

МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-
ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ"

Сметанін Сергій Олександрович

УДК 629.4.014: 629.424.1

РОЗВИТОК МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТЕПЛОВОЗІВ

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2012

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі "Експлуатація та ремонт рухомого складу" в Українській державній академії залізничного транспорту, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Бабанін Олександр Борисович,
Українська державна академія залізничного
транспорту, кафедра "Експлуатація та ремонт
рухомого складу", професор кафедри

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, доцент,
Капіца Михайло Іванович,
кафедра "Локомотиви" Дніпропетровського
національного університету залізничного транспорту
ім. В.Лазаряна, професор кафедри

кандидат технічних наук, доцент,
Данілевський Володимир Ілліч,
Державний економіко-технологічний університет
транспорту, проректор

Захист відбудеться "25" квітня 2012р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К26.885.01 в Державному підприємстві "Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України" за адресою: 03038, Україна, м. Київ, вул. І.Федорова, 39.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Державного підприємства "Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України" за адресою: 03038, Україна, м. Київ, вул. І.Федорова, 39.

Автореферат розісланий "23" березня 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



С.Г. Грищенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. На залізничний транспорт України припадає до 88% та до 50% відповідно перевезення вантажів і пасажирів. Велика частина у цьому процесі припадає на локомотивне господарство. В той же час, на фоні зростання обсягів перевезень особливо загострилися задачі оновлення тягового рухомого складу (ТРС), у зв'язку з їх критичним станом за віком служби. Переозброєння залізничного транспорту та надходження ТРС нового покоління викликає питання по вибору та впровадженню, для нього, сучасних методів технічного обслуговування, як основного напрямку щодо покращення у подальшому його утримання. Це вимагає створення нових наукових підходів до існуючої системи утримання тепловозів, зміни принципів їх побудови й використання.

Актуальність теми дисертації. Для різноманітного обсягу перевезень на залізницях України мається широкий перелік типів та серій локомотивів. Крім того для оновлення парку на залізниці почали надходити локомотиви нового покоління (тепловози ТЕП150, рейкові автобуси, електровози ЕЛ4 та ЕЛ5). Відповідно до планово-попереджувальної системи технічних обслуговувань (ТО) і поточних ремонтів (ПР), яка регламентується відповідним положенням і затверджена наказом Укрзалізниці від 30.06.2010р. №093, локомотив на даний час не можна розуміти тільки як матеріалізований результат виробничої діяльності. Для сучасного розвитку відношень між виробниками і споживачами, продукція це не просто фізичний виріб, а упорядкована сукупність матеріального виробу (локомотива) та сервісного обслуговування (послуг), яка здійснюється на протязі життєвого циклу (супроводження), навіть якщо термін експлуатації набагато перевищує термін комерційного життя. Раніше, за часи існування СРСР, здійснювалися окремі спроби супроводження магістральних тепловозів заводами виробниками, але вони, з багатьох причин, не набули достатнього розповсюдження у локомотивному господарстві. Подальші результати досліджень, які були проведені в Українській державній академії залізничного транспорту, показали, що на даний час всі задачі відносно визначення технічного стану, термінів обслуговування, постачання запасних частин, підвищення професійного рівня обслуговуючого персоналу і ін. в локомотивному господарстві вирішуються застарілими методами. Як правило, прийняття кінцевого рішення відповідальними працівниками локомотивного господарства у вищезазначених ситуаціях є прерогативою їх інтуїції та багаторічного

досвіду, а недостатність належного методичного забезпечення істотно впливає на складність такого становища. Така ситуація обумовлює важливість проведення наукових досліджень, спрямованих на розробку сучасних наукових методів і технологій ТО тепловозів та визначає актуальність теми дисертаційної роботи.

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

Тема дисертації відповідає Комплексній програмі оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, яка затверджена Наказом Міністерства транспорту та зв'язку №1259 від 14 жовтня 2008р. і стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020р., що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009р. №1555-р. Дисертаційна робота виконана у відповідності з планами науково-дослідних робіт на замовлення Укрзалізниці по темах: "Розробка проекту "Технології інформаційної взаємодії лінійного рівня залізниці та Укрзалізниці в частині інформації про технічний стан і паспортні дані" (ДР №0110U000210), "Дослідження та визначення оптимального набору параметрів, режимів їх отримання і обробки для відображення технічного стану локомотивів з метою забезпечення побудови автоматизованої системи їх діагностування і організації ремонту та пробігу" (ДР №0108U007035), "Прогнозування характеристик маневрових, магістральних тепловозів та дизель-поїздів з урахуванням життєвого циклу" (ДР №0105U000899), де автор був виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є вирішення комплексного науково-прикладного завдання з розвитку методів і технологій ТО тепловозів на основі створення сучасних наукових підходів до покращення їх утримання та ефективності використання.

Поставлена мета визначила наступні задачі дослідження:

- виконати аналіз існуючої системи утримання тепловозів та виділити в ній місце та роль технічного обслуговування;
- на підставі аналізу організації існуючої системи утримання ТРС обґрунтувати загальні напрямки щодо покращення ТО тепловозів;
- формалізувати модель якісної оцінки ТО тепловозів в частині визначення рівня механізації, ступеню завантаження технологічного обладнання, забезпеченню запасними частинами та рівня професійної кваліфікації обслуговуючого персоналу.
- розробити метод упорядкування регламентних робіт на ТО тепловозів, вибрати їх ознаки з оцінкою характеристик та визначити основні шляхи їх поєднання;

- виходячи із сучасних вимог до ТО тепловозів доопрацювати методику розрахунку обсягів запасів запасних частин для різних структурних підрозділів локомотивного депо, визначенню їх достатності та відповідних термінів поповнення;

- формалізувати задачу підвищення професійного рівня навчання працівників, які пов'язані з виконанням ТО тепловозів та розробити додаткові напрямки по організації контролю їх знань на основі застосування комп'ютерних технологій;

- провести економічне обґрунтування щодо розвитку та впровадженню нових методів і технологій ТО тепловозів.

Об'єкт дослідження – процес функціонування системи ТО тепловозів.

Предмет дослідження – розвиток методів і технологій технічного обслуговування тепловозів.

Методи дослідження. У роботі використані методи математичної статистики та аналізу статистичних даних, теорії ймовірності для дослідження якісної оцінки ТО тепловозів; методи системного аналізу при формалізації процесу функціонування матеріально-технічного забезпечення; теорії технічної діагностики і інформації для формалізації задачі підвищення професійного рівня навчання працівників, які приймають участь у ТО тепловозів. Достовірність наукових результатів роботи підтверджується задовільною збіжністю розрахункових і експериментальних даних, що зумовлено відповідністю прийнятих припущень та характеру поставлених задач, правильним вибором способів і технічних засобів випробувань, коректністю створених методів, а також обробки результатів експериментів, які виконувалися за допомогою прикладного програмного забезпечення: Microsoft Office Excel та MathCAD.

Наукова новизна одержаних результатів. В дисертаційній роботі на основі розробки комплексу моделей вирішено науково-прикладне завдання з розвитку методів і технологій ТО тепловозів.

Вперше:

- створена адаптивна узагальнена концепція впровадження в процес ТО тепловозів нових методів і технологій та запропоновані основні шляхи її реалізації з необхідністю розробки якісних критеріїв з оцінки основних організаційних ланок управління в локомотивному господарстві;

- розроблена оціночна модель визначення якості обслуговування по критеріям технологічності і завантаженості технологічного обладнання, забезпеченості запасними частинами, професійного рівня

обслуговуючого персоналу, яка адекватно відтворює вплив сукупності організаційних та технологічних факторів на технічний стан тепловозів;

- формалізовано процес упорядкування регламентних робіт з ТО на основі бінарної кластеризації з урахуванням пріоритетів їх ознак по коефіцієнтам подібності, їх поєднання за місцем виконання і межах розгалуження систем локомотивів, що є основою для формування відповідної нормативно-технічної документації з ТО тепловозів.

Доопрацьовано:

- процедуру з реалізації додаткових послуг в системі матеріально-технічного забезпечення, яка ураховує структуру локомотивних депо, синтез варіантів забезпечення запасними частинами, а також визначення періодів поповнення і достатності матеріальних ресурсів для ТО тепловозів;

- метод оцінки навчання працівників локомотивного господарства, визначення параметрів (характеристик) по організації і управлінню навчально-пізнавальною діяльністю з визначенням кількості припускаємих помилок під час тестування на тренажері та призначаємих на їх основі кількості відповідних додаткових контрольних перевірок.

Удосконалено:

- метод обґрунтування економічної ефективності організації технічного сервісу, за рахунок визначення витрат на його організацію.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений комплекс моделей для розвитку методів і технологій ТО тепловозів дозволяє раціонально організувати утримання локомотивного парку залізниць та привести його у відповідність сучасним вимогам, за умови покращення технічного стану і підвищення продуктивності використання.

Адаптивна технологія, яка сформована на основі запропонованого комплексу моделей дає можливість підвищити коефіцієнт готовності тепловозів та дозволяє зменшити витрати на всі види ТО за весь їх життєвий цикл.

Впровадження положень дисертаційної роботи дозволило покращити якість виконання ТО в опорних локомотивних депо, скоротити час їх непродуктивного простою на 4% і підвищити безвідмовність в експлуатації на 4,5%.

Розроблені автором рекомендації упроваджені на дослідних тепловозах локомотивних депо Н.Кондрашівська, Волноваха і Ясинувата та покладені в основу перспективних заходів щодо підвищення надійності всього локомотивного парку Донецької залізниці.

Матеріали дисертації впроваджені також в навчальний процес Української державної академії залізничного транспорту при вивченні дисциплін "Технологія технічного обслуговування та ремонту локомотивів" та при проведенні учбово-дослідних робіт студентів і магістрів.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження, які наведено в додатку до роботи.

Особистий внесок здобувача. У наукових працях, опублікованих зі співавторами, особистий внесок полягає: [1] – здобувачем визначений комплекс експлуатаційних параметрів, які безпосередньо впливають на формування технологічних операцій з ТО тепловозів; [6] – здобувачем, на основі синтезу варіантів забезпечення запасними частинами, допрацьована методика і виконані розрахунки по визначенню достатності матеріальних ресурсів для виконання ТО тепловозів; [7] – здобувачем запропоновані напрямки з реалізації сервісного ТО нового покоління дизеля для тепловозів; [8, 9] – здобувачем зазначені критичні режими роботи тепловозів, наслідки яких у подальшому впливають на обсяг робіт з ТО; [10] – здобувачем, на основі доопрацьованої методики, виконаний розрахунок кількості припускаємих при тестуванні на тренажері помилок та призначаємих на їх основі кількості відповідних додаткових контрольних перевірок.

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

- 1-й Міжнародній науково-практичній конференції "Інноваційні технології на залізничному транспорті" (Україна, м. Красний Лиман, 2010 р.);

- 3-й міжвузівський науково-технічній конференції "Енерго- та ресурсозберігаючі технології при експлуатації машин та устаткування" (Україна, м. Донецьк, 2011р.);

- 69-й, 70-й, 71-й та 72-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту підприємств (Україна, м. Харків, 2007 - 2010 роки.).

Основні положення дисертації доповідались на кафедрі з 2007 по 2010р., повністю дисертація доповідалась в 2011 р. на розширеному засіданні кафедри "Експлуатація та ремонт рухомого складу" УкрДАЗТ та науковому семінарі Державного підприємства "Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України", за участю членів спеціалізованої вченої ради К26.885.01.

Публікації. Результати дослідження опубліковані в 10 працях, з них 6 у фахових виданнях, затверджених МОН молоді та спорту України.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел з 174 найменувань. Повний обсяг дисертації складає 203 сторінки, в тому числі 155 сторінок основного тексту, 7 таблиць, 31 рисунок і 15 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету роботи, задачі дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, подано інформацію про апробацію роботи і публікації основних результатів.

Перший розділ присвячений обґрунтуванню перспективних напрямків систем управління утримання тягового рухомого складу.

Задачам розвитку технічного обслуговування у локомотивному господарстві присвячено велику кількість наукових праць. Найбільший внесок в цьому напрямку зробили: Бабанін О.Б., Басов Г.Г., Боднар Б.Є., Бутько Т.В., Грищенко С.Г., Голубенко О.Л., Далека В.Х., Данілевський В.І., Ісаєв І.П., Кельріх М.Б., Кисельов В.І., Кузьміч В.Д., Маслієв В.Г., Матяш В.О., Тартаковський Е.Д., Устенко О.В., Фалендиш А.П. і інші.

Досліджений розвиток та сучасні підходи до реалізації управління технічним станом локомотивів. Розкрита сутність стратегій обслуговування з контролем рівня надійності та контролем параметрів в експлуатації, яка висвітлює характер та їх ціль.

Розглянуті існуючої системи утримання тепловозів. Досліджена циклічність операцій, які виконуються при проведенні тепловозам ТО. Виділено п'ять характерних робіт, з яких значну долю займають контрольні-діагностичні й регулювальні (до 37%), а також роботи по заміні окремих деталей локомотивів (24%).

На основі аналізу наукових джерел обґрунтована необхідність нових підходів до утримання тепловозів, які включають до себе передовий досвід застосування прогресивних технологій по формуванню управлінських рішень і розробку відповідно цього необхідного методичного забезпечення.

У другому розділі виконано моделювання ТО тепловозів та запропоновано новий підхід до якісної оцінки його виконання. На основі вимог до повноти, достовірності і відповідної оперативності інформації

запропоновані показники рівня виконання ТО на основі спеціальних коефіцієнтів.

Коефіцієнт рівня технології запропоновано визначати як

$$k_{PT} = \frac{\sum m_i^M k_{3_i}^M}{\sum m_i^P k_{3_i}^P + \sum m_i^M k_{3_i}^M}, \quad (1)$$

де m_i^M , m_i^P - кількість відповідно механізованих операцій та операцій з ручною працею; $k_{3_i}^M$, $k_{3_i}^P$ - завантаженість відповідно механізованих операцій та операцій з ручною працею, які застосовуються в процесі проведення ТО.

Завантаженість однієї i -ї механізованої або ручної операції під час виконання ТО запропоновано визначати як

$$k_{3_i}^M = \frac{t_i^M}{T_{TO}}, \quad (2)$$

$$k_{3_i}^P = \frac{t_i^P}{T_{TO}}, \quad (3)$$

де t_i^M , t_i^P - тривалість відповідно операцій, які використовують засоби механізації або автоматизації та операції з ручною працею, год.; T_{TO} - загальний час простою тепловоза на ТО, год.

Коефіцієнт забезпечення ТО запасними частинами й матеріалами визначався як

$$k_{зч} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{TO}} S_{\phi_i}}{\sum_{i=1}^{N_{TO}} S_{n_i}}, \quad (4)$$

де S_{ϕ_i} - загальна кількість (обсяг) запасних частин і матеріалів, які були використані в процесі проведення ТО за розглянутий період; S_{n_i} - необхідна (заявлена) кількість запасних частин і матеріалів для забезпечення ТО за цей же період; N_{TO} - загальна кількість ТО виконаних за розглянутий період.

Коефіцієнт рівня кваліфікації обслуговуючого персоналу запропоновано визначати з виразу

$$k_{PK} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{TO}} (r_{яв}^{4p} + r_{яв}^{5p} + r_{яв}^{6p})}{\sum_{i=1}^{N_{TO}} r_{яв}^{заг}}, \quad (5)$$

де $r_{яв}^{4p}$, $r_{яв}^{5p}$, $r_{яв}^{6p}$ - відповідно явочна кількість слюсарів, які мають 4, 5 і 6 розряд роботи при виконанні i -го виду ТО; $r_{яв}^{3а2}$ - загальна явочна кількість працівників, які беруть участь у i -му виді ТО.

На підставі зібраного і обробленого статистичного матеріалу був застосований метод вузлових точок, який розроблений на кафедрі "Експлуатація та ремонт рухомого складу" УкрДАЗТ. На основі цього були розраховані значення $k_{PT}=0,216$, $k_{3ч}=0,401$ і $k_{PK}=0,056$ та визначено, що саме при такому сполученні факторів можна забезпечити сучасний рівень виконання ТО у відповідності із отриманим середнім значенням відносних витрат на його проведення $C'_S=0,295$.

Ефективність процесу навчання K запропоновано оцінювати за спеціальним критерієм із запропонованої емпіричної залежності

$$K = 1 - (1 - q_0 \cdot k_i)^{k_n}, \quad (6)$$

де q_0 - початкова ймовірність помилкових дій або відповідей при тестуванні; k_n - величина, що характеризує швидкість навчання.

Величина q_0 характеризує "рівень знань" особи, яку навчають. Її запропоновано визначати як початкову ймовірність помилкових відповідей (або дій) при тестуванні

$$q_0 = \frac{N_{н.в}}{N_{н.в} + z_{н.в}}, \quad (7)$$

де $N_{н.в}$ - загальна кількість неправильних відповідей (або дій); $z_{н.в}$ - кількість правильних відповідей (або дій).

Достовірність та якість навчання запропоновано визначити як

$$k_n = \frac{N_o}{N_{н.в} \cdot q_0}, \quad (8)$$

де N_o - загальна кількість навчаємих; $N_{н.в}$ - загальна кількість неправильних відповідей (або дій); q_0 - імовірність помилкових відповідей (або дій).

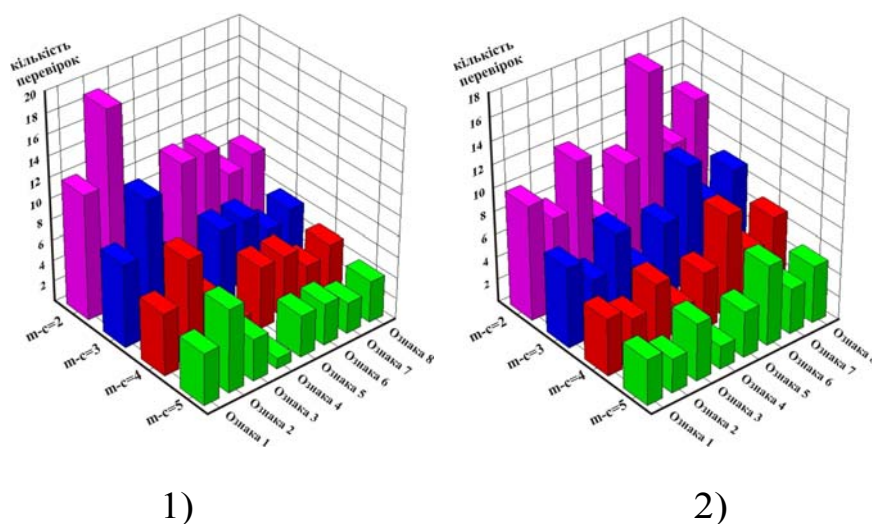
Для формалізації такого підходу запропонована наступна модель

$$q = q_0 (k_i^{D_1})^{\Omega(m-c)} \cdot (k_i^{D_2})^{F-\Omega(m-c)}, \quad (9)$$

де Ω - частота контролю навчання; $k_i^{D_1}$ - імовірність розпізнавання ситуації й прийняття рішення особою, яку навчають; $k_i^{D_2}$ - імовірність виконання неправильних дій при навчанні; F - кількість ситуацій при навчанні, у яких особа, яку навчають, виконує помилкові або неправильні дії; q_0 - імовірність виконання помилкових або неправильних дій; m - кількість елементів у навчальній ситуації, де

особа, яку навчають, повинна виконувати визначені дії; c - кількість помилкових або неправильних дій, які допустила особа, яку навчають.

На основі проведення досліджень отримано, що із зростанням числа помилок, які допускаються при тестуванні на тренажерах кількісна оцінка контролю зростає. Також визначено, що зі збільшенням частоти контролю підвищується результат навчання. Результати такої інтерпретації наведено на рис 1.



1 – загальна конструкція локомотива; 2 - вибір технологічних режимів, які застосовуються при ТО тепловозів

Рис.1. Залежність частоти контролю від помилок, що допускаються при тестуванні й навчанні на тренажерах

Отримана якісна оцінка рівня технології проведення ТО тепловозам дозволила визначити, що обслуговуючий персонал, як правило, виконує операції у тій послідовності, яка відповідно закладена у діючих нормативах. Однак у подальшому було встановлено, що практично у всіх випадках це не є виправданим, через те що кожна з переліку цих операцій має різне місце та час її виконання.

На підставі цього була поставлена задача по створенню методу по забезпеченню раціонального поєднання робіт при виконанні ТО не змінюючи по суті їх обсягу на основі бінарної кластеризації. В основу даної методики покладено поступове переведення величин трудомісткості кожної технологічної операції, які виконуються на ТО, з десяткової у двійкову систему обчислення та їх подальше порозрядне порівняння.

Спочатку в кожному двійковому числі визначалась сумарна кількість окремо одиниць та нулів

$$S_{ij} = \sum_1^n n \in \{0;1\}, \quad (10)$$

де n - кількість двійкових чисел.

Після цього пари двійкових чисел (ознак) $a_i^{(2)}$ і $a_j^{(2)}$ порозрядно порівнювались між собою за допомогою програми Statistica. При цьому в них визначались співпадаючі значення порівнювальних бінарних ознак (тобто підсумовувалась кількість співпадаючих парних значень як по нулям, так і по одиницям)

$$P_{a_{ij}} = a_i^{(0,1)} \in a_j^{(0,1)}. \quad (11)$$

Це співпадіння дозволило у подальшому порівнювати ознаки між собою та поєднати їх у відповідні кластери за допомогою бінарних коефіцієнтів подоби

$$K_{ij} = \frac{P_{a_{ij}}}{S_{ij}} \rightarrow \max. \quad (12)$$

На підставі цього методу статистичні дані з технологічних операцій по електрообладнанню (позначені як О1-О20) були поєднані у кластери, які відображені дендрограмою (рис. 2).

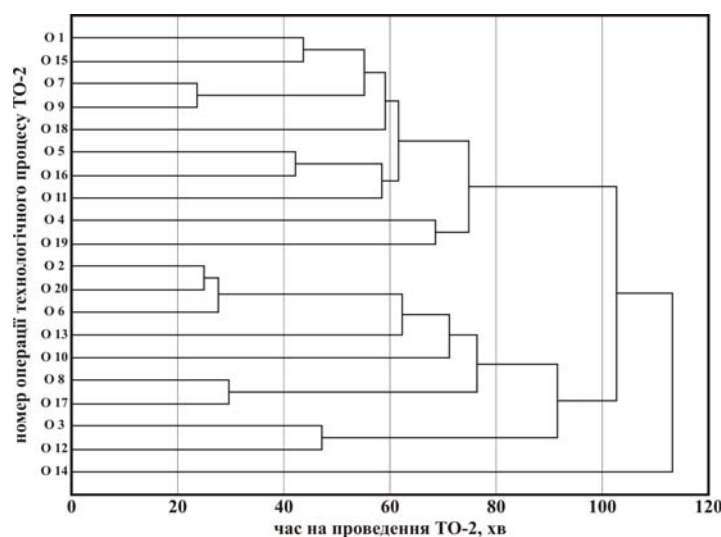


Рис.2. Дендрограма бінарної кластеризації поєднання робіт на ТО-2 тепловозів 2ТЕ116

Виконана наступним чином бінарна кластеризація дозволила на початковому етапі поєднати 7 операцій (О1 з О15, О7 з О9, О5 з О16, О4 з О19, О2 з О20, О8 з О17 та О3 з О12), які у подальшому поєднуються з роботами (О18; О11; О6; О13; О10 і О14), створюючи таким чином 13 кластерів (групових робіт), замість 46 послідовних робіт, які встановлені існуючими технічними нормативами.

У третьому розділі формалізована інформаційна задача для управління матеріально-технічним забезпеченням при для виконання ТО тепловозів. Аналізом визначено, що за діючою на даний час стратегією управління постачання для формування запасів запасних частин при ТО тепловозів здійснюється неперіодично, відповідно моментів їх замовлення. Крім того, обсяги поповнення запасу та їх розподіл між нижчестоящими ланками виробничої системи витрачаються вкрай безсистемно, іноді без врахування першочергових потреб, технічного стану та працездатності тепловозів. Також встановлено, що для великої кількості об'єктів, яким виконується ТО постачання має масовий характер. Це дозволило розглядати даний процес з точки зору теорії масового обслуговування. Проведеними дослідженнями було встановлено, що час обслуговування однієї вимоги для заміни елемента із запасу $Z_{3,4}$ підпорядкований експоненціальному закону з математичним очікуванням і часом обслуговування t_p . Визначені стани, в яких може знаходитися тепловоз, який потребує забезпечення запасними елементами, а також імовірність того, що в момент часу t_p зайнято s елементів із загальної кількості n_3 ,

$$P_{n_3}(t) = \left[\frac{(t_p \Lambda_c)^s}{s!} \right] (1 - e^{-\nu t})^s e^{-t_p \Lambda_c (1 - e^{-\nu t})}, \quad (13)$$

де t_p і ν - відповідно середній час заміни деталі із запасів $Z_{3,4}$ та інтенсивність їх відмов; Λ_c - сумарний потік відмов деталей.

Проведеними розрахунками були отримані наступні залежності по визначенню запасу вузлів і деталей, що можуть бути відновлені:

- при $P_{n_3}(a) = 0,15$ (де $a = t_p \Lambda_c$):

$$f(n_3) = 0,0075n_3^2 + 0,8753n_3 - 2,057; \quad (14)$$

- при $P_{n_3}(a) = 0,1$:

$$f(n_3) = 0,0045n_3^2 + 0,454n_3 - 2,1314; \quad (15)$$

- при $P_{n_3}(a) = 0,05$:

$$f(n_3) = 0,004n_3^2 + 0,0577n_3 - 0,261; \quad (16)$$

- при $P_{n_3}(a) = 0,01$:

$$f(n_3) = 0,0025n_3^2 + 0,00309n_3 - 1,6384. \quad (17)$$

За цими залежностями розрахована та складена номограма, яка дозволяє визначати розрахункову кількість ремонтуємих та неремонтуємих запасних вузлів і деталей тепловозів 2ТЕ116У при проведенні ТО (рис. 3).

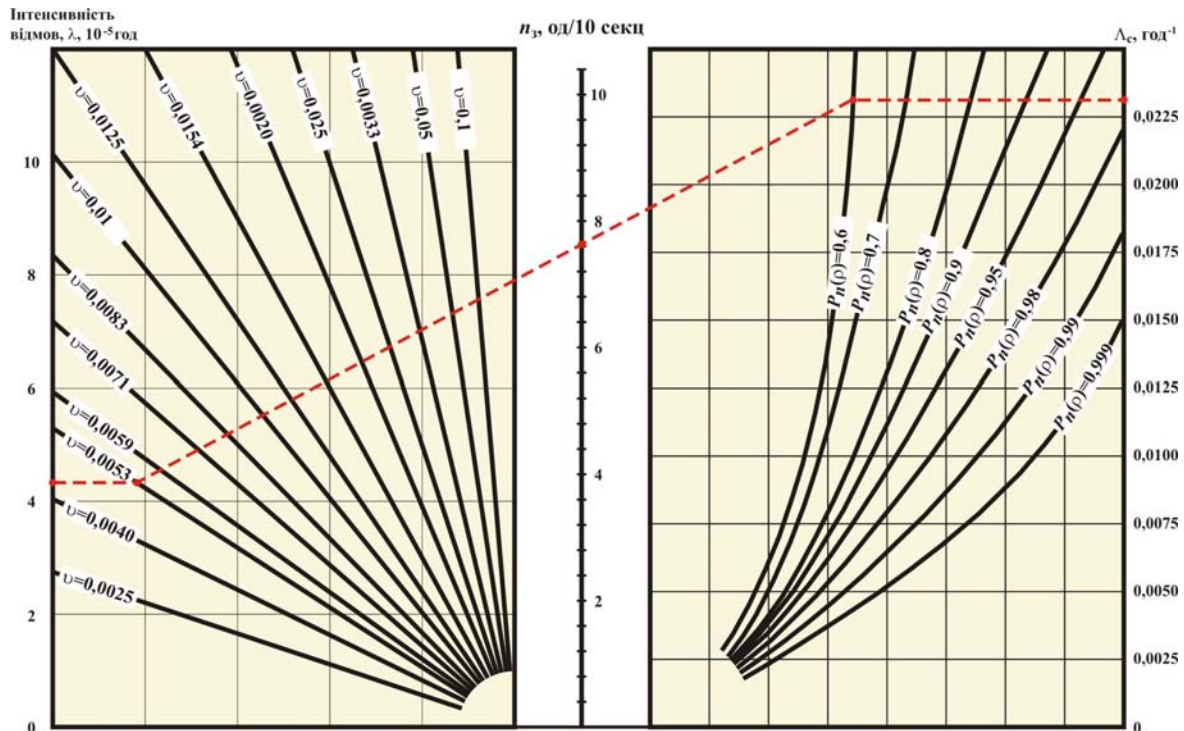


Рис.3. Номограма для визначення кількості запасних вузлів і деталей для виконання ТО тепловозам 2TE116У

Приймаючи тепловоз, за особливостями конструкції, як великий складний об'єкт, в ньому запропоновано виділяти три варіанти основних структурних підсистем організації постачання запасними елементами:

- одиночний комплект $Z_{3,ч}^O$, що уявляє кількість запасних елементів, які надаються безпосередньо для відновлення конкретного тепловоза по забезпеченню його працездатності;

- комплект запасних елементів ремонтного органу $Z_{3,ч}^{PO}$, який включає до себе кількість запасних елементів, що надаються тільки йому, з метою забезпечення його працездатності. Функціонування ремонтного органу (**PO**) полягає в усуненні відмов у несправних вузлах або деталях, які до нього надходять для їх відновлення;

- обмінний фонд ремонтного органу $Z_{3,ч}^{OФ-PO}$, що становить собою кількість більш дрібних запасних елементів, які надаються тільки цьому ремонтному органу. Цей фонд $Z_{3,ч}^{OФ-PO}$ може обслуговувати як одиночний комплект $Z_{3,ч}^O$, так і вузли, що надходять до ремонтного органу **PO**.

За запропонованими варіантами були проведені розрахунки, згідно з якими була експериментально перевірена достатність $Z_{3,ч}^O$, $Z_{3,ч}^{PO}$ і $Z_{3,ч}^{OФ-PO}$ для відповідних структурних підрозділів локомотивних депо, яка показала добре погодження з розрахунковими даними (відхилення склало не більше 3-5%).

У четвертому розділі запропоновані організаційно-технічні заходи та їх впровадження в ТО тепловозів. Досліджені структури локомотивного господарства на основі використання моделей, які відносяться до фізико-математичного типу і заснованих на електротехнічних аналогіях. На підставі застосування цих моделей наведений конкретний приклад інформативної взаємодії між керівництвом локомотивного депо, а також отримані їх, як позитивні, так негативні сторони. Розкриті основні напрямки робіт з персоналом та запропоновано для їх покращення використовувати "лай-детекцію" з поліграфічним дослідженням: перевірку співробітників при прийманні на роботу, профілактичну роботу з персоналом та окремі види клінічних досліджень.

Для покращення технологічності і рівня виробництва в цілому запропоновані напрямки упровадження на ТО засобів малої механізації, таких як сучасна комплексна обмивка з використанням обмивальних пристроїв високого тиску в сполученні з високоефективними хімічними сполуками та різноманітні механізовані пристосування і інструмент, які дозволяють швидке зняття й установку окремих агрегатів і вузлів тепловозів.

У роботі визначена очікувана економічна ефективність від впровадження в ТО запропонованих рішень на основі рекурентних залежностей відносних витрат на його організацію і проведення.

ВИСНОВКИ

В дисертації виконано теоретичне обґрунтування та вирішення науково-прикладного завдання з розвитку методів і технологій ТО тепловозів.

1. Виконано детальний аналіз розвитку системи ТО тягового рухомого складу та доведено, на основі її недосконалості, що відмови тепловозів в експлуатації збільшились на 48%, кількість непланових ремонтів зросла на 18,6%. За економічними причинами відстежена також тенденція до зростання кількості тепловозів, які потребують виключення з інвентарю за віком служби на 67,4%. На основі аналізу встановлено, що існуюча система утримання тепловозів базується на застарілих методах і відбувається зі значним впливом так званого "людського фактору", що призводить до значних втрат матеріальних та фінансових ресурсів. Це потребує відповідності вимогам сучасності, які забезпечуються на основі широкого впровадження нових методів і технологій.

2. На підставі виконаного аналізу організації системи утримання тепловозів на сучасному етапі визначені основні напрямки впровадження нових технологічних процесів, реалізація яких неможлива без урахування постійного зростання складності конструкції тепловозів і внаслідок цього появи додаткових вимог щодо вдосконалення матеріально-технічного забезпечення, постійного підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу, покращення якості та оптимізації виконання регламентних робіт.

3. Формалізована модель якісної оцінки ТО тепловозів на основі запропонованих коефіцієнтів рівня технології k_{PT} , забезпечення запасними частинами $k_{зч}$ й кваліфікації обслуговуючого персоналу k_{PK} , за допомогою яких можна більш достовірно визначати рівень і організацію виробництва. На підставі проведених розрахунків створена багатофакторна модель, яка дозволяє оцінити ефективність щодо впровадження нових заходів і істотно спростити завдання ідентифікації, аналізу й синтезу основних параметрів, що безпосередньо впливають на рівень виконання ТО тепловозів. В результаті були одержані значення $k_{PT}=0,216$, $k_{зч}=0,401$ і $k_{PK}=0,056$. Визначено, що саме при такому сполученні факторів між собою можна забезпечити рівень якості ТО у відповідності із середнім значенням відносних витрат на його проведення $C'_s=0,295$.

4. Розроблений метод упорядкування робіт з ТО тепловозів на основі використання бінарної кластеризації для подальшого поєднання їх за вибраними характерними ознаками. У роботі наведений приклад проведення бінарної кластеризації та створена дендрограма поєднання операцій з ТО електрообладнання тепловозів 2TE116 у відповідні кластери (групи), що дозволяє раціонально організувати його виконання.

5. Доопрацьований метод розрахунку обсягів запасів запасних частин для різних підрозділів локомотивного депо з визначенням їх достатності. Це дозволяє реально визначати періоди поповнення технологічних запасів для ПТО локомотивів. На підставі цього методу для базових локомотивних депо розраховано, що в залежності від умов експлуатації відносний річний період поповнення страхового запасу запчастин для ПТО складає 0,5-0,7, для цеха ремонту 0,3-0,42. Запропоновано формування відповідних запасів запчастин із залученням різних структурних підрозділів локомотивного депо та виділено сім основних варіантів забезпечення запасними елементами, з урахуванням поповнення їх від зовнішніх джерел, а також визначених ремонтних підрозділів, які виконують відновлення вузлів і деталей тепловозів. Визначена загальна достатність сформованих варіантів запасів, яка в

долях складала для ПТО - 0,76, а для ремонтних підрозділів 0,54 від часу їх річної витрати. На підставі цього отримані кількісні значення нормативних запасів на виконання ТО для тепловозів 2ТЕ116.

6. Формалізована задача підвищення рівня навчання працівників, що дозволяє визначати діагностичну цінність обстеження навчаємих на тренажері за заданими ознаками, з виділенням їх якісного змісту. На основі отриманих даних формалізована задача, вирішення якої дозволяє оцінювати рівень знань у працівників за допомогою тренажерів, а також визначати параметри (характеристики) з організації й управління навчально-пізнавальною діяльністю. Крім того, вирішення цієї задачі за кількістю помилок, які допускаються при випробуваннях на тренажері, дозволяє визначати необхідну додаткову кількість повторних перевірок для підтвердження необхідного заданого рівня знань працівника.

7. Проведено економічне обґрунтування запропонованих заходів, які дозволяють покращити якість виконання ТО, скоротити час непродуктивного простою на 4% і підвищити безвідмовність тепловозів в експлуатації на 4,5%. Внаслідок розрахунків сукупний економічний ефект від впровадження нових пропозицій для ТО тепловозів очікується у розмірі 5 834,16 грн. на один локомотив експлуатованого парку.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Сметанін, С.О. Апаратний комплекс для моніторингу теплотехнічного стану тепловозів [Текст] / С.О. Сметанін, О.Б. Бабанін, А.М. Ходаківський // Українська державна академія залізничного тр-ту. – 2005. – Вип.68. – С.209-215.

2. Сметанін, С.О. Підвищення професійного рівня працівників при сервісному обслуговуванні тепловозів [Текст] / С.О. Сметанін // Українська державна академія залізничного тр-ту. – 2009. – Вип.107. – С.203-209.

3. Сметанін, С.О. Визначення обсягів робіт при сервісному ТО тепловозів на основі бінарної кластеризації [Текст] / С.О. Сметанін // Українська державна академія залізничного тр-ту. – 010. – Вип.113. – С.78-84.

4. Сметанін, С.О. Оцінка економічної ефективності запровадження сервісного обслуговування магістральних тепловозів [Текст] / С.О. Сметанін. – Луганськ.: Вісник СУНУ, 2010. - №1 (143). – С.203-209.

5. Сметанін С.О. Моделювання структур локомотивного депо для сервісного забезпечення тепловозів [Текст] / С.О. Сметанін // Українська державна академія залізничного тр-ту. – 2011. – Вип.122. –С.107-113.

6. Babanin A., Smetanin S. Definition of sufficiency of spare parts at service of diesel locomotives [text] / A. Babanin, S. Smetanin // Commission of Motorization and Power Industry i Agriculture. Wielkopolska Str. 62, 29-725 Lublin, Poland, 2011. –P.12 – 20.

Додаткові

7. Сметанин С.А. Использование биодизеля на железнодорожном транспорте Украины: Направления работ и перспективы [Текст] / С.А. Сметанин, В.И. Могила, И.П. Васильев // Локомотив-информ. -2007. – №3. –С.26-27.

8. Сметанін, С.О. Розрахунок параметрів руху поїзда на основі нейронних мереж із застосуванням АСЗОІ [Текст] : Зб. наук. праць / С.О. Сметанін, А.М. Ходаківський // Локомотив-информ. –2007. -№5. –С.17-19.

9. Сметанін С.А. Вплив нелінійних елементів візків на резонансні характеристики екіпажної частини тепловозів серії 2ТЕ116 [Текст] / С.А. Сметанін, Ю.І. Осенін, В.П. Войтенко // Українська державна академія залізничного тр-ту. –2008. –Вип.96. –С.158-162.

10. Сметанин С.А. Повышение качества обучения работников локомотивного хозяйства на железнодорожном транспорте [Текст] / С.А. Сметанин, А.Б. Бабанин // Транспортні іновачії. –2009. -№10. –С. 5-8.

АНОТАЦІЯ

Сметанін С.О. Розвиток методів і технологій технічного обслуговування тепловозів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів; Державне підприємство "Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України", Київ, 2012.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню наукового завдання розвитку методів і технологій ТО тепловозів.

В результаті вирішення поставленої задачі було формалізовано процес розвитку утримання тепловозів за рахунок створення адаптивної узагальненої концепції впровадження нових технологічних рішень.

Для пошуку оптимальної стратегії розвитку локомотивного господарства сформовані моделі визначення якості обслуговування по критеріям технологічності, завантаженості і забезпеченості

обладнанням, кваліфікації рівня персоналу, які адекватно відтворюють вплив сукупності сучасних технологічних операцій на технічний стан тепловозів.

На підставі реалізації запропонованих моделей сформовано процедуру впровадження в технологію проведення ТО нових рішень щодо вдосконалення матеріально-технічного забезпечення, упорядкування нормативних регламентних робіт та підвищення рівня навчання працівників локомотивного господарства. Також в роботі розраховано економічний ефект від впровадження запропонованих заходів.

Ключові слова: аналіз, запас, навчання, обслуговування, сервіс, система, стратегія, структура, тепловоз, управління, утримання.

АННОТАЦИЯ

Сметанин С.А. Развитие методов и технологий технического обслуживания тепловозов. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов; Государственное предприятие "Государственный научно-исследовательский центр железнодорожного транспорта Украины", Киев, 2012.

Диссертационная работа посвящена решению научного задания - развития методов и технологий технического обслуживания тепловозов.

Рассмотрена система управления техническим состоянием локомотивов. Раскрыта сущность стратегий обслуживания с контролем уровня надежности и контролем параметров в эксплуатации, которая освещает характер и их цель. Указано, что применение конкретной стратегии определяется адаптивным оптимальным регламентом ТО.

Проанализировано развитие стратегий управления техническим состоянием тепловозов в эксплуатации. Выделено два основных вида формирования этих стратегий: с контролем уровня надежности и контролем параметров в эксплуатации. Раскрыт смысл этих стратегий относительно достижения поставленных целей.

Предложено качество выполнения ТО оценивать при помощи коэффициентов: уровня технологии k_{PT} , загрузки применяемого механизированного оборудования k_{3M} , обеспечения запасными частями и материалами $k_{3Ч}$, а также уровня квалификации обслуживающего персонала k_{PK} .

Формализована математическая модель качественной оценки ТО на основе многофакторного анализа. На основании проведенных расчетов определено узловое значение коэффициентов k_{PT} , $k_{ЗЧ}$ и k_{PK} , при которых можно обеспечить уровень качества ТО при среднем значении относительных расходов на его проведение $C'_s = 0,295$.

Разработан метод оценки уровня знаний работников локомотивного хозяйства, на основании которого определяется профессиональная пригодность и степень соответствия работника требованиям, который вписывается в регламент выполнения сервисных работ.

Раскрыта сущность бинарной кластеризации и возможность ее применения при ТО тепловозов. Составлена таблица операций по обслуживанию электрооборудования тепловозов, на основании которой создана дендрограмма объединения этих операций в соответствующие кластеры (группы), что позволяет рационально организовать определенную последовательность их выполнение на ТО.

Предложен метод определения рационального размера восстанавливаемых и невосстанавливаемых запасных частей. Созданы номограммы зависимостей вероятности отказов и времени пополнения запасов, которые базируются на расчетах отказов.

В работе предложено усовершенствование организационных структур в локомотивном хозяйстве на основе использования моделей, которые относятся к физико-математическому типу и основаны на электротехнических аналогиях. На основе применения этих моделей приведен конкретный пример информативного взаимодействия между руководителем локомотивного депо со своими заместителями по ремонту и эксплуатации и главным инженером, а также выделены их, как положительные, так отрицательные стороны.

Рассмотрены основные направления работ с персоналом и предложено для их улучшения использовать "лай-детекцию" с полиграфическим исследованием. Предложены основные задачи, которые могут решаться с помощью полиграфа при организации ТО тепловозов.

Проведен анализ развития и внедрения средств малой механизации. Предложена современная комплексная обмывка с использованием обмывочных устройств высокого давления в сочетании с высокоэффективными химическими соединениями, разнообразные механизированные приспособления и инструмент, которые позволяют производить быстрое снятие и установку отдельных агрегатов и узлов тепловозов.

Определена экономическая эффективность от внедрения предложенных разработок. Составлены рекуррентные функции расходов на организацию и проведение ТО, которые учитывают расходы на обслуживание, временные и вероятностные параметры. Получены аналитические зависимости относительной трудоемкости от пробега между ТО и их прогнозируемые значения с учетом внедрения предлагаемых мероприятий. Получено расчетное значение предполагаемой экономической эффективности от внедрения предлагаемых мероприятий, которое составляет 5 834,16 грн. на один тепловоз эксплуатируемого парка.

Ключевые слова: анализ, запас, обслуживание, обучение, сервис, система, содержание, стратегия, структура, тепловоз, управление.

THE SUMMARY

Smetanin S.A. Development of methods and technologies of maintenance service of diesel locomotives. - the Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of Cand.Tech.Sci. on a speciality 05.22.07 - a rolling stock of railways and draft of trains; State enterprise "State research center of a railway transportation of Ukraine", Kiev, 2012.

Dissertational work is devoted to the decision of a scientific problem - to development of methods and technologies maintenance service of diesel locomotives.

As a result of the decision of a task in view development of the maintenance of diesel locomotives due to creation of the adaptive generalized concept of introduction of new technological decisions has been formalized.

For search of optimum strategy of development of locomotive facilities models of definition of quality of service by criteria of adaptability to manufacture, congestion and security by the modern equipment, qualifications of a level of the personnel which adequately recreate influence of set of modern technological operations on a technical condition of diesel locomotives are generated.

Models of formation of procedures of introduction in technology of carrying out maintenance service of new decisions on perfection of material support, ordering of normative procedural works and increase of a level of training of workers of a locomotive economy are offered. Also in work economic benefit of introduction of the offered actions is calculated.

Сметанін Сергій Олександрович

УДК 629.4.014: 629.424.1

Розвиток методів і технологій технічного обслуговування тепловозів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск



ас. О.С.Коваленко

Підписано до друку 21.03.2012 р. Формат паперу А5
Папір для тиражувальних апаратів, друк на різнографі
Умовн. – друк. арк. 0,9. Обл. – вид. арк. 1,1
Замовлення № 120. Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК №2874 від 12.06.2007р.
Друкарня УкрДАЗТу, 61050, м. Харків, пл. Фейербаха, 7