi_i)$ електричної апаратури, які отримані з використанням методу експертних оцінок.

Для визначення коефіцієнтів $T(\pi_i)$ відмов вузлів силової частини електричної апаратури електровозів проведені дослідження за участю трьох груп експертів: експерти депо Нижньодніпровськ-вузол (машиністи і машиністи-інструктори, що працюють на електровозі ДЕ1); експерти Дніпропетровського електровозобудівного заводу (машиністи випробувальної станції, конструктори), експерти ДПТУ (професори, доценти локомотивних спеціальностей).

За результатами досліджень найбільше значення вагових коефіцієнтів мають: тягові двигуни, електронні блоки систем управління, вузли силового ланцюга (контактори, групові та реверсивні перемикачі, блоки пуско-гальмівних резисторів, швидкодіючі вимикачі).

На підставі алгоритму розпізнавання відмов з урахуванням інформаційно-вагового критерію розроблена програма розрахунку та одержані графі пошуку несправності в електричних ланцюгах, які дозволяють організувати роботу системи діагностування в режимі "радника". Це дозволяє машиністу у реальному масштабі часу одержувати підказки, на яких ділянках електричної схеми необхідно шукати несправність і, при необхідності, отримувати додаткову інформацію про можливі способи усунення несправності.

При розробці діагностичного забезпечення електровоза ДЕ1 вирішена задача вибору раціональної періодичності контролю електровоза. Розрахунок періодів опитування датчиків виконаний для однієї секції електровоза. Проведено аналіз зміни періодичності опитування датчиків та рівня достовірності інформації від інтенсивності відмов вузлів електровоза і часу опитування датчиків. На підставі розрахунків побудовані залежності приведені на рис. 1.

На підставі аналізу одержаних залежностей встановлено, що періодичність контролю стану вузлів практично не змінюється при зміні інтенсивності відмов вузлів, при цьому значний вплив на періодичність опитування має час перетворення сигналів від датчиків.

При виборі періодичності контролю технічного стану вузлів необхідно задати рівень достовірності інформації і вартість технічних засобів. Це дозволить визначити періоди контролю, заданий рівень достовірності і вартість комплексу технічних засобів.

Рис. 1 -Залежність періодів опитування і рівня достовірності від інтенсивності відмов

При вирішенні задачі визначення прогнозуючих періодів розглянуто два варіанти організації збереження інформації: з розбиттям контрольованих вузлів на пріоритетну і не пріоритетну групи, і без виділення групи пріоритетних вузлів. У подальших розрахунках прийнятий варіант без розділення вузлів по рівню пріоритету, оскільки варіант з розділенням по рівню пріоритету збільшує вимоги до апаратного забезпечення і вартість системи діагностування в цілому, що економічно не доцільно.

У роботі виконаний розрахунок для визначення об'єму пам'яті, необхідного для зберігання даних про стан вузлів електровоза при різних значення рівня достовірності інформації. На підставі розрахунків одержані залежності періодичності збереження інформації і об'єму пам'яті від рівня достовірності інформації приведені на рис. 2. Рівень достовірності інформації при проведенні розрахунків визначений графічним методом і прийнятий 99%.

У четвертому розділі розглянуті питання організації роботи бортової системи діагностування електровоза, сформульовані вимоги до апаратних засобів бортової системи діагностування, запропонована методика систематизації діагностичної інформації.

З урахуванням особливостей експлуатації бортових систем діагностування на магістральних електровозах сформульовані вимоги до технічних засобів, архітектури і системи відображення інформації бортових систем діагностування. Запропонована модульна структура бортової системи діагностування.

Рис. 2 – Залежність періодів збереження інформації і об'єму пам'яті від рівня достовірності інформації

Як відомо, процес зміни технічного стану до моменту виникнення відмови тривалий, і накопичувати всю діагностичну інформацію в пам'яті бортової системи не раціонально з технічних і економічних причин. У зв'язку з цим виникає необхідність організації загальної діагностичної бази даних, в якій зберігатиметься інформація, що поступає від датчиків електровозів.

Для ефективного аналізу діагностичної інформації розроблена єдина для мережі доріг автоматизована система обліку і обробки статистичної інформації про відмови і несправності устаткування тягового рухомого складу з дотриманням єдиних принципів формулювання відмов і методик проведення обробки і аналізу. При удосконаленні система діагностування "Магістраль ДЕ1м" обладнана приладом зчитування інформації, а програмне забезпечення доповнене режимами "Довідка" та "Статистика"

У п'ятому розділі приведена методика визначення економічної ефективності від впровадження бортової системи діагностування електровозу.

Ефект від застосування комплексу засобів технічного діагностування буде досягнутий за рахунок оперативного і точного контролю стану енергоустаткування в будь-яких режимах роботи, можливостей ефективного прийняття рішень по оптимізації режимів експлуатації, підвищення надійності і безвідмовності роботи основних вузлів і електричних кіл електровоза.

По прийнятих в загальносвітовій практиці критеріях засіб автоматичного контролю, діагностування і управління є рентабельними в тому випадку, якщо їх вартість знаходиться в межах 10% від вартості основного виробу, технологічного процесу, для якого вони розробляються.

Досвід експлуатації і ремонту локомотивів показує, що планування міжремонтних періодів з урахуванням технічного стану дозволяє поліпшити технічний стан локомотивного парку. При цьому економічний ефект складається з таких складових: зменшення кількості відмов, зокрема позапланових ремонтів і відмов в експлуатації; зменшення витрат на ТО і ТР при упровадженні раціональних міжремонтних періодів за рахунок своєчасного проведення ремонту з урахуванням результатів діагностування.

Впровадження раціональної системи утримання локомотивів дозволить підтримувати їх надійність в експлуатації на заданому рівні, звести до мінімуму непланові ремонти. Розрахунок економічної ефективності впровадження бортової системи діагностування електровозів здійснимо виходячи з тих міркувань, що впровадження системи діагностування дозволяє удосконалити систему утримання локомотивів.

Кількість відмов при системі утримання, яка рекомендується електровозобудівним заводом позначимо через N_z , а кількість відмов при раціональній системі – через N_p .

Економічний ефект визначається по формулі

$$E = C_* \Delta N - C_{пл},$$

де C_* - середня вартість позапланового ремонту;

$\Delta H = H_3 - H_p$ - різниця кількості відмов при заводській системі утримання і раціональній;

$C_* \Delta H$ - економія коштів на непланових ремонтах;

$C_{пл}$ - вартість одного планового ремонту.

Для визначення економічної ефективності системи діагностування магістральних електровозів необхідно визначити капітальні витрати на її впровадження. Ці витрати включають вартість апаратури комплексу і вартість програмних продуктів, що забезпечують роботу системи.

Загальна сума витрат на придбання комплексу апаратних засобів

$$K = K_T + K_d + K_{пз}$$

де

K_T - вартість модулів системи діагностування;

K_d - вартість датчиків;

$K_{пз}$ - вартість програмного забезпечення

Визначення економії річних поточних витрат без урахування відрахувань на реновацію, визначається з виразу:

$$E = E_1 + E_2 - E_{обсл},$$

де

E_1 — економія від зниження витрат на планові ремонти

E_2 — економія від зниження витрат на непланові ремонти,

$E_{обсл}$ — витрати на обслуговування.

Коефіцієнт економічної ефективності розраховується за формулою:

$$K_{эф} = E / K,$$

За результатами розрахунків термін окупності системи діагностування електровозу ДЕ1 складає **3,65 роки**.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором нові науково обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати, які в сукупності є суттєвими для підвищення надійності локомотивів шляхом удосконалення бортової системи діагностування, тобто поставлена мета і задачі вирішені.

За результатами проведених теоретичних і експериментальних досліджень зроблені такі висновки:

1. Аналіз літературних джерел, опублікованих в нашій країні і за кордоном, показав, що впровадження засобів і методів технічної діагностики є одним з основних чинників, що дозволяють підвищити рівень експлуатаційної надійності локомотивів і термін їх експлуатації, а також знизити витрати на технічне обслуговування і поточні ремонти. Впровадження засобів технічної діагностики на рухомому складі є першим кроком до переходу на систему ремонту рухомого складу з урахуванням його фактичного стану.

2. Аналіз робіт в області бортових систем діагностування локомотивів на Україні показує, що системи діагностування розробляються на підставі досвіду розробників подібних систем в інших областях техніки без урахування специфіки залізничного транспорту. Основна частина існуючих бортових систем діагностування служить для оцінки стану окремих вузлів або агрегатів локомотивів. При цьому застосовуються прилади, як бортові так і переносні, якщо і забезпечують можливість отримання діагностичної інформації, то надалі ця інформація аналізується тільки на рівні одного підприємства без узагальнення і аналізу по мережі доріг. В результаті ефективність упровадження подібних систем значно знижується.

3. Для впровадження засобів і методів автоматизованого контролю технічного стану локомотивів вирішена проблема організації роботи системи діагностування, яка передбачає:

вибір раціонального набору діагностичних параметрів, розробку алгоритмів пошуку несправності, визначення періодичності контролю вузлів. Рішення цієї проблеми здійснене на основі наукового обґрунтування діагностичного забезпечення системи діагностування локомотивів.

4. Для організації роботи бортової системи діагностування розроблена методика вибору діагностичних параметрів з урахуванням впливу відмов вузлів електровоза на можливість подальшої експлуатації і швидкості усунення несправності.

5. Для організації роботи системи діагностування в режимі "радника" і автоматичного пошуку несправностей запропоновано як критерій при побудові алгоритму пошуку несправності використовувати інформаційно-ваговий критерій, що дозволило розробити програми пошуку несправностей в електричних ланцюгах електровоза з урахуванням взаємозв'язку елементів і їх надійності.

6. Для підвищення достовірності інформації, одержаної від системи діагностування, запропонована методика вибору періодичності опитування датчиків бортової системи діагностування, з урахуванням максимальної достовірності інформації про технічний стан обладнання.

7. Для покращення використання діагностичної інформації, накопиченої бортовою системою діагностування, запропонована методика визначення і визначені періоди оновлення інформації в бортовому модулі пам'яті. Рівень достовірності інформації при проведенні розрахунків визначений графічним методом і прийнятий 99%.

8. З урахуванням особливостей експлуатації бортової системи діагностування на магістральних електровозах сформульовані вимоги, що пред'являються до технічних засобів, архітектури і системи відображення інформації бортовими системами діагностування.

9. Розроблена методика систематизації і накопичення діагностичної інформації бортовими системами діагностування і в локомотивних депо в цілому.

10. Результати роботи впроваджені при вдосконаленні бортової системи діагностування електровоза ДЕ1 і при розробці технічних вимог до бортової системи діагностування електровоза ДС3. За результатами розрахунків термін окупності системи діагностування електровозу ДЕ1 складає **3,65 роки**.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Боднар Б.Е., Очкасов А.Б., Браташ В.А., Гилевич О.И. Усовершенствование системы диагностирования электровоза ДЭ1// Сборник трудов ДИИТ: Транспорт/ ДИИТ, 2000. Вып.6.С.16-19.
2. Боднар Б.Е., Очкасов А.Б. Выбор диагностических параметров с использованием информационно-весаого критерия.// Сборник трудов ДИИТ: Транспорт/ ДИИТ, 2001. Вып. 7. С.35-37.
3. Боднар Б.Е., Очкасов А.Б. Использование метода экспертных оценок при разработке диагностического обеспечения локомотивов.// Научные труды Кременчугского государственного политехнического университета. № 1/2001 (10). Проблемы создания новых машин и технологий. С.217- 220
4. Очкасов А.Б. Выбор диагностических признаков вспомогательных машин локомотивов с использованием логических методов// Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля № 7(41). - Луганськ:-2001. С. 14-19
5. Боднар Б.Е., Очкасов А.Б., Боднар Е.Б., Гилевич О.И. Повышение эксплуатационной надежности электровозов ДЭ1 // Зб. наук.праць Дніпропетровського держ. техн. ун-ту залізн. тр-ту. Транспорт. Випуск 11. - Дн-ск: ДПТ – 2002. С. 134 – 137.
6. Боднар Б.Е., Очкасов А.Б. Организация работы бортовой системы диагностирования электровозов. // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля №6(52). – Луганськ: - 2002. С. 30-34.

7. Боднар Б.Е., Очкасов А.Б. Информационное обеспечение бортовых систем диагностирования подвижного состава. // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля №9(67). – Луганськ: - 2003. С. 43-46.
8. Очкасов О.Б., Боднар Е.Б.. Система учета и обработки информации о надежности локомотивов. //Збірник праць КУЕТТ. Серія „Транспортні системи і технології”, Київ – КУЕТТ – 2003. Випуск 1-2. С.136 -137.
9. Боднар Є.Б., Очкасов О.Б., Шепотенко А.П. Оцінка економічної ефективності впровадження раціональної системи ремонту локомотивів. //Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля №8(78).- Луганск: 2004. С. 25-28

СПИСОК ДОДАТКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ

1. Браташ В.А., Боднар Б.Е., Очкасов А.Б. Направления усовершенствования системы диагностирования электровоза ДЭ1 // Тезисы докладов X международной конференции. Проблемы механики железнодорожного транспорта: Днепропетровск. 2000. С.166.
2. Боднар Б.Е., Очкасов А.Б., Гилевич О.И. Результаты исследования надежности электровозов ДЭ1. // Тезисы докладов X международной конференции “Проблемы механики железнодорожного транспорта”: Днепропетровск. 2000. С.162-163.
3. Боднар Б.Е., Очкасов А.Б., Гилевич О.И. К вопросу оптимизации информационно-диагностической системы электровоза. // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте 2000. №4 С. 118-119.
4. Очкасов О.Б. Методи вибору періодичності діагностування рухомого складу. Промисловий та туристичний транспорт. Випуск -1, Львів, Каменяр, 2002. с. 68-73

АНОТАЦІЯ

Очкасов О.Б. Удосконалення бортової системи діагностування електровоза – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів; – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна; - Дніпропетровськ, 2005.

Дисертація присвячена питанням підвищення надійності локомотивів шляхом удосконалення діагностичного забезпечення та організації роботи бортових систем діагностування локомотивів.

У роботі проведений аналіз засобів і методів технічної діагностування рухомого складу.

Для організації роботи бортової системи діагностування розроблена методика вибору діагностичних параметрів обладнання електровоза з урахуванням впливу відмов вузлів на можливість подальшої експлуатації локомотива і швидкості усунення несправності. Запропоновано при побудові алгоритму пошуку несправності використовувати інформаційно-ваговий критерій, що дозволить розробляти програми пошуку несправностей з урахуванням взаємозв'язку елементів, їх надійності і складності пошуку несправності.

Для підвищення достовірності інформації, запропонована методика вибору періодичності опитування датчиків бортової системи діагностування, та визначення періоду оновлення інформації про стан контрольованих вузлів.

Проведений аналіз надійності, та розроблені діагностичні моделі електричного устаткування електровозу ДЕ1.

З використанням запропонованої методики проведений розрахунок параметрів бортової системи діагностування електровозу ДЕ1.

Ключові слова: бортова система діагностування, вибір параметрів, інформативність, організація роботи, локомотив.

АННОТАЦІЯ

Очкасов А.Б. Усовершенствование бортовой системы диагностирования электровоза. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов; – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна; - Днепропетровск, 2005.

Диссертация посвящена вопросам повышения надежности локомотивов путем усовершенствования диагностического обеспечения и организации работы бортовых систем диагностирования локомотивов.

В работе проведен анализ средств и методов технической диагностики подвижного состава. Рассмотрены особенности применения существующих средств диагностирования на подвижном составе, а так же возможности применения существующих методов разработки диагностического обеспечения при разработке диагностического обеспечения бортовых систем диагностирования локомотивов.

Для организации работы бортовой системы диагностирования разработана методика выбора диагностических параметров с учетом влияния отказов узлов на возможность последующей эксплуатации локомотива и скорости устранения неисправности. Предложено при построении алгоритма поиска неисправности использовать информационно-весовой критерий, что позволит разрабатывать программы поиска неисправностей с учетом взаимосвязи элементов, их надежности и сложности поиска неисправности.

С целью повышения достоверности информации получаемой от системы диагностирования предложена методика выбора периодичности опроса датчиков бортовой системой диагностирования и методика определения периода обновления информации в бортовом модуле памяти о состоянии контролируемых узлов, что позволило повысить эффективность системы диагностирования.

Разработана методика систематизации и накопления диагностической информации в локомотивных депо и бортовых системах диагностирования, основанная на создании классификационной схемы оборудования электровоза, которая построена по принципу структурного деления сложных систем на части, что позволило проводить детальный анализ накопленной информации.

С помощью информационной системы “Надежность” проведен анализ отказов электровозов серии ДЭ1, позволивший определить узлы лимитирующие надежность этих электровозов. На основании анализа определена необходимость диагностирования электрического оборудования, с этой целью разработаны диагностические модели электрического оборудования электровоза ДЭ1. В качестве диагностических моделей использованы таблицы функций неисправностей построенные на основании анализа функционально-логических связей между узлами.

С использованием предложенной методики проведен расчет параметров бортовой системы диагностирования электровоза ДЭ1, определены множества диагностических параметров, и выполнен выбор набора диагностических параметров с учетом степени влияния узлов на возможность дальнейшей эксплуатации локомотива и сложности поиска неисправности. Разработаны программы поиска неисправностей, выполнен расчет периодичности опроса датчиков и обновления информации в модуле памяти.

Ключевые слова: бортовая система диагностирования, выбор параметров, информативность, организация работы, локомотив.

SUMMARY

Ochkasov A.B. Improving the onboard system of diagnosing electric locomotive - Manuscript.

Dissertation paper for a graduate degree of candidate of technical sciences in speciality 05.22.07 – “Railway rolling stock and train traction” - Dnepropetrovsk National University of railway transport named after academician V.Lazarian. - Dnepropetrovsk, 2005.

The dissertation paper is devoted to problems of raising the reliability of locomotives by improving the diagnostic provision and organisation of on-board locomotive systems of diagnosing.

In the given paper the analysis of means and methods of rolling stock technical diagnostics is conducted.

For organization of work of the on-board system of diagnosing the method of choosing diagnostic parameters taking into account the influence of unit failures on possibility of further exploitation of locomotive and speed of disrepair removal is developed. It is suggested to use an information significance index when making the algorithm of disrepair searching that will enable to compile programs of disrepair searching taking into account intercommunication of elements, their reliability and complexity of disrepair searching.

To increase the reliability of information obtained the method of choosing the periodicity of gathering information from sensors of the on-board system of diagnosing, and determining the period of updating of the information about the condition of units under control is suggested.

The reliability analysis is carried out and diagnostic models of electric equipment of the electric locomotive DE1 are developed.

The calculation of parameters of the on-board system of diagnosing of the electric locomotive DE1 is conducted with the use of suggested method.

Keywords: on-board system of diagnosing, parameter choosing, informativity, work organization, locomotive.

ОЧКАСОВ ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ

УДОСКОНАЛЕННЯ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОВОЗА

Автореферат

Підписано до друку „ 12 ” травня 2005 р. Формат 60x84 1/16.
Папір для множних апаратів. Ризограф.
Ум. др. арк. 0.9 Обл. – вид. л. 1,0. Тираж 100 прим.
Замовлення № 1022

Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені
академіка В.Лазаряна
ДК№ 1315 від 31.03.2003

*Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Ак. В.А. Лазаряна 2.*