

Українська державна академія залізничного транспорту

ДРОБАХА Володимир Ілліч

УДК 629.4.016.2: 629.424

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛІКУ ТА НОРМУВАННЯ ВИТРАТ
ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків–2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі “Експлуатація та ремонт рухомого складу” Міністерства транспорту та зв’язку України

Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент
Котов Володимир Володимирович,
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра «Експлуатація та ремонт рухомого складу», доцент

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Кудряш Анатолій Петрович,
Інститут проблем машинобудування імені
А.М.Підгорного НАН України, відділ поршневих енергоустановок, старший науковий співробітник

- кандидат технічних наук, професор
Могила Валентин Іванович,
Навчально-науковий інститут рейкового транспорту
Східноукраїнського національного університету
імені
В.Даля, директор

Провідна установа – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В.Лазаряна, кафедра «Локомотиви», Міністерство транспорту та зв’язку України, м. Дніпропетровськ

Захист відбудеться “_____” _____ 2004 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий «_____» _____ 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Фалендиш

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. На сучасному етапі розвитку економіки України проблема раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів набуває особливої актуальності у зв'язку із зростанням їх дефіциту. Це призводить до необхідності жорсткого розподілу і лімітування витрат палива.

На залізничному транспорті паливно-енергетичні витрати становлять 17-19% від усіх експлуатаційних витрат. Тому однією з умов економії енергії на тягу поїздів є науково-обґрунтоване її нормування, яке дозволяє об'єктивно визначати необхідний об'єм енергетичних ресурсів в функції розмірів транспортної роботи. Науковий підхід до розробок методики розрахунків витрат дизельного палива, його контролю та обліку дозволяє виявити сховані внутрішні резерви його економії і забезпечити стимулювання раціонального використання енергоресурсів.

Актуальність теми. Для поліпшення техніко-економічних показників роботи залізничного транспорту України потрібно поряд з більш ефективним використанням залізничної колії і рухомого складу забезпечувати економні витрати енергоресурсів на тягу поїздів і розробку енергозберігаючих технологій.

Однак, при цьому існуючі методи недостатньо враховують фактори перевізного процесу, структури та технічного стану рухомого складу. Це робить задачу з доопрацюванням методів достовірного нормування дуже складною і багатогранною. Вона вимагає використання як сучасного математичного апарату так і глибоких практичних знань і досвіду.

Необхідність проведення досліджень у цьому напрямку підтверджується програмою реструктуризації на залізничному транспорті України, положеннями “Національної енергетичної програми”, Законом України “Про енергозбереження”, Державною комплексною програмою з енергозбереження, Указом Президента України №603/2000 від 20 квітня 2000 року “Про стан залізничного транспорту України та заходи щодо забезпечення його ефективного функціонування” та іншими документами.

У зв'язку з цим задача визначення більш досконалих методів розрахунку витрат енергоресурсів на тягу поїздів, а також методів безперервного і високоточного обліку та контролю за витратами дизельного палива у процесі експлуатації локомотивів є важливою і актуальною.

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

Дисертаційна робота виконана у відповідності з планами науково-дослідних робіт в Українській державній академії залізничного транспорту в період 1997-2004 рр. відповідно до положень “Національної енергетичної програми”, Закону України “Про енергозбереження”, а також за планами наукових робіт за темами “Наукове обґрунтування нової електронно-

керуючої системи регулювання дизель-генераторів дизель-поїздів та тепловозів” (номер держреєстрації №0198U005212), “Наукове обґрунтування реалізації Концепції розвитку системи діагностування в локомотивному господарстві залізниць України” (номер держреєстрації №0101U002465), “Вибір оптимальних параметрів перспективних типів магістральних, маневрових тепловозів та моторвагонного рухомого складу” (номер держреєстрації №0104U003178).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є вирішення наукової задачі удосконалення обліку та нормування витрат дизельного палива на тягу поїздів за рахунок створення високоефективних методів нормування і забезпечення високоточного обліку та контролю витрат енергоресурсів на основі моніторингу роботи тепловозів. У зв’язку з цим в роботі поставлені і вирішені наступні задачі:

- дослідження показників процесу перевезень, структури експлуатаційного парку локомотивів, їх технічного стану і умов експлуатації для розробки багаторівневої моделі зниження витрат енергоресурсів на тягу поїздів;

- дослідження відомих методів нормування і оцінка їх можливостей стосовно до задачі нормування, що вирішується на рівні локомотивного депо;

- на основі проведеного аналізу науково обґрунтувати метод нормування, найбільш прийнятний для практичного використання у локомотивній тязі;

- розгляд впливу та одержання залежностей найважливіших експлуатаційних факторів (в тому числі технічного стану локомотива, режиму руху поїзда та інших) на витрати енергії на тягу поїздів і здійснення можливості науко-обґрунтованого їх обліку при нормуванні і прогнозуванні витрат енергоресурсів;

- досягнення найбільшої вірогідності використовуваного метода шляхом розширення кількості факторів, що облікуються, і встановлення надійного функціонального і статистичного зв’язку розмірів споживання дизельного палива тепловозами і основними параметрами перевізного процесу;

- обґрунтування можливості і реалізації способу застосування послідовного аналізу і технології контролю за витратами палива тепловозами у процесі експлуатації;

- впровадження технології оперативного моніторингу енергетичної ефективності експлуатаційного парку тепловозів з використанням персональних ЕОМ.

Об’єктом дослідження є процес обліку та нормування енерговитрат, розрахованих на поїздку тепловоза з поїздом в межах конкретної дільниці обертання.

Предмет дослідження – контроль енерговитрат в системі тепловозної тяги.

Методи дослідження включають в себе класичні методи математичної статистики які використовувались при аналізі факторів, що впливають на витрати палива, їх оцінки і обґрунтуванні нормоутворюючих факторів, а також методів теорії чутливості, заснованих на використанні коефіцієнтів впливу на рішення задач енергетики тепловозної тяги. При цьому виділяються вагомі і невагомі фактори по критеріям їх впливу на результуючі енерговитрати. На цій основі, із застосуванням спеціально розробленої експертної моделі витрат дизельного палива тепловозами на тягу поїздів, обґрунтовується система нормування енерговитрат для локомотивного депо, яка передбачає автоматизований розрахунок технологічних норм по факторам впливу (метод базової норми).

Наукова новізна одержаних результатів полягає у наступному:

- доопрацьовано метод імовірно-статистичного моделювання енергоспоживання при реалізації перевізного процесу з обліком різноманітних діючих експлуатаційних факторів, деякі з яких враховуються вперше;

- одержані аналітичні залежності, які характеризують вплив найважливіших експлуатаційних факторів на енерговитрати, їх відповідні розрахункові формули, а також умови їх вірогідного виконання;

- вперше розроблено розрахункову модель для отримання ефективної, спроможної і об'єктивної оцінки вірогідності методик нормування витрат енергоресурсів на тягу поїздів;

- розроблено модель послідовного аналізу наявності і стану палива у паливному баці тепловозу на базі застосування нової технології безперервного контролю, обліку і моніторингу витрат палива на тягу поїздів;

- удосконалено систему нормування витрат енергоресурсів локомотивами на тягу поїздів за рахунок уточнення обчислюємих функціональних залежностей, що виражаються коефіцієнтами впливу.

Практичне значення одержаних результатів у роботі полягає в тому, що на основі результатів дисертаційної роботи розроблена та затверджена Генеральним директором Укрзалізниці галузева інструкція по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів (ЦТ-0059). Запропоновані в ній системи розрахунку енерговитрат використовуються в практичній роботі локомотивних депо і паливно-теплотехнічних відділів управлінь залізниць. На базі розвинутих в дисертації методів може бути створена автоматизована система розрахунку норм витрат дизельного палива і його повсякденного обліку, реалізована на персональних ЕОМ у складі автоматизованого робочого місця (АРМ) в центрі оперативно-технічного обліку депо.

Впроваджено на дослідному парку тепловозів в локомотивних депо Дарниця Південно-Західної та Харків-Сортувальний Південної залізниць систему автоматизованого моніторингу типу "БІС-Р", яка забезпечує беззупинний контроль кількості дизельного палива в паливному баку тепловоза і дозволяє оперативно враховувати всі виникаючі відміни в організації перевезень і в обслуговуванні локомотива.

Особистий внесок здобувача у сумісних публікаціях:

- аналіз особливостей раціональних режимів керування рухом пасажирських поїздів, розробка системи математичних моделей [2];

- аналіз основних показників перевізного процесу Укрзалізниці, визначення задач нормування [4];

- розробка самоорганізуючої розрахункової моделі для отримання оцінки вірогідності методик нормування [5];

- розробка задачі по розрахунку енергооптимальних режимів ведення поїзду [6];

- аналіз впливу обмеження швидкості руху поїздів і їх зупинок на питоми витрати палива [8];

- аналіз статистичних даних по зносу колісних пар, розробка емпіричних залежностей впливу зносу колісних пар на питоми витрати палива [9];

- розробка рекомендацій по нормуванню витрат палива тепловозів при маневрової роботі, по обліку технічного стану локомотива, удосконалення розрахунків впливу опору руху поїзда, розробка тягово-енергетичних паспортів сучасних локомотивів [10].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідались на:

- 63 - 65 міжнародних науково-технічних конференціях кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств, УкрДАЗТ (Харків, 2001 - 2003 р);

- XIV міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми розвитку рейкового транспорту"(Крим, Ялта, 2004 рік);

- Дисертація повністю доповідалась на розширеному засіданні кафедри "Експлуатація та ремонт рухомого складу" Української державної академії залізничного транспорту в 2004 р з участю членів спеціалізованої вченої ради.

Публікації. На тему дисертації опубліковано 10 статей. З них у виданнях, затверджених ВАК України як фахові – 7 (дві з них без співавторів).

Структура роботи: Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний об'єм дисертації складає 174 сторінки, в тому числі 121 сторінок основного тексту; додатків, списку використаних джерел, рисунків та таблиць 53 сторінки. Робота

ілюстрована 24 рисунками, наведено 26 таблиць. Список використаних джерел складається з 166 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

У першому розділі виконано аналіз існуючої динаміки споживання енергоресурсів на тягу поїздів в Укрзалізниці. Виявлені тенденції розвитку перевізного процесу за останні роки, використання рухомого складу, витрат енергоресурсів на тягу поїздів, а також охарактеризовані технічні та організаційні заходи Укрзалізниці по економії енергоресурсів при здійсненні поїзної роботи. Результати аналізу показали, що питомі витрати енергії на тягу суттєво відрізняються не тільки у різних серій тепловозів та електровозів, а й між однотипних локомотивів і в межах однакових видів руху і в визначених регіонах експлуатації.

Розсіювання показників енергоефективності різних локомотивів обумовлювались не тільки їх конструкційними особливостями і паливо-енергетичними характеристиками, а й умовами здійснення перевізного процесу, організацією експлуатаційної роботи (особливостями тягових дільниць, кліматичними умовами, коливаннями вантажопотоку, кваліфікацією робітників та іншими факторами). Значимість цих факторів зростає при зменшенні обсягів перевезень, зміні структури вантажопотоків і рухомого складу.

Із комплексу технічних, технологічних і організаційних заходів, що забезпечують ефективність використання енергоресурсів на тягу поїздів, виявлено першочергове значення обґрунтованого, достовірного нормування витрат електроенергії і дизельного палива.

Як показав аналіз зведених даних по найбільших локомотивних депо, науково обґрунтована і технічно досконала система нормування, обліку і контролю забезпечує зниження енерговитрат на 8-10% порівняно із іншими підприємствами. Особливу актуальність це завдання набуває при розгляді умов роботи тепловозного парку. У розділі обґрунтовується енергетична ефективність тепловозів і приводиться розгорнута постановка задачі і метода дослідження.

У другому розділі приводиться класифікація норм витрат дизельного палива та існуючі методи їх розрахунків. Задачі удосконалення методів розрахунків витрат енергоресурсів при реалізації перевізного процесу залізниць присвячено велике число наукових робіт. Найбільшу відомість

набули фундаментальні праці Долінджева А.І., Ісаєва І.П., Молярчука В.С., Новикова А.П., Тверитіна В.Н. та інші. В теперішній час праці в галузі удосконалення конструкції, методів розрахунків експлуатаційної надійності та ефективності тепловозної тяги виконуються під керівництвом Басова Г.Г., Боднаря Б.Є., Босова А.А., Володіна А.І., Голубенка О.Л., Грищенко С.Г., Киселева В.І., Косова Є.Є., Кудряша А.П., Кузнєцова Т.Ф., Кузьмича В. Д., Кулікова Ю.А., Могили В.І., Мороза В.І., Мугінштейна Л.А., Стрекопитова В.В., Тартаковського Е.Д., Феоктістова В.П. та інші.

Розглянуті у дисертаційному дослідженні методи нормування відрізняються один від одного використаним математичним апаратом, варіантами підрахунку норм, ступенями обліку факторів, які впливають на енерговитрати та іншими особливостями. Аналіз існуючих методів нормування витрат енергії проводився за допомогою розробленої системи для розрахунку моделі витрат дизельного палива тепловозами на тягу поїздів, що полягала у виборі єдиної моделі найбільшої точності за допомогою перебору, не враховуючи суб'єктивної думки людини про структуру моделі.

Результати проведених досліджень виявили, що жодна з моделей не може претендувати на абсолютну точність, тому що вибір обмеженої кількості незалежних перемінних не дозволяє з достатньою вірогідністю врахувати вплив на питомі витрати палива інших факторів, що по різному впливають на умови руху поїзду при конкретних експлуатаційних обставинах.

У практичній діяльності більш доцільно використовувати єдину модель, що базується на такому алгоритмі розрахунків норм витрат палива на тягу поїздів, яка б забезпечувала облік усіх основних експлуатаційних факторів. Порівняльний аналіз методів, що досліджувались, дозволив зробити висновок у тому, що по точності результатів, котрі розраховувались і можливостям його подальшого удосконалення у якості базового може бути прийнято метод, основи якого були розроблені ЦТ, ВНДІЗТ, ІКТП. В суті цього методу лежить визначення витрат енергії локомотивами на експлуатаційний вимірник перевізної роботи (10 тис. ткм брутто для поїзної і 100 локомотиво-км для маневрової роботи), а також загальних витрат енергоресурсів з урахуванням об'ємів перевезень і маневрової роботи. Прогнозні витрати енергії в даній методиці визначаються по наступній формулі

$$e = e_0 \cdot \prod_{j=1}^{j=n} K_j, \quad (1)$$

де e - очікувані витрати електроенергії або палива в заданий період часу;

e_0 - базові витрати електроенергії або палива, що визначаються по енергетичних паспортах локомотивів в залежності від заданих вагових норм і швидкості руху;

K_j - коефіцієнти впливу нормоутворюючих факторів.

Підбір коефіцієнтів і методика їх обчислення виконується на базі узагальнення і систематизації накопиченого досвіду по визначенню питомих енерговитрат як функції сукупної дії багатьох експлуатаційних факторів.

У *третьому розділі* розроблені теоретичні основи удосконалення системи нормування витрат енергоресурсів на тягу поїздів, створена оцінка впливу експлуатаційних факторів на витрати палива локомотивами, здійснено вибір основних нормоутворюючих факторів для розрахункової моделі. Відповідно до цього аналізу сформовано багато таких факторів, що впливають на витрати палива: Q – маса складу брутто, т; $\eta_{л}$ – к. к. д. локомотива; N_k – дотична потужність локомотива, кВт; $v_{ср.м}$ – середня технічна швидкість, км/год; \bar{b}_x – відносні витрати палива, що являють собою відношення годинних витрат енергоносія на режимі холостого ходу (b_x) і номінального режиму (B_H); K_x – коефіцієнт холостого ходу локомотива, виражений відношенням часу холостого ходу до загального часу руху поїзда; $K_{мс}$ – коефіцієнт, який враховує технічний стан локомотива; $P_{зч}$ – середнє навантаження на вісі поїзду.

Вибір факторів здійснювався за допомогою метода кореляційного аналізу. Кореляційна матриця нормоутворюючих факторів наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Пара-метр i	Q (x_1)	$\eta_{л}$ (x_2)	N_k (x_3)	$v_{ср.м}$ (x_4)	\bar{b}_x (x_5)	K_x (x_6)	$K_{мс}$ (x_7)	$P_{зч}$ (x_8)	ω_o (x_9)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q (x_1)	1	0.319	-0.309	0.124	0.079	-0.321	0.208	-0.386	0.065
$\eta_{л}$ (x_2)	0.319	1	0.328	-0.733	0.556	0.362	0.664	0.829	0.703
N_k (x_3)	-0.309	0.328	1	-0.159	0.137	0.207	-0.648	-0.445	0.169
$v_{ср.м}$ (x_4)	0.124	-0.733	-0.159	1	0.356	-0.398	-0.631	-0.214	0.996
\bar{b}_x (x_5)	0.079	0.556	0.137	0.356	1	0.367	0.266	0.404	0.323
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_x (x_6)	-0.321	0.362	0.207	-0.398	0.367	1	-0.185	0.367	0.409
$K_{мс}$ (x_7)	0.208	0.664	-0.648	-0.631	0.266	-0.185	1	0.259	0.625
$P_{зч}$ (x_8)	-0.386	0.829	-0.445	-0.214	0.404	0.367	0.259	1	0.178

$\omega_o (x_9)$	0.065	0.703	0.169	0.996	0.323	0.409	0.625	0.178	1
------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---

Формою виразу взаємозв'язку факторів, що визначають енергетичну ефективність локомотива, є граф-модель (рис.1).

Після побудови графа знаходимо середнє значення вибраних коефіцієнтів кореляції r_{cp} . За допомогою цього параметра на графі виділяють групи факторів так, щоб значення коефіцієнтів кореляції групи були більше ніж r_{cp} . При цьому виходить наступне розбивання графа по групам факторів:

- 1) Q ; 2) $P_{сц}$; η_l ; $v_{cp.m}$; ω_o ; K_{mc} і N_k ; 3) b_x ; 4) K_x

Для перевірки незалежності вибраних факторів виконана перевірка нулевої гіпотези $H_o : \rho = 0$ „о рівності нулю” коефіцієнтів кореляції. В числі цих, виявлені незалежні параметри Q , v_{cp} , b_x і K_x .

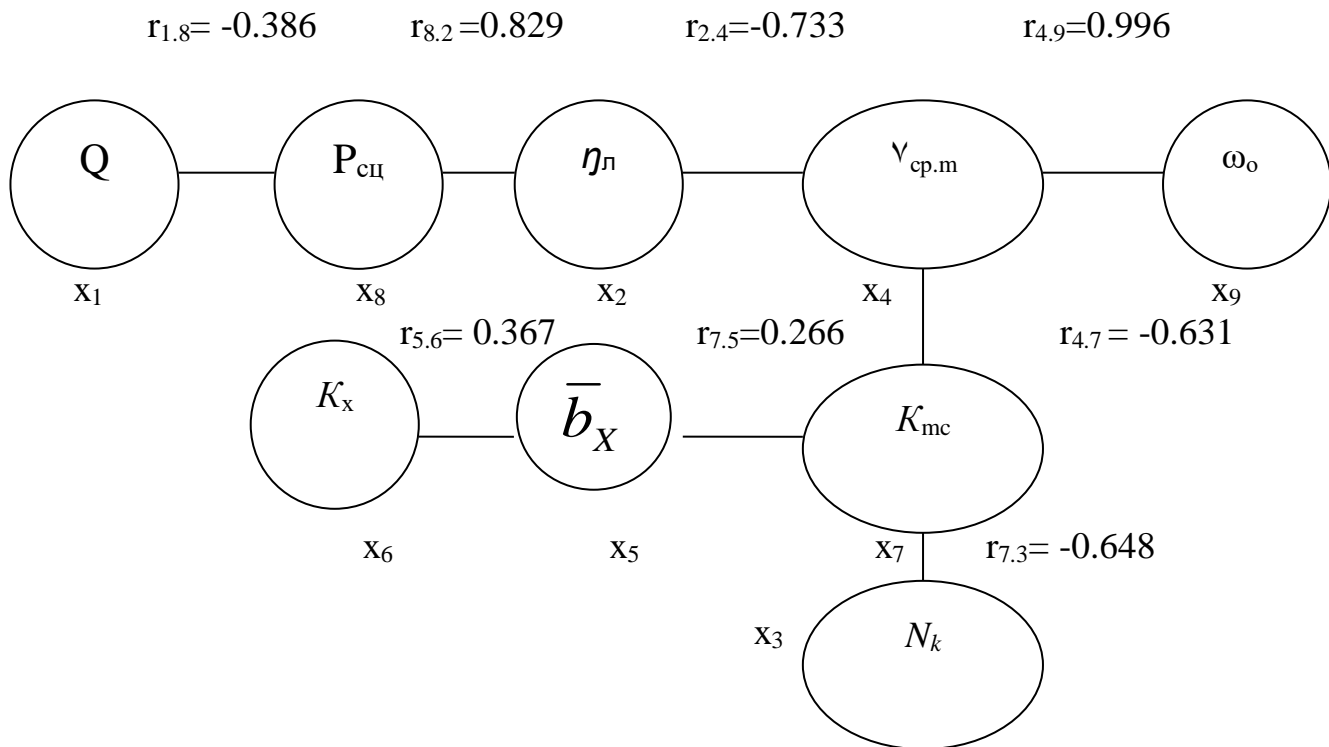


Рис.1. Граф-модель кореляційного зв'язку нормоутворюючих факторів

Подальше підвищення точності нормування досягнуте за рахунок поширення аналізу експлуатаційних факторів, що впливають на витрати енергоресурсів, обґрунтування за допомогою кореляційного аналізу найбільш нормоутворюючих факторів, а також за рахунок уточнення і

удосконалення методик визначення їх кількісного впливу, що виражається коефіцієнтами впливу.

При розрахунку коефіцієнту $K_{СП}$, який характеризує ступінь впливу на витрати енергії сил опору составу, рекомендовано враховувати наявність на дільниці безстикової колії, доля якої в останні роки збільшується, а для пасажирських поїздів доцільно враховувати наявність в составі пасажирських вагонів з кондиціонуванням. При підрахунку величини сил опору, діючих на поїзд, рекомендовано враховувати особливості впливу опору локомотива на величину загального опору, котрий залежить від співвідношення мас состава і локомотива, а також від швидкості руху поїзда.

Перетворивши у відповідності з запропонованими рекомендаціями вихідні формули, доопрацювання методу розрахунку коефіцієнта $K_{СП}$ можна подати наступним чином

$$K_{СП} = K'_{СП} \cdot K_L, \quad (2)$$

$$\text{де } K'_{СП} = \frac{\omega''_{оx} - \omega''_o}{\omega''_o} \quad \text{і} \quad K_L = \frac{1}{1 + \frac{\omega'_o}{Q' \cdot \omega''_o}}$$

В представлених виразах:

$K'_{СП}$ - коефіцієнт, що характеризує зміну основного питомого опору нормуючих вагонів по відношенню до опору вихідних вагонів при відсутності впливу опору локомотива;

K_L – коефіцієнт, що відображає вплив опору локомотива на опір поїзда (величина його залежить від швидкості і співвідношення мас состава і локомотива);

$\omega''_{оx}$ – основний питомий опір любого X-го типа вагона з навантаженням на вісь $q_o=17,5$ т/вісь, Н/кН;

ω''_o – основний питомий опір вихідних (4-х вісьних вагонів з роликівими буксовими підшипниками і навантаженням на вісь вагону $q_o = 17,5$ т/вісь) Н/кН;

ω'_o – основний питомий опір локомотива, Н/кН;

Q' – відносна маса состава, що визначається відношенням $Q' = Q/P$, де P – маса локомотива, т.

При наявності в составі різних по значенню опору вагонів коефіцієнт $K'_{СП}$ запропоновано визначати виразом

$$K'_{СП} = \sum_{X=1}^{X=n} (\beta_X \cdot K'_{СП_X}), \quad (3)$$

де β_x – доля маси однотипних вагонів від маси всього составу, тобто,

$$\beta_x = Q_x / Q;$$

K'_{cn_x} – коефіцієнти, що визначаються по формулі (2) для кожного типу вагонів.

Питомий опір руху локомотивів і вагонів, з урахуванням наявності на дільниці безстикової колії і присутності в составі порожніх вагонів, рекомендовано визначати по наступним залежностям

$$\omega'_o = 1,9 + 2 \cdot 10^{-3} \left(5 - \frac{M_{\acute{o}n}}{100}\right) \cdot V + 5 \cdot 10^{-5} \left(6 - \frac{M_{\acute{o}n}}{100}\right) \cdot V^2; \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \omega''_o = & 0,871 + 0,57 \cdot 10^{-3} \left(10 + 16,4 \cdot \frac{M_n}{100} - \frac{M_{\acute{o}n}}{100} \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{M_n}{100}\right)\right) \cdot V + \\ & + 0,286 \cdot 10^{-4} \left(5 - 2,12 \cdot \frac{M_n}{100} - \frac{M_{\acute{o}n}}{100} \cdot \left(1 - 0,04 \cdot \frac{M_n}{100}\right)\right) \cdot V^2; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\omega''_{08} = 0,7 + \frac{6}{q_o} + \frac{V}{q_o} \cdot \left(0,038 - 0,012 \cdot \frac{M_{\acute{o}n}}{100}\right) + \frac{V^2}{q_o} \cdot \left(0,0021 - 0,0004 \cdot \frac{M_{\acute{o}n}}{100}\right)$$

(6)

$$\omega''_{оп} = 0,7 + \frac{8}{q_o} + \frac{V}{q_o} \cdot \left(0,18 - 0,02 \cdot \frac{M_{\acute{o}n}}{100}\right) + \frac{V^2}{q_o} \cdot \left(0,003 - 0,0007 \cdot \frac{M_{\acute{o}n}}{100}\right) + \omega_{шт}; \quad (7)$$

$$\omega_{шт} = \frac{136}{q_o \cdot V} \cdot \left(2 + 9 \cdot \frac{M_K}{100}\right) \cdot \bar{\tau} \quad ,$$

(8)

де V – середня технічна швидкість, км/год;

$M_{бп}$ - доля безстикової колії, %;

$M_{п}$ - доля порожніх вагонів в составі, %;

M_K - доля пасажирських вагонів з кондиціонерами, %;

q_o - навантаження на вісь вагона, т/вісь;

$\omega_{шт}$ - додатковий питомий опір від підвагонного генератора;

$\bar{\tau}$ - відносний час роботи кондиціонерів.

Для оцінки залежності питомих витрат палива від терміну служби вантажних тепловозів серії 2М62, 2ТЕ10М і 2ТЕ116 були проведені випробування на Львівській, Одеській, Південній залізницях з тепловозами різних вікових груп. На підставі проведених випробувань зроблено висновок про те, що для більш об'єктивного обліку і нормування витрати палива локомотивами необхідно диференціювати норми витрати, з урахуванням періоду експлуатації тепловозів, тобто їх віку. Основна розрахункова формула розробленої галузевої інструкції доповнена коефіцієнтом $K_{ТС}$, який

враховує зміни характеристик витрати палива в залежності від віку локомотива. Коефіцієнт K_{TC} - чисельно характеризує відносні зміни середньої витрати палива на показник 10000 ткм бр. до середнього значення витрати палива в період роботи тепловоза після побудови з урахуванням умов експлуатації. В залежності від пробігу, строків проходження КР, особливостей експлуатації коефіцієнт K_{TC} змінюється в діапазоні 1,05-1,25.

Додатково до коефіцієнтів впливу, що входять в формулу (1) рекомендується упроваджувати коефіцієнт, котрий характеризуватиме особливості руху поїзда, ступень досконалості його управління, зміни швидкості руху. Показником досконалості траєкторії швидкості може стати відношення середньозваженої від шляху швидкості \bar{V} на ділянці L кілометрів до середньої технічної швидкості V_T

$$K_{TP} = \frac{\bar{V}}{V_T} = \frac{\sum V_C}{L \cdot V_T} \cdot \Delta S. \quad (9)$$

При визначенні \bar{V} середня швидкість V_C знаходиться в інтервалі 10 км/год на відповідному інтервалі шляху ΔS при розшифровці кривої $V(S)$, отриманої при прийнятому варіанті руху.

Одним з перспективних шляхів економії енергоресурсів є впровадження енергооптимальних режимних карт ведення поїздів на головних напрямках залізниць України. У процесі проведення науково-дослідних робіт було розроблено програмно-обчислювальний комплекс для розрахунків енергооптимальних режимних карт, в основі алгоритму якого використана математична модель поїзда (гнучка нитка) і метод оптимізації (динамічне програмування в дискретній формі) режимів ведення поїздів між пунктами зупинки, при заданому (графіковому) часі ходу.

У четвертому розділі приводяться відомості про розроблену автоматизовану систему обліку і контролю кількості дизельного палива в паливному баку тепловоза і результати її використання. Розроблена електронна система контролю наявності дизельного палива ("БІС-Р") призначена для беззупинного контролю кількості дизельного палива в паливному баку тепловоза, в тому числі коли його рівень знаходиться в межах перемичок паливомірного скла, а також здійснення наступних облікових операцій:

- контроль об'єму відпуску дизельного палива і часу заправки;
- облік реальної витрати дизельного палива в процесі моніторингу на всіх режимах роботи тепловоза;
- фіксація об'єму, кількості і часу можливих зливів палива, визначення наявності води в паливному баку тепловоза.

Система здійснює безупинний контроль наявності палива і його температури в часі як при працюючому двигуні тепловоза, так і при зупиненому дизелі. Структурна схема системи контролю наявності і витрат дизельного палива тепловоза наведена на рис. 2.

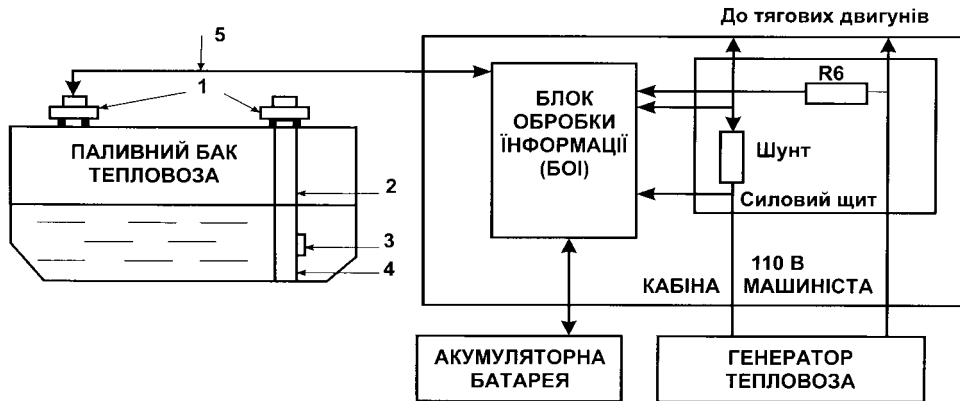


Рис. 2. Структурна схема системи контролю наявності і витрат дизельного палива тепловоза

1 – блоки перетворювачів (2 од.); 2 – датчики рівня палива (2 од.); 3 – датчики температури (2 од.); 4 – датчики підтоварної води (2 од.); 5 – кабель живлення та зв'язку

Спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє зчитати архів із модуля пам'яті і вивести його на екран у виді графіка. Зразковий вид графіка приведений на рис. 3. Якщо на протязі часу, за який двигун тепловоза не запускався, відбудеться зменшення кількості палива в баку система видає сигнал «тривоги» із фіксацією часу в архіві подій (рис. 4). Система «БІС-Р» дозволяє визначити завантаженість локомотива в роботі та час простою в режимі холостого ходу та холодному стані, що в свою чергу дає можливість об'єктивно нормувати локомотивним бригадам право витрат дизпалива на фактично виконану роботу. Використання даної системи дозволяє визначити витрати дизельного палива по елементам нормування при виконанні тепловозом змішаної роботи за зміну (наприклад – маневри, резервний пробіг, робота із колійною технікою та інше). Інформація про витрату палива може накопичуватися, архівуватися і використовуватися при упорядкуванні звітів за зміну, добу, місяць, рік за допомогою ЕОМ.

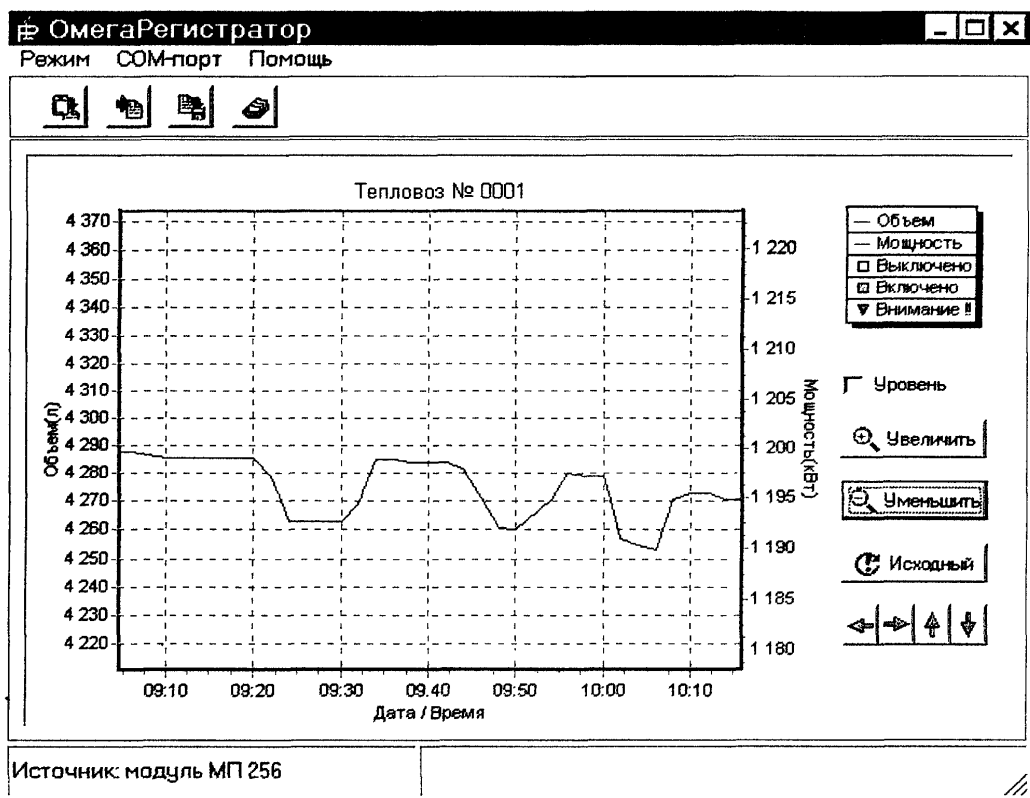


Рис. 3. Данні системи “БІС-Р”, зчитані ЕОМ

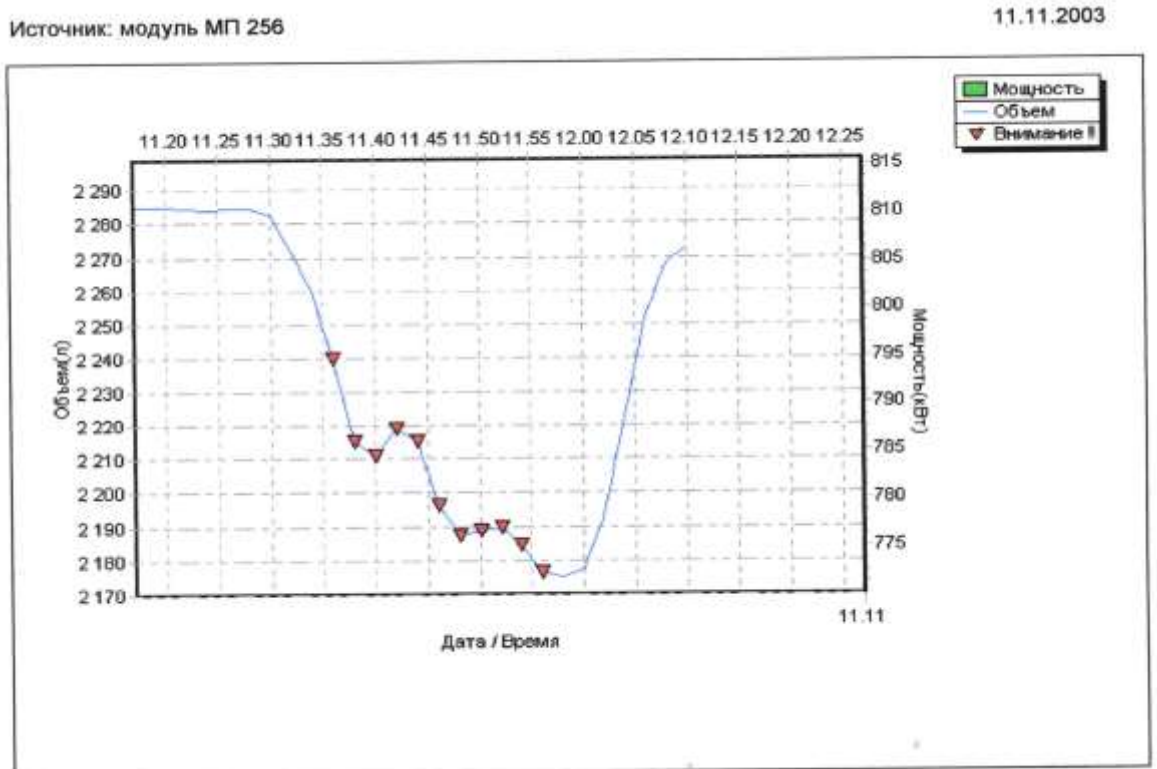


Рис. 4. Дані роботи системи „БІС-Р” з позначками необґрунтованого зменшення рівня палива в баку тепловозу

Порівняльний аналіз витрат дизпалива тепловозами, обладнаними системою “БІС-Р” проводився із тепловозами локомотивних депо Харків-Сортувальний Південної залізниці і Дарниця Південно-Західної залізниці, що експлуатуються приблизно в однакових умовах.

Враховуючи позитивні результати дослідної експлуатації системи “БІС-Р” в депо Харків-Сортувальний і Дарниця та проведених комісійних випробувань, Головне управління локомотивного господарства Укрзалізниці постановило впровадити дослідну партію вказаної системи в локомотивному господарстві.

У п'ятому розділі проведено аналіз ефективності використання удосконаленого метода нормування витрат дизельного палива, а також його обліку та контролю у процесі експлуатації локомотивів.

Показано, що економічний ефект від запропонованих заходів одержано за рахунок збільшення наукової обґрунтованості основних положень метода, розширення його можливостей, забезпечення підвищеної точності та універсальності.

Впровадження системи „БІС-Р” в локомотивних депо Південної залізниці забезпечило економічний ефект, що складає 4,4 -4,7% від витрат паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) на тягу поїздів.

Річний економічний ефект від впровадження системи „БІС-Р” складає 6,2 тис. грн. на один тепловоз.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які у сукупності вирішують наукову задачу удосконалення системи нормування витрат дизельного палива на тягу поїздів, а також його обліку і контролю, тобто поставлена мета і задачі вирішені. Виконані в дисертації дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції.

1. Виконаний аналіз показників роботи Укрзалізниці за час її існування показує, що зменшення обсягів перевезень, яке мало місце особливо у 1992-1996 рр. негативно вплинуло на питомі витрати дизельного палива і електроенергії. Особливо збільшилися питомі витрати дизельного палива на вимірник виконаної роботи тепловозами (в 1,1-1,2 рази). Зміна показників перевізного процесу, структури експлуатаційного парку локомотивів, їх технічного стану і умов експлуатації вимагають здійснити комплексний підхід до дослідження проблем ефективного використання енергоресурсів на тягу поїздів, у першу чергу за рахунок удосконалення методів нормування витрат енергії, а також обліку та контролю за її використанням.

2. Сучасні методи нормування і оцінки витрат палива і електроенергії не можуть бути визнані достатньо точними, оскільки в повній мірі не враховують всіх різноманітних факторів, що впливають на економічність локомотивів, дуже рідко використовують високоточні засоби вимірювання і контролю і вимагають подальшого удосконалення.

3. На основі проведеного аналізу вірогідності сучасних методів нормування витрат дизельного палива науково обґрунтовано метод нормування, який дозволяє враховувати усі основні експлуатаційні фактори і забезпечує методологічно точну і обґрунтовану можливість визначення кількісних характеристик кожного нормоутворюючого фактора.

4. Розглянуто вплив найважливіших експлуатаційних факторів на витрати енергії на тягу поїздів і рекомендовані умови науково-обґрунтованого їх обліку в розробленому методі. В тому числі вперше введено коефіцієнт технічного стану $K_{тс}$, який змінюється в діапазоні 1,05-1,25 в залежності від серії тепловозу, його пробігу, особливостей експлуатації, строків проходження КР, а також коефіцієнт $K_{тр}$, котрий характеризуватиме режим руху поїзда, ступінь досконалості його управління, зміну швидкості руху.

5. Розроблено алгоритм і програмне забезпечення, що має більшу швидкодію, які можуть застосовуватись як самостійний програмно-обчислювальний комплекс для розрахунку енергооптимальних режимних карт, так і в бортових комп'ютерних енергозберігаючих системах.

6. В результаті проведених досліджень досягнута найбільша вірогідність використовуваного метода шляхом розширення кількості факторів, що облічуються і встановлення надійного функціонального і статистичного зв'язку розмірів споживання дизельного палива тепловозами і основними параметрами перевізного процесу.

7. Обґрунтована можливість і реалізовано спосіб застосування послідовного аналізу і технології контролю за витратами палива тепловозами у процесі експлуатації.

8. Впроваджена технології оперативного моніторингу енергетичної ефективності експлуатуемого парку тепловозів з використанням персональних ЕОМ.

9. Результати дослідження і розробок впроваджено на всіх залізницях України ("Інструкція по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів" ЦТ-0059), а також в локомотивних депо Південної, Південно-Західної залізниць (система "БІС-Р")

10. Впровадження системи „БІС-Р” в локомотивних депо Південної залізниці забезпечило економічний ефект, що складає 4,4-4,7% від витрат ПЕР на тягу поїздів.

Річний економічний ефект від впровадження системи „БІС-Р” складає 6,2 тис. грн. на один тепловоз.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Дробаха В.І. Вплив віку локомотива і його загального напрацювання на енергетичні показники // Збірн. наук. праць ХарДАЗТ, 2002.- Вип. 49.- С. 57-60.
2. Блохин Е.П., Евдомаха Г.В., Скалозуб В.В., Дробаха В.І. Модель оптимального регулятора для управління движением пассажирских поездов // Транспорт. Збірн. наук. праць ДІІТу.- Д: Наука і освіта, 2002.- Вип.10.– С.58-65.
3. Дробаха В.І. Удосконалення системи нормування витрат електроенергії і палива локомотивами на тягу поїздів // Транспортні системи і технології. Збірн. наук. праць КУЕТТ.- К: КУЕТТ, 2003. – Вип. 1-2. – С. 51-53.
4. Сергієнко М.І., Дробаха В.І., Котов В.В. Проблеми нормування витрат енергоносіїв на тягу поїздів // Залізнич. транспорт України. 2003. -№2.– С.11-13.
5. Дробаха В.І., Котов В.В. Вірогідність методик нормування витрати дизельного палива на тягу поїздів // Збірн. наук. праць УкрДАЗТ, 2003.- Вип. 56. – С.16–26.
6. Скалозуб В.В., Євдомаха Г.В., Дробаха В.І. Исследование режимов ведения поездов с учетом переменных тарифов оплаты электроэнергии // Системні технології. Регіональн. міжвуз. збірн. наук. праць.- Вип. 3 (26). – Д: ДНВП, 2003. – С. 142 –150.
7. Дробаха В.І. Шляхи зменшення витрат дизельного палива на тягу // Залізнич. транспорт України. 2004.- №1.- С. 28 –30.

Список робіт, додатково опублікованих за темою дисертації:

8. Дробаха В.І., Котов В.В. Оценка влияния некоторых особенностей эксплуатации тепловозов на удельный расход топлива / Депонирована в ЦНИИТЭИ МПС № 5516 от 15.02.1991.-5с.
9. Котов В.В., Дробаха В.І. Телиман Н.А. Оценка влияния технического состояния колесных пар локомотивов на удельный расход топлива / Депонирована в ЦНИИТЭИ МПС № 5629 от 20.09.1991.-4с.
10. Інструкція по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів (ЦТ-0059) / Е.Д.Тартаковський, В.В. Котов, М.І.Сергієнко, В.І.Дробаха.- К.: Укрзалізниця, 2003.- 85 с.

АНОТАЦІЯ

Дробаха В.І. Удосконалення обліку та нормування витрат дизельного палива на тягу поїздів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів; Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2004.

Дисертація присвячена питанням підвищення ефективності процесу перевезень на залізничному транспорті за рахунок удосконалення системи нормування витрати дизельного палива, а також його оперативного обліку в режимі безперервного контролю.

Розглянувши широке коло технічних і організаційних заходів, що реалізовані Укрзалізницею по економії енергоресурсів, зроблений обґрунтований висновок про те, що одним з найважливіших факторів, що забезпечують дієві результати у ресурсозбереженні є науково-обґрунтоване нормування і використання достовірного і безперервного обліку і контролю за витратою дизельного палива на тягу поїздів. Особливу значимість ці проблеми мають при експлуатації тепловозів.

Здійснено класифікацію й аналіз існуючих методів нормування витрати палива на тягу поїздів, вироблена порівняльна оцінка їх вірогідності. Дані научне обґрунтування і теоретична розробка метода нормування, який найбільш прийнятний для практичного використання при експлуатації локомотивів.

Розроблено електронну систему обліку наявності дизельного палива в паливному баку тепловоза, яка призначена для здійснення безперервного контролю за витратою палива на всіх режимах роботи тепловоза і фіксації можливих несанкціонованих зливів палива, а також дозволяє визначати температуру палива і наявність води в паливному баці.

Ключові слова: нормування, енерговитрати, локомотив, експлуатація, режими роботи, тяга поїздів, облік, контроль.

АННОТАЦІЯ

Дробаха В.И. Совершенствование учета и нормирования расхода дизельного топлива на тягу поездов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта Министерства транспорта и связи Украины; Харьков, 2004.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности осуществления перевозок на железнодорожном транспорте за счет

совершенствования системы нормирования расхода дизельного топлива, а также его оперативного учета в режиме непрерывного контроля.

В работе проведен анализ показателей перевозочного процесса Укрзализныци за весь период ее существования, а также выявлены тенденции изменения расхода энергоресурсов на тягу поездов с 1960 года по настоящее время и факторы оказывавшие первостепенное влияние на эффективность энергоиспользования.

Рассмотрев широкий круг технических и организационных мероприятий реализуемых Укрзализныцей по экономии энергоресурсов, сделан обоснованный вывод о том, что одним из важнейших факторов, обеспечивающих действенные результаты в ресурсосбережении, является научно-обоснованное нормирование и использование достоверного и непрерывного учета и контроля за расходом дизельного топлива на тягу поездов. Особую значимость эти проблемы приобретают при эксплуатации тепловозов. В работе обосновывается энергетическая эффективность тепловозов и рассматриваются пути ее повышения.

Осуществленная классификация и анализ существующих методов нормирования расхода топлива на тягу поездов позволил сделать вывод о том, что современные методы оценки расхода топлива не могут быть признаны достаточно точными так как в полной мере не учитывают всех разнообразных факторов влияющих на экономичность локомотивов, очень редко применяются высокоточные способы замеров и контроля. В результате проведенного анализа достоверности современных методов нормирования расхода дизельного топлива, который выполнен при помощи специально разработанной самоорганизующейся системы расчета и сравнения моделей расхода энергоресурсов, выбрана наиболее целесообразная форма расчетной математической модели. Осуществлено научное обоснование и теоретическая разработка метода нормирования наиболее приемлемого для практического использования при эксплуатации локомотивов.

Произведена оценка влияния многочисленных эксплуатационных факторов на расход топлива тепловозами. Осуществлен выбор нормообразующих факторов и обоснована методика определения базовой нормы. Впервые введен коэффициент технического состояния локомотива $K_{тс}$, который изменяется в диапазоне 1,05–1,25 в зависимости от серии тепловоза, его пробега, особенностей эксплуатации, сроков прохождения КР. Усовершенствованы методики определения количественного влияния важнейших эксплуатационных факторов на расход топлива. Рассмотрены особенности учета при нормировании нерегулярно действующих факторов.

Проведенное исследование влияния на энергозатраты широкого круга важнейших эксплуатационных факторов (в том числе технического состояния локомотива, режима движения поезда и других) позволило

обеспечить усовершенствование разрабатываемой модели за счет расширения количества учитываемых факторов и установления надежной функциональной и статистической связи размеров потребления тепловозами дизельного топлива и основными параметрами перевозочного процесса.

Разработан алгоритм и программное обеспечение, которые могут применяться как самостоятельный программно-вычислительный комплекс для расчета энергооптимальных режимных карт, так и в бортовых компьютерных энергосберегающих системах.

Разработана электронная система («БИС-Р») учета наличия дизельного топлива в топливном баке тепловоза, предназначенная для осуществления непрерывного контроля за расходом топлива на всех режимах работы тепловоза и фиксации возможных несанкционированных сливов топлива. Использование бортовой ЭВМ позволяет с точностью до одного литра определять количество топлива полученного при экипировке и остающегося в баке при передаче смены, фиксировать расходы топлива при простое тепловоза, усовершенствовать технологию прогрева дизеля. Система не позволяет накапливать в топливном баке тепловоза не учтенное топливо, дает возможность определять наличие в топливе воды и посторонних примесей. Фиксация степени загруженности локомотивов в перевозочном процессе, времени простоя в режиме холостого хода и холодном состоянии дает возможность объективно нормировать локомотивным бригадам уровень расхода дизельного топлива на фактически выполненную работу.

Согласно данным локомотивного Главка Укрзализныци экономический эффект от внедрения системы «БИС-Р» в локомотивных депо Южной железной дороги составляет 4,4 - 4,7% от расходов дизельного топлива на тягу поездов.

Ключевые слова: нормирование, энергозатраты, локомотив, эксплуатация, режимы работы, тяга поездов, учет, контроль.

SUMMARY

Drobakha V. N. The improvement of accounting and rate setting of diesel fuel consumption to train traction. – Manuscript.

The dissertation for a Candidate's of the technical sciences degree according to the speciality 05. 22. 07- rolling stock of railways and train traction; Ukrainian State Academy of Railway Transport, the Ministry of Transport of Ukraine; Kharkiv, 2004.

The dissertation is dedicated to the questions of raising the efficiency of carrying the traffic by railway transport at the expense of the system rate setting of diesel fuel consumption improvement and also its operations accounting in the regime of continuous control.

Having considered a wide range of technical and organizational measures, being realized by Ukrzaliznytsia as to the economy of energy resources, a grounded conclusion has been made that one of the most important factors providing effective results in saving resources is scientifically grounded rate setting and the usage of reliable and continuous accounting and control over the diesel fuel consumption to train traction. These problems get special importance while operating diesel locomotives.

The classification and analyses of modern methods of diesel fuel consumption rate setting to train traction have been realized, the comparative estimation of their reliability has been made. The scientific grounding and the theoretical development of rate setting method, most acceptable for practical usage while operating diesel locomotives, have been given.

The electronic system of accounting of diesel fuel presence in the diesel locomotive fuel tank intended for continuous control over the fuel consumption under all the working diesel locomotive regimes and for recording possible unsanctioned fuel pour offs and also determining the temperature of fuel and the presence of water in the fuel tank has been developed.

Key words: rate setting, energy expenses, locomotive, operation, working regimes, train traction, accounting, control.

Дробаха Володимир Ілліч

УДК 629.4.016.2:629.424

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛІКУ ТА НОРМУВАННЯ ВИТРАТ
ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доцент Крашенінін О.С.

Підписано до друку „_____” _____ 2004 р.
Формат паперу 60 x 84 1/16. Папір для множних апаратів.
Ум. друк. арк.. 0,9. Обл.- вид. арк. 1,0 Безкоштовно
Замовлення №_____ Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК №112 від 06.07.2000 р.
Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7