

**МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА**

БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ ЯРОСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 629.424.14.016.2

**УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА
МАНЕВРОВИМИ ТЕПЛОВИЗМИ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

**АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ – 2007

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор

БОДНАР Борис Євгенович,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Міністерства транспорту та зв'язку України,

завідувач кафедри “Локомотиви”, перший проректор

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук, професор

БОСОВ Аркадій Аркадійович,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України,

ни,

професор кафедри прикладної математики

– кандидат технічних наук, доцент

КОТОВ Володимир Володимирович,

Українська державна академія залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України, м. Харків, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу

Провідна установа – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра “Залізничний транспорт” Міністерства освіти і науки України, м. Луганськ

Захист відбудеться “07”червня 2007 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Акад. В. Лазаряна, 2, ауд. 314 (зала засідань)

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Акад. В.Лазаряна, 2

Автореферат розісланий “_03_”_травня_2007 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

І. В. Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми визначається гостротою проблеми енергозбереження на залізничному транспорті і у країні в цілому. Аналіз роботи підприємств залізничного транспорту показав, що середні витрати на локомотивне господарство становлять 31,6 % від загальних витрат на підприємствах, що є найбільшою часткою серед інших господарств залізничного транспорту. У зв'язку зі зростанням ціни на дизельне паливо частка витрат по його оплаті для деяких тепловозних депо становить 40 % і більше експлуатаційних затрат. Скорочення долі цих витрат є значним резервом підвищення ефективності локомотивної тяги.

Основою визначення реальної величини необхідних енергетичних витрат, що відповідають даному рівню технічного озброєння, організації технологічного процесу перевезень і заданому об'єму транспортної роботи, є науково обґрунтовані норми витрати палива, які відображають техніко-економічні параметри тепловозів, показники використання енергетичних потужностей і рухомого складу у цілому, особливості колії, роботу енергоперетворюючих пристроїв і ряд інших факторів, що визначають ефективність енерговикористання.

Актуальність теми також підтверджується нормативними документами, що діють в Україні, а саме: положеннями „Комплексної державної програми енергозбереження”, Програмою енергозбереження на залізничному транспорті України на 1996-2010 роки, Законом України „Про енергозбереження”, Указом Президента України № 603/2000 від 20 квітня 2000 року „Про стан залізничного транспорту України та заходи щодо забезпечення його ефективного функціонування” та ін.

Встановлення раціональних, науково-обґрунтованих прогресивних норм витрати палива на маневрову роботу дозволить поліпшити достовірність планування його потреби, оцінити ефективність витрат, стимулювати раціональне та економне використання дизельного палива. У зв'язку з цим задача удосконалення методики нормування дизельного палива на маневрову роботу є важливою та актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності до „Концепції та програми реструктуризації на залізничному транспорті України на 1998-2008 рр.”, Наказу Укрзалізниці № 41-ЦЗ від 17.02.03 р. „Про прийняття додаткових заходів по забезпеченню збереження нафтопродуктів у локомотивному господарстві” та багатьма іншими нормативними документами Укрзалізниці.

Дана робота є одним із компонентів системного підходу до вирішення проблем зниження витрат палива на тягу поїздів в рамках цільової комплексної програми з економії та підвищенню ефективності використання паливо-енергетичних ресурсів у народному господарстві.

Вибраний напрямок дослідження пов'язаний з планом виконання науково-дослідної роботи у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Ла-

заряна – “Підвищення економічності роботи маневрових тепловозів на пасажирській станції” (№ ДР 0106U010225).

Основні результати роботи отримані під час досліджень, у яких дисертант виступав у якості виконавця.

Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є підвищення ефективності маневрових тепловозів шляхом зменшення витрати дизельного палива при маневровій роботі.

Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити такі задачі:

проаналізувати існуючі методи нормування дизельного палива та етапи їх удосконалення;

визначити основні фактори, що впливають на витрату палива при виконанні заданого об’єму маневрової роботи;

удосконалити математичну модель дотичної роботи тепловоза шляхом врахування основних факторів, що на неї впливають;

запропонувати метод розрахунку:

– ефективної роботи дизеля за відомим значенням дотичної роботи тепловоза;

– годинної витрати палива за відомим значенням ефективної роботи дизеля;

розробити алгоритм визначення годинної витрати палива на основі величини ефективної роботи дизеля та відповідне програмне забезпечення;

визначити економічну ефективність впровадження нового методу нормування витрати дизельного палива.

Об’єктом дисертаційного дослідження є маневрова робота з пасажирськими складами.

Предметом дослідження є витрата палива маневровими тепловозами.

Методи дослідження. У роботі були використані наступні методи:

– класичної механіки, теорії тяги поїздів, чисельного інтегрування – для удосконалення загального виду моделі дотичної роботи тепловоза;

– методи математичної статистики, теорії ймовірності та досліджень в умовах експлуатації – для встановлення діапазонів значень факторів, що впливають на дотичну роботу та годинну витрату палива маневрового тепловоза;

– методи опису багатовимірних поверхонь та планування активного експерименту – для побудови математичних моделей дотичної роботи та годинної витрати палива маневрового тепловоза.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розвитку теоретичних основ удосконалення розрахунку витрати дизельного палива маневровими тепловозами та його нормування, а саме:

вперше

- з використанням методу вузлових точок побудована математична модель визначення дотичної роботи тепловоза, що дозволило встановити величину енергетичних затрат його силової установки для виконання маневрової роботи;

- в основу встановлення норми витрати палива на маневри покладена величина енергетичних затрат на їх проведення, що дозволило підвищити ефективність використання маневрових тепловозів і зменшити витрати дизельного палива;

удосконалено

- математичну модель визначення кількості маневрових півреїсів, необхідних для виконання заданого об'єму роботи, що дозволяє вибрати раціональну схему проведення маневрів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у використанні запропонованої методики нормування витрати палива на залізницях України.

Встановлено діапазон годинної витрати палива тепловозом у залежності від ефективної роботи дизеля на основі аналізу універсальних багатопараметрових характеристик та розроблено програмне забезпечення, що дозволяє проводити нормування дизельного палива та прогнозувати його витрату на перспективу.

Універсальні багатопараметрові характеристики дизеля описано у вигляді поверхонь другого порядку, що дозволяє автоматизувати процес розрахунку витрати дизельного палива тепловоза.

Запропоновано використання бортових систем контролю параметрів роботи тепловозів для визначення втрат потужності на привід допоміжних агрегатів.

Впровадження результатів роботи.

На Львівській залізниці впроваджено:

- математичну модель визначення кількості маневрових півреїсів, необхідних для виконання заданого об'єму роботи для вибору раціональних схем проведення маневрів у залежності від кількості составів, що вимагають переробки;

- метод розрахунку можливих значень годинної витрати палива у залежності від роботи дизеля, для встановлення максимального та мінімального значення годинної витрати палива у залежності від ефективної роботи дизеля.

У локомотивному депо Львів впроваджено:

- метод розрахунку можливих значень годинної витрати палива у залежності від роботи дизеля, для встановлення максимального та мінімального значення годинної витрати палива у залежності від ефективної роботи дизеля.

- програмний комплекс “Нормування” для встановлення норми витрати палива на маневрову роботу з пасажирськими составами.

У науково-виробничому підприємстві “Дніпротехтранс” впроваджено:

- математичну модель розрахунку виконаної маневровим тепловозом дотичної роботи на ос-

нові аналізу рівняння руху поїзда

- спосіб визначення роботи подолання втрат у передачі потужності та на привід допоміжних механізмів, для уточнення розрахунку ефективної роботи дизеля.

- метод розрахунку можливих значень годинної витрати палива у залежності від роботи дизеля, для встановлення максимального та мінімального значення годинної витрати палива у залежності від ефективної роботи дизеля.

Особистий внесок здобувача у спільних публікаціях.

- проведено статистичний аналіз результатів, отриманих під час проведення дослідних поїздок на локомотивах, обладнаних системою контролю експлуатації тепловозів [1];

- проведено аналіз методу розрахунку витрати палива за універсальними характеристиками та пристроїв, у яких даний метод використовується [2];

- підтверджена практично математична модель визначення мінімально необхідної кількості піврейсів для виконання заданого об'єму роботи у маневровому районі [3];

- отримано та проведено статистичний аналіз даних з витрат дизельного палива та режимах роботи маневрових тепловозів [4].

Апробація результатів дисертації

Основні положення дисертаційної роботи доповідались, обговорювались і схвалені на:

- X-ій Міжнародній конференції „Проблеми механіки залізничного транспорту”, (Дніпропетровськ, 2000);

- III-ій Науково-практичній конференції „Техніка, технологія, економіка та управління”, (Київ, 2005);

- II-ій Міжнародній науково-практичній конференції „Впровадження наукоємких технологій на залізничному транспорті” (Алушта, 2006);

- LXVI Міжнародній науково-практичній конференції „Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту” (Дніпропетровськ, 2006);

- наукових семінарах кафедри „Локомотиви” ДПТУ;

- міжкафедральних семінарах механічного факультету ДПТУ.

Публікації Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 4 наукових статтях та 4 тезах конференцій. Статті опубліковані у виданнях, які входять до затвердженого ВАК України переліку наукових видань.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, що викладено на 129 сторінках машинописного тексту і які містять 31 рисунок і 28 таблиць, переліку літературних джерел із 128 найменувань, що викладено на 13 сторінках, 2 додатків на 21 сторінці. Ілюстрації (рисунки) і таблиці, які розміщені на окремих сторінках дисертації, займають 12 сторінок. Повний об'єм дисертації складає 163 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність досліджень, сформульована мета і завдання досліджень, приведені основні наукові положення та результати, винесені на захист, а також відомості про практичне значення результатів роботи, їх апробацію і публікацію матеріалів дослідження.

У першому розділі розглянуті шляхи зменшення витрат дизельного палива маневровими тепловозами, які знайшли відображення у працях вітчизняних та закордонних авторів, у тому числі шляхи удосконалення нормування дизельного палива.

Напрямки підвищення економічності маневрових тепловозів знайшли відображення у значній кількості наукових праць, які проводились у ДПТі, ХПТі, МПТі, ТашПТі, СамПТі, ВНДІЗТі, ЦНП МШС під керівництвом відомих вчених Боднаря Б.Є., Володіна А.І., Гавриленко М.К., Голубенко О.Л., Гончарова Н.Е., Коссова Е.Е., Котова В.В., Кузьміча В.Д., Колесника І.К., Молярчука В.С., Назарова Л.С., Новикова А.П., Пахомова Е.А., Сімсона А.Е., Тартаковського Е.Д., Тверітіна В.М., Толкачова А.В., Хомича А.З., Хуторянського А.І. та інших.

Важливою передумовою пошуку шляхів підвищення ефективності використання тепловозів є вибір критерію оптимальності. За критерій оптимальності роботи маневрового тепловозу пропонується прийняти добуток вартості C і часу T розформування заданої кількості составів n :

$$W = C \cdot T \text{ min при } n = \text{const}$$

Складовою вартості роботи тепловозу є вартість використаного палива C_T . Для досягнення прийнятого критерію оптимальності дану складову необхідно зменшувати. Зменшення вартості використаного палива може бути досягнуто підвищенням паливної економічності роботи маневрових тепловозів, яка може бути оцінена відповідними показниками:

- критерієм середньоексплуатаційної економічності дизель-генераторної установки;
- середньоексплуатаційним ККД тепловаза;
- показником середньоексплуатаційної витрати палива.

Для обліку вказаних показників необхідно, по-перше, проводити моніторинг режимів роботи маневрових тепловозів в експлуатації, і, по-друге, фіксувати витрату палива при цих режимах.

Режими роботи маневрових тепловозів залежать від місця експлуатації і роду маневрів, типу передачі і потужності тепловозу. Середньоексплуатаційна витрата палива визначається в основному витратою на неномінальних режимах. Час роботи тепловозів на цих режимах визначається характером і об'ємом маневрової роботи і вимагає моніторингу.

Для автоматичної постійної фіксації режимів роботи маневрових тепловозів, визначення витрат палива на даних режимах з врахуванням реального технічного стану тепловозів, перспективним є розробка систем і діагностики технічного стану тепловозів і контроль за їх використанням.

Одним із напрямків робіт з подальшого підвищення теплотехнічної ефективності тепловозів є підвищення рівня організації теплотехнічної роботи та раціональне нормування витрати палива з врахуванням реальних умов експлуатації. Щодо маневрового руху - це питання на теперішній час недостатньо розроблене, що пов'язано насамперед з важкістю визначення об'єму виконаної роботи в даному виді руху. Виходячи з викладеного вище, визначений перелік основних задач для досягнення мети досліджень, які наведені у вступі.

У другому розділі викладено теоретичні основи розрахунку техніко-економічних показників роботи маневрового тепловоза – часу розгону та сповільнення, питомих прискорюючих та сповільнюючих сил, дотичної роботи тепловоза, роботи дизеля, роботи з подолання втрат на привід допоміжних машин, годинної витрати палива.

Для розрахунку часу розгону та сповільнення, питомих прискорюючих та сповільнюючих сил, використана методика тягових розрахунків, яка розроблена Н. Е. Гончаровим та В. П. Казанцевим. Основні положення даної методики полягають у наступному. При аналізі проведення маневрів не можна користуватися тяговими характеристиками локомотивів, так як це робиться при тягових розрахунках у поїзному русі. Тому маневрові тягові характеристики локомотивів – це залежності питомих прискорюючих зусиль $f_{\text{кз}}^p$ від швидкості, які враховують особливості перехідних режимів розгону по експлуатаційно-економічних критеріях.

Можна виділити два **режими розгону** маневрового составу – максимальний і сповільнений. При максимальному режимі розгону ручка контролера переводиться з позиції на позицію з мінімальною затримкою 3 с. При сповільненому режимі ручка контролера переводиться так, щоб прискорення при розгоні не перевищувало $0,1 \dots 0,2 \text{ м/с}^2$, причому при досягненні такого прискорення вищі позиції не вмикаються.

Встановлено критичне значення маси составу, до досягнення якого оптимальним є сповільнений режим розгону, а при збільшенні даної маси – максимальний режим розгону.

При проведенні тягових розрахунків для умов маневрової роботи практично неможливо встановити, по яких кривих тягових характеристик потрібно визначати силу тяги локомотива, тобто на яке положення контролера потрібно орієнтуватися. Це пояснюється тим, що при маневрах довжина піврейсів і маса составу є змінними величинами, що призводить до великої кількості варіантів режимів розгону. Але існують певні умови, які повинні виконуватися при розгоні.

Основною умовою при розгоні є необхідність дотримання його плавності шляхом послідовного збільшення сили тяги і обмеження її за максимальним допустимим прискоренням. Необхідність переведення ручки контролера машиніста на наступну позицію визначається величиною прискорення, допустимою швидкістю руху і витратою палива.

Дані умови прийняті при встановленні режимів розгону і гальмування. Існують розрахункові формули для визначення питомих прискорюючих і сповільнюючих зусиль. Величина сповільнен-

ня під час гальмування, так як і під час розгону не повинна перевищувати граничних значень $0,7 \text{ м/с}^2$ по допустимих динамічних навантаженнях, допустимих сповільненнях на стрілочних переводах і в кривих, умовах вижимання легковагових та нестійких вагонів.

Методика Н. Е. Гончарова та В. П. Казанцева дозволяє визначити складові виразу для визначення дотичної роботи маневрового тепловоза. Оскільки робота, що виконується тепловозом, дорівнює добутку його потужності на час руху, то, врахувавши питому силу тяги, отримуємо вираз для визначення дотичної роботи маневрового тепловоза:

$$A = \sum_{i=1}^n f_{\text{кр}i} \cdot Q \cdot v_{\text{ср}i} \cdot \Delta t_{\text{р}i}, \text{ Вт} \cdot \text{с} \quad (1)$$

де n – кількість інтервалів інтегрування, на яких значення швидкості та питомих прискорюючих і сповільнюючих сил приймається сталим; $f_{\text{кр}i}$ – питома сила тяги, Н/кН; Q – вага составу, кН; $v_{\text{ср}i}$ – середня швидкість в інтервалі інтегрування, м/с; $\Delta t_{\text{р}i}$ – приріст часу розгону, с.

Результати проведених досліджень свідчать, що виконана маневровим тепловозом дотична робота є функцією багатьох змінних. Для побудови математичної моделі розрахунку дотичної роботи автором використано метод вузлових точок, як один із методів опису багатовимірних поверхонь. Важливою перевагою даного методу є те, що знаходження однофакторних моделей регресій набагато простіше, ніж однієї багатофакторної моделі. При цьому виявляється, що композиційна багатофакторна модель як завгодно точно відображає невідому кореляційну залежність результуючої ознаки (Y) від вибраної сукупності факторів $x_1, \dots, x_n$, якщо однофакторні моделі знайдені достатньо точно. Для встановлення виду моделі, яка побудована за даним методом, проведено активний числовий експеримент, за результатами якого вибрана мультиплікативна модель виду:

$$Y = \frac{1}{Y_0^{n-1}} \prod_{i=1}^n f_i(x_i) \quad (2)$$

У дотичну роботу на ободі колеса маневрового тепловозу A перетворюється лише частина роботи дизеля $A_{\text{диз}}$, а інша частина складає величину втрат $A_{\text{втр}}$ (привід допоміжних механізмів, у передачі та ін.), тобто:

$$A_{\text{диз}} = A + A_{\text{втр}}.$$

Для встановлення величини втрат необхідно визначити потужність $N_{\text{втр}}$, що витрачається на їх подолання.

Фактичні сумарні втрати потужності на привід допоміжних агрегатів тепловоза та у тягових електричних машинах визначаються шляхом співставлення питомої ефективної витрати палива, що розрахована за універсальними багатопараметровими характеристиками дизеля, та фактичної витрати палива.

Потужність $N_{\text{втр}}$ визначиться за формулою:

$$N_{\text{втр}} = \frac{B/t - g'_e \cdot N_{\Gamma}}{g'_e},$$

де B – фактична витрата палива на даній позиції, кг; t – час роботи на даній позиції, год; N_{Γ} – потужність, що споживається головним генератором, кВт; g'_e – питома ефективна витрата палива дизелем без врахування втрат потужності, кг/(кВт · год).

Величина g'_e в цьому випадку визначається з універсальних характеристик дизеля і є функцією двох змінних – потужності, що споживається головним генератором та частоти обертання колінчатого вала дизеля $g'_e = f(N_{\Gamma}, n)$. Для автоматизації процесу обчислення величини g'_e вирішена задача математичного опису універсальних характеристик.

Годинна витрата палива тепловозним дизелем, з врахуванням роботи на різних позиціях контролера машиніста, визначиться з виразу

$$b_{\text{год}} = \sum_{i=0}^n \alpha_i b_{\text{год}i},$$

де n – кількість позицій контролера машиніста; $b_{\text{год}i}$ – годинна витрата палива на i -ій позиції, кг/год; α_i – частка часу роботи на i -ій позиції;

$$\alpha_i = \frac{t_i}{t_{\text{зм}}},$$

t_i – час роботи на i -ій позиції контролера машиніста; $t_{\text{зм}}$ – тривалість робочої зміни, год.

У третьому розділі отримана математична модель розрахунку дотичної роботи маневрового тепловоза з використанням методу вузлових точок. Для побудови моделі визначені параметри системи технічної експлуатації маневрових тепловозів.

Вимірювачем об'єму маневрової роботи і продуктивності маневрових локомотивів є маневрова операція, яка може складатися з декількох приблизно однорідних маневрових переміщень, що визначають призначення даної операції. Кількісну оцінку об'єму роботи доцільно подавати як характерний набір піврейсів, що відображає або добовий об'єм роботи, або деякий елементарний об'єм, що багатократно повторюється протягом доби. Якісна оцінка об'єму роботи виражається в характеристиках піврейсів (довжині переміщення, масі маневрового составу, швидкості, яка досягається у піврейсі), які встановлюються натурними спостереженнями, або шляхом моделювання маневрових процесів. Важливим є також розробка обчислювальних процедур, які б дозволяли визначати із встановленої розрахункової одиниці маневрової роботи такі показники, як чистий час переміщень протягом доби, час роботи локомотива без тяги і затрати механічної роботи.

Маневрова робота у маневрових районах Львівського залізничного вузла виконується тепловозами серії ЧМЭЗ. Використовуючи систему контролю експлуатації транспортних засобів (СКЕТЗ) “Дельта” та дані статистичних досліджень, визначені основні параметри системи техніч-

ної експлуатації маневрових тепловозів Львівського залізничного вузла. За допомогою СКЕТЗ „Дельта” проаналізовано час роботи по позиціях контролера машиніста на різних ділянках роботи тепловозів.

У результаті проведених досліджень і статистичної обробки отриманих даних визначено межі зміни основних параметрів системи технічної експлуатації маневрових тепловозів у маневровому районі „пасажирська станція-ЛВЧД” Львівського залізничного вузла. Межі, які визначаються вимогами нормативно-технічної документації, наведені у табл. 1, межі, які визначені на основі обробки статистичних даних – у табл. 2.

Таблиця 1

Межі параметрів системи технічної експлуатації маневрових тепловозів, що визначені нормативно-технічною документацією

Параметр	Позначення	Мінімальне значення	Максимальне значення
Навантаження на вісь пасажирських вагонів, кН/вісь	q	115	169
Кількість вагонів у півреїсі, ваг.	n	1	25
Максимальна швидкість руху, що досягається у півреїсі, км/год	v	3	60

Встановлено, що кількість факторів, від яких залежить дотична робота маневрового тепловоза у маневровому районі „пасажирська станція – ЛВЧД” за один півреїс, до критичного значення маси составу, дорівнює трьом ($n=3$). Якщо маса составу перевищує критичне значення, то значного впливу набуває температура оточуючого середовища і кількість факторів зростає до чотирьох ($n=4$).

Згідно наведеної у розділі 2 методики проведення тягових розрахунків, розрахункові формули змінюються при досягненні швидкості 15 км/год, а також при досягненні критичної маси составу (1000 т). У зв'язку з цим виникає необхідність введення чотирьох діапазонів зміни факторів і побудови математичної моделі для кожного з них.

Таблиця 2

Межі параметрів системи технічної експлуатації маневрових тепловозів, що визначені на основі статистичного аналізу

Параметр	Позначення	Мінімальне значення	Середнє значення	Максимальне значення
Кількість електроенергії, що вироблена головним генератором, кВт·год	$E_{\text{ген}}$	132,56	205,07	277,58
Витрата палива за зміну, кг	B	169,83	191,82	213,81
Годинна переробка вагонів, ваг/год	n	46,15	63,65	81,15
Кількість півреїсів	k	97,73	123,6	149,5

Аналіз порядку передачі вагонів з пасажирської станції у вагонне депо показав, що кількість

вагонів у составі може бути більшою, ніж 25 за рахунок вагонів місцевого сполучення, спеціального призначення, відчеплених від інших составів і т.і. У зв'язку з цим прийнято значення кількості вагонів у составі – 30 з урахуванням резерву.

Попередні результати тягових розрахунків при побудові моделей показали, що у більшості випадків при швидкості 32–36 км/год настає рівність питомих сил опору та питомих прискорюючих сил у составів, складених з 25–30 вагонів. Окрім того, при маневрових переміщеннях з вагонами практично не спостерігаються швидкості вищі 30 км/год з причини обмежень швидкості та значного збільшення довжини піврейсу. У зв'язку з цим прийнято значення максимальної швидкості, яка досягається у робочому піврейсі – 32 км/год. На основі проведених досліджень встановлені чотири діапазони зміни значень факторів (табл. 3).

Таблиця 3

Значення факторів для маневрового району
„пасажи́рська станція –ЛВЧД” по діапазонах

Фактор	Позначення	Значення для діапазону факторів			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Максимальна швидкість піврейсу, км/год	$v_{\max}$	2...16	16...32	2...16	16...32
Кількість вагонів у составі, шт.	$n_{\text{ваг}}$	1...19	1...19	20...30	20...30
Навантаження на вісь, кН/вісь	q	115...169	115...169	115...169	115...169
Температура оточуючого середовища, °К	T^0	—	—	243...303	243...303

Для визначення типу моделі розрахунку часу розгону проведено числовий експеримент з використанням методу вузлових точок. У результаті проведення числового експерименту виявлено, що вплив факторів у моделі розрахунку часу розгону підпорядковується мультиплікативному закону, і модель буде мати узагальнюючий вигляд (2).

Побудовані математичні моделі часу розгону маневрового тепловозу для робочого піврейсу, які мають наступний вигляд:

– трифакторні

$$t_p = (1/t_{p0}^2) \cdot t_{p0} \cdot [K_1 \cdot (v_{\max}/v_{\max0})^2 + K_2 \cdot (v_{\max}/v_{\max0}) + K_3] \cdot t_{p0} \cdot [K_4 \cdot (n_{\text{ваг}}/n_{\text{ваг0}})^2 + K_5 \cdot (n_{\text{ваг}}/n_{\text{ваг0}}) + K_6] \cdot t_{p0} \cdot [K_7 \cdot (q/q_0)^2 + K_8 \cdot (q/q_0) + K_9]; \quad (3)$$

– чотирифакторні

$$t_p = (1/t_{p0}^3) \cdot t_{p0} \cdot [K_1 \cdot (v_{\max}/v_{\max0})^2 + K_2 \cdot (v_{\max}/v_{\max0}) + K_3] \cdot t_{p0} \cdot [K_4 \cdot (n_{\text{ваг}}/n_{\text{ваг0}})^2 + K_5 \cdot (n_{\text{ваг}}/n_{\text{ваг0}}) + K_6] \cdot t_{p0} \cdot [K_7 \cdot (q/q_0)^2 + K_8 \cdot (q/q_0) + K_9] \cdot t_{p0} \cdot [K_{10} \cdot (T^0/T_0^0)^2 + K_{11} \cdot (T^0/T_0^0) + K_{12}]; \quad (4)$$

де t_{p0} – початкове значення параметру у діапазоні, год; $v_{\max0}$, $n_{\text{ваг0}}$, q_0 , T_0^0 – початкові значення факторів, км/год, вагонів, кН/вісь, °К; $K_1 \dots K_{12}$ – числові коефіцієнти, значення яких наведено у табл. 4.

Моделі (3–4) дозволяють визначити час, що буде затрачено на розгін при проведенні піврейсу з пасажирськими составом у складі $n_{\text{ваг}}$ вагонів з середнім осьовим навантаженням q , при чому у піврейсі буде досягнута швидкість $v_{\max}$.

Побудовані математичні моделі дотичної роботи маневрового тепловоза для робочого піврейсу, які мають вигляд:

– три факторні

$$A_1 = (1/A_0^2) \cdot A_0 \cdot [K_1 \cdot (v_{\max}/v_{\max0})^2 + K_2 \cdot (v_{\max}/v_{\max0}) + K_3] \cdot A_0 \cdot [K_4 \cdot (n_{\text{ваг}}/n_{\text{ваг0}})^2 + K_5 \cdot (n_{\text{ваг}}/n_{\text{ваг0}}) + K_6] \cdot A_0 \cdot [K_7 \cdot (q/q_0)^2 + K_8 \cdot (q/q_0) + K_9]; \quad (5)$$

– чотирифакторні

$$A_1 = (1/A_0^3) \cdot A_0 \cdot [K_1 \cdot (v_{\max}/v_{\max0})^2 + K_2 \cdot (v_{\max}/v_{\max0}) + K_3] \cdot A_0 \cdot [K_4 \cdot (n_{\text{ваг}}/n_{\text{ваг0}})^2 + K_5 \cdot (n_{\text{ваг}}/n_{\text{ваг0}}) + K_6] \cdot A_0 \cdot [K_7 \cdot (q/q_0)^2 + K_8 \cdot (q/q_0) + K_9] \cdot A_0 \cdot [K_{10} \cdot (T^0/T_0^0)^2 + K_{11} \cdot (T^0/T_0^0) + K_{12}]; \quad (6)$$

де A_0 – початкове значення параметру, кВт·год; $v_{\max0}$, $n_{\text{ваг0}}$, q_0 , T_0^0 – початкові значення факторів, км/год, вагонів, кН/вісь, К; $K_1 \dots K_{12}$ – числові коефіцієнти, значення яких наведені у табл. 5.

Моделі (5 – 6) дозволяють визначити, дотичну роботу, що необхідна для виконання маневровим тепловозом піврейсу з пасажирськими составом у складі $n_{\text{ваг}}$ вагонів з середнім осьовим навантаженням q , при чому у піврейсі буде досягнута швидкість $v_{\max}$.

Таблица 4

Значення параметру t_{p0} , факторів впливу та коефіцієнтів $K_1 \dots K_{12}$ у діапазонах

Назва	Значення у діапазоні			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
t_{p0} , ГОД	0,00446	0,010639	0,004327	0,013884
$v_{\max0}$, КМ/ГОД	8	24	8	24
$n_{\text{ваг0}}$, ВАГ.	10	10	25	25
q_0 , КН/ВІСЬ	142	142	142	142

$T_0^0, ^\circ\text{K}$	–	–	273	273
K_1	0,2269	1,8514	0,3515	1,4345
K_2	0,7537	–0,6072	0,6092	0,0841
K_3	0,0194	–0,2492	0,0393	0,5186
K_4	0,2295	0,7886	0,7395	1,355
K_5	0,0172	–0,4383	–0,6124	–1,5192
K_6	0,7533	0,6797	0,8729	1,1642
K_7	0,1642	0,4537	0,4315	0,4592
K_8	0,0445	–0,2585	–0,2291	–0,2629
K_9	0,7913	0,8049	0,7976	0,8037
K_{10}	–	–	5,2821	0,3012
K_{11}	–	–	–12,943	–1,1074
K_{12}	–	–	8,6522	1,8062

Побудовані математичні моделі розрахунку часу розгону і дотичної роботи у холостому піврейсі. Модель розрахунку часу розгону у холостому піврейсі буде мати вигляд:

$$t_p = 0,000007 \cdot v_{\max}^2 + 0,0004 \cdot v + 0,00003, \text{ при } v_{\max} < 15 \text{ км/год}, \quad (7)$$

$$t_p = 0,00001 \cdot v_{\max}^2 + 0,0002 \cdot v + 0,0049, \text{ при } v_{\max} \geq 15 \text{ км/год}. \quad (8)$$

Моделі (7 – 8) дозволяють визначити час, що буде затрачено на розгін при проведенні холостого піврейсу з досягненням у ньому швидкості $v_{\max}$.

Модель розрахунку дотичної роботи буде мати вигляд:

$$A_1 = 0,0017 \cdot v_{\max}^2 - 0,0006 \cdot v + 0,0006, \text{ при } v_{\max} < 15 \text{ км/год}, \quad (9)$$

$$A_1 = 0,0021 \cdot v_{\max}^2 - 0,0149 \cdot v + 0,201, \text{ при } v_{\max} \geq 15 \text{ км/год}, \quad (10)$$

Таблиця 5

Значення параметру A_0 , факторів впливу та коефіцієнтів $K_1 \dots K_{12}$ у діапазонах

Назва	Значення у діапазоні			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
A_0 , кВт·год	0,5613	3,83	1,243	9,035
$v_{\max 0}$, км/год	8	24	8	24
$n_{\text{вар}0}$, ваг.	10	10	25	25
q_0 , кН/вісь	142	142	142	142
$T_0^0, ^\circ\text{K}$	–	–	273	273
K_1	1,0906	2,4415	1,1225	2,4774

K_2	-0,1114	-1,518	-0,1509	-1,5742
K_3	0,0208	0,0765	0,0284	0,0968
K_4	0,056	0,3551	0,1207	0,6184
K_5	0,757	0,4464	0,7482	0,0069
K_6	0,1871	0,1985	0,1311	0,3885
K_7	-0,4491	0,1769	0,0445	0,2311
K_8	2,3517	0,5655	0,8376	0,587
K_9	-0,9026	0,2576	0,1179	0,1819
K_{10}	–	–	0,3997	0,0596
K_{11}	–	–	-0,9898	-0,2345
K_{12}	–	–	1,5901	1,1749

Моделі (9–10) дозволяють визначити дотичну роботу, що необхідна для виконання маневровим тепловозом холостого піврейсу з досягненням у ньому максимальної швидкості $v_{\max}$.

При необхідності проведення піврейсів сумарна дотична робота маневрового тепловоза визначиться як: k

$$A = \sum_{i=1}^k A_i,$$

де A_i – дотична робота, що необхідна для проведення одного піврейсу, Вт·с; k – необхідна кількість маневрових піврейсів для переробки заданої кількості вагонів;

$$k = (4 \cdot n_1 + 4 \cdot n_2 + 4 \cdot n_3 + 4 \cdot n_4 + 4 \cdot n_5) \cdot 2,$$

n_1 – кількість составів місцевого формування; n_2 – кількість груп причіпних вагонів прямого сполучення; n_3 – кількість груп поштових та багажних вагонів, що вимагають переробки; n_4 – кількість вагонів, що вимагають ремонту; n_5 – кількість составів, що вимагають миття.

У **четвертому розділі** визначені техніко-економічні показники тепловоза при маневровій роботі. Статистичним методом отримана залежність $b_{\text{год}} = f(E_{\text{ген}})$, яка наведена на рис.1. На основі обробки статистичних даних побудовані залежності $\alpha_i = f(E_{\text{ген}})$, (рис. 2).

Рис. 1. Розрахункова залежність між годинною витратою палива та кількістю електроенергії, що вироблена головним генератором тепловоза за зміну

Величина кута нахилу лінії $b_{\text{год}} = f(E_{\text{ген}})$ дозволяє оцінити ефективність використання палива тепловозом у маневровому районі.

Проведений аналіз показав, що в основі залежності $b_{\text{год}} = f(E_{\text{ген}})$ лежать залежності $\alpha_i = f(E_{\text{ген}})$,

іншими словами:

$$b_{\text{год}} \in E_{\text{ген}} \Rightarrow \alpha_0 \in E_{\text{ген}} \cdot b_{\text{год}}^0 + \alpha_1 \in E_{\text{ген}} \cdot b_{\text{год}}^1 + \dots + \alpha_n \in E_{\text{ген}} \cdot b_{\text{год}}^n,$$

а враховуючи зв'язок між $E_{\text{ген}}$ і $A_{\text{диз}}$:

$$b_{\text{год}} \in A_{\text{диз}} \Rightarrow \alpha_0 \in A_{\text{диз}} \cdot b_{\text{год}}^0 + \alpha_1 \in A_{\text{диз}} \cdot b_{\text{год}}^1 + \dots + \alpha_n \in A_{\text{диз}} \cdot b_{\text{год}}^n,$$

причому збільшення величини $A_{\text{диз}}$ призводить до збільшення частки часу роботи на вищих позиціях, з вищим значенням $b_{\text{год}}$, а час роботи на холостому ходу і на нижчих позиціях зменшується.

Для маневрового тепловоза серії ЧМЭЗ, у якого потужність дизель-генераторної установки, потужність допоміжних машин та частота обертів колінчатого вала відповідають нормативній документації, а універсальні характеристики відповідають паспортним, побудована залежність $b_{\text{год}} = f(A_{\text{диз}})$. Вказана залежність побудована при умові $b_{\text{год}} \Rightarrow \min$ та $b_{\text{год}} \Rightarrow \max$ для усіх можливих значень роботи дизеля $A_{\text{диз}}$.

Рис. 2. Залежності часу роботи на позиціях контролера машиніста від кількості електроенергії, що вироблена головним генератором тепловоза

Згідно результатів досліджень, кількість електроенергії, яку виробляє головний генератор тепловоза серії ЧМЭЗ коливається у межах 200–300 кВт·год. Тому практичне значення має залежність $b_{\text{год}} = f(A_{\text{диз}})$ у діапазоні роботи дизеля 0...1000 кВт·год, яка показана на рис. 3.

Обмежуючі криві описуються наступними моделями:

– крива максимальної годинної витрати палива

$$b_{\text{год}}^{\max} = -2 \cdot 10^{-6} \cdot A_{\text{диз}}^2 + 0,0295 \cdot A_{\text{диз}} + 10, \quad (11)$$

– крива мінімальної годинної витрати палива

$$b_{\text{год}}^{\min} = 0,015 \cdot A_{\text{диз}} + 10. \quad (12)$$

Моделі (11–12) визначають діапазон теоретично можливої годинної витрати палива тепловозом серії ЧМЭЗ, параметри якого відповідають нормативній та іншій технічній документації, у залежності від значення роботи, яка виконується дизелем тепловоза.

У розділі також проведена оцінка впливу умов маневрової роботи на техніко-економічні показники тепловоза. Зауважено, що в експлуатації спостерігаються так звані „зайві” піврейси, при яких напрямок руху та кількість вагонів у складі залишаються такими ж, як і у попередньому півреїсі. Ці піврейси, як правило, викликані недоліками в організації маневрової роботи (не повністю

підготовленими маневровими маршрутами), або непередбачуваними ситуаціями (гальмування для запобігання наїзду на людей і т.і). „Зайвими” можуть бути як робочі, так і холості піврейси.

Рис 3. Залежність $b_{\text{год}} = f(A_{\text{диз}})$

Оскільки фактори, що приводять до виникнення „зайвих” півреїсів не можуть бути усунуті повністю, перевищення фактичного часу роботи дизеля під навантаженням щодо розрахункового необхідно враховувати при встановленні норми витрати палива.

Також при виконанні маневрової роботи спостерігаються стоянки тепловоза у холодному стані, під час яких відбувається здача-приймання тепловоза, простій в очікуванні роботи. Названі фактори також впливають на значення норми витрати палива.

Для врахування впливу перерахованих факторів пропонується введення коефіцієнту тривалості розгону та коефіцієнту холодного простою.

Коефіцієнт тривалості розгону являє собою відношення часу роботи дизеля під навантаженням, який спостерігається в експлуатації у даному маневровому районі t_p^e , до розрахункового часу t_p , який визначений за моделями (5–6), (9–10)

$$k_{\text{роз}} = \frac{t_p^e}{t_p}.$$

Коефіцієнт холодного простою являє собою відношення:

$$k_{\text{хп}} = 1 - \frac{t_{\text{хп}}}{t_{\text{зм}}},$$

де $t_{\text{хп}}$ – час холодного простою протягом зміни, год; $t_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, год.

На основі порівняння розрахункового часу роботи локомотива у русі та часу роботи на холодному ходу можна оцінювати ефективність використання локомотивів, доцільність зупинки дизеля тепловоза при тривалих простоях а також розраховувати та обґрунтовувати необхідну кількість маневрових локомотивів у маневровому районі.

П'ятий розділ присвячений розробці алгоритму встановлення норми витрати палива на маневрову роботу з пасажирськими складами.

Норма витрати палива у маневровому русі – це максимально допустима питома витрата палива, що віднесена до одиниці часу з урахуванням виконаної тепловозом роботи при дотриманні передової технології, забезпеченні правильної організації виробництва, хорошого технічного стану обладнання і повного його завантаження.

Норма витрати палива на маневрову роботу є поопераційною нормою, яка передбачає визначення кількості палива, необхідної для виконання маневрів. Дана норма встановлюється на одиницю часу з врахуванням дотичної роботи, яка виконана тепловозом для переробки заданої кількості вагонів.

Математичні моделі, які лягли в основу методики нормування, а також початкові дані та фактори впливу, які використані при побудові математичних моделей, дозволяють зробити висновок, що при нормуванні вперше були враховані основні умови проведення маневрів з пасажирськими составами, а саме: вага поїзда, співвідношення між затратами енергії на виконання роботи і немінучими затратами на перевезення тари, швидкість руху, економічність тепловозного дизеля та елементів передачі потужності, витрати енергії на привід допоміжних механізмів (службові витрати), витрати палива на допоміжні процеси.

Результати проведених досліджень підтвердили адекватність запропонованої методики нормування витрати палива на маневрову роботу реальним умовам проведення маневрів. Запропонована методика враховує можливі зміни умов роботи локомотивів. Норми, які отримані у результаті застосування даної методики, відповідають технологічному процесу проведення маневрів з пасажирськими составами.

За результатами проведених досліджень запропоновано алгоритм нормування витрати дизельного палива на маневрову роботу з пасажирськими составами, який ліг в основу програмного комплексу „Нормування”. Програма забезпечує покрокове введення початкових даних з можливістю корегування, автоматичний розрахунок часу розгону, дотичної роботи, роботи подолання втрат, встановлення мінімально можливої норми витрати палива та норми, що приведена до умов експлуатації.

Економія дизельного палива одним тепловозом, яка отримана в результаті удосконалення нормування, становить 4,1 т/рік.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які у сукупності вирішують науково-практичну задачу удосконалення нормування витрати дизельного палива на маневрову роботу. Виконані у роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції.

1. На основі аналізу праць вітчизняних та закордонних вчених встановлено, що одним із напрямків по подальшого підвищення теплотехнічної ефективності тепловозів, є підвищення рівня організації теплотехнічної роботи та раціональне нормування витрати палива з врахуванням реальних умов експлуатації. Нормування витрати палива у маневровому русі на теперішній час розроблено недостатньо у зв'язку зі складністю визначення об'єму виконаної роботи при маневрах.

Попередні методики нормування витрати дизельного палива на маневрову роботу не враховували величини енергетичних затрат маневрового тепловоза, які оцінюються дотичною роботою, що дорівнює добутку дотичної потужності тепловоза на час руху.

2. Вибрані фактори, що впливають на дотичну роботу маневрового тепловоза та визначені межі їх зміни. Отримані граничні значення максимальної швидкості у піврейсі, навантаження на вісь, кількості вагонів у составі, а також спосіб проведення маневрів з пасажирськими составами визначаються нормативно-технічною документацією і не залежать від маневрового району, що дає можливість використання запропонованих математичних моделей не залежно від місця проведення маневрів.

3. Побудована мультиплікативна математична модель розрахунку виконаної маневровим тепловозом дотичної роботи на основі аналізу рівняння руху поїзда. Для побудови моделі використано метод вузлових точок. Модель дозволяє визначати необхідну дотичну роботу тепловозу для виконання маневрового піврейсу з заданими параметрами, що є основою для розрахунку ефективної роботи дизеля.

4. Удосконалено математичну модель визначення кількості маневрових піврейсів, необхідних для виконання заданого об'єму роботи, що дозволяє вибрати раціональну схему проведення маневрів, а також встановити значення дотичної роботи маневрового тепловоза, яка необхідна для виконання усього об'єму маневрової роботи.

5. Запропоновано спосіб визначення роботи подолання втрат у передачі потужності та на привід допоміжних механізмів, що дозволяє уточнити розрахунок ефективної роботи дизеля.

6. Отримано залежність між годинною витратою палива та ефективною роботою дизеля. Побудовані моделі, які обмежують поле можливих значень годинної витрати палива у залежності від роботи дизеля, що дозволяє встановити максимальне та мінімальне значення годинної витрати палива у залежності від ефективної роботи дизеля. Адекватність запропонованих моделей підтверджена результатами експериментальних досліджень.

7. Розроблено алгоритм та програмне забезпечення для встановлення норми витрати палива на маневрову роботу з пасажирськими составами. В основу встановлення норми витрати палива на маневрову роботу покладена величина енергетичних затрат на її проведення, яка оцінюється дотичною роботою маневрового тепловоза, що дозволило підвищити ефективність використання маневрових тепловозів і зменшити витрати дизельного палива.

8. Експериментально підтверджена відповідність запропонованої методики нормування реальним умовам проведення маневрів.

9. Річна економія дизельного палива у перерахунку на один тепловоз становить 4117 кг, що складає 16468 грн. Очікуваний річний економічний ефект при цьому буде становити 16270 грн на один тепловоз.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Болжеларський Я.В. Шелковий О.В. Системи контролю експлуатації та діагностики тепловозів // Вісник Східноукраїнського національного університету. Серія Транспорт. – 2001. – № 7 (41). – С. 125–131.
2. Болжеларський Я.В., Джус В.С, Гончар І.М. Пристрої вимірювання витрати палива тепловозними дизелями // Збірник науково-технічних праць Українського державного лісотехнічного університету. – 2004. – Вип. 14. – С. 317–325.
3. Бондар Б.Є., Болжеларський Я.В. Визначення необхідної кількості піврейсів для виконання заданого об'єму роботи маневровими локомотивами на пасажирській станції // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. Лазаряна. – 2006. – Вип. 11. – С. 112–115.
4. Болжеларський Я.В., Гончаров О.М. Досвід і проблеми нормування палива на маневрову роботу в умовах Львівської залізниці. // Залізничний транспорт України. – 2007. – № 2. С. 71–72.

СПИСОК ДОДАТКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ

5. Болжеларський Я. В. Шляхи економії енергоресурсів на тягу поїздів в умовах Придніпровської залізниці // Тези доп. X міжнар. конф. „Проблеми механіки залізничного транспорту”. – Дніпропетровськ: Дніпроп. нац. ун-т. зал. тр-ту, 2000. – С. 163–164.
6. Болжеларський Я.В., Гончаров О.М. Шляхи визначення потужності допоміжних агрегатів тепловозу ЧМЕЗ на неномінальних режимах роботи // Тези доп. 3-ї наук.-практ. конф. „Техніка, технологія, економіка та управління. Серія Техніка, технологія. Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем” – Київ: КУЕТТ, 2005. – С. 28–30.
7. Бондар Б.Є., Болжеларський Я.В. Визначення необхідної кількості піврейсів для виконання заданого об'єму роботи маневровими локомотивами на пасажирській станції // Тези доп. LXVI міжнар. наук.-практ. конф. „Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту” – Дніпропетровськ: Дніпроп. нац. ун-т. зал. тр-ту, 2006. – С. 49–50.
8. Бондар Б.Є., Болжеларський Я.В. Математична модель визначення годинної витрати палива маневровими тепловозами // Тезиси докл. на втор. междунар. науч.-практ. конф. „Внедрение наукоемких технологий на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте”. – Алушта: 2006. – С. 17.

АНОТАЦІЯ

Болжеларський Я. В. Удосконалення нормування витрати дизельного палива маневровими тепловозами. – 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, 2007.

Дисертація присвячена удосконаленню нормування витрат дизельного палива маневровими тепловозами шляхом розрахунку необхідної дотичної роботи тепловоза для переробки заданої кількості составів, роботи дизеля та встановлення на її основі норми годинної витрати палива. У дисертації визначені техніко-економічні показники маневрового тепловоза, параметри системи технічної експлуатації маневрових тепловозів та межі їх зміни.

Вперше побудовані математичні моделі розрахунку часу розгону та дотичної роботи для робочого та холостого піврејсу на основі методу вузлових точок, визначення годинної витрати палива у залежності від роботи дизеля, запропоновано спосіб визначення роботи з подолання втрат на привід допоміжних агрегатів.

Розроблений порядок встановлення норми витрати палива та відповідне програмне забезпечення, яке автоматизує даний процес. Розраховано економічний ефект від впровадження удосконаленої методики нормування.

Ключові слова: маневрова робота, дотична робота, робота дизеля, маневровий піврејс, дизельне паливо, годинна витрата, норма витрати.

АННОТАЦИЯ

Болжеларский Я.В. Усовершенствование нормирования расхода дизельного топлива маневровыми тепловозами. – 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, 2007.

Диссертация посвящена усовершенствованию нормирования расхода дизельного топлива маневровыми тепловозами путем расчета необходимой касательной работы для переработки заданного количества составов, работы тепловозного дизеля по касательной работе и установления нормы часового расхода топлива по значению работы дизеля.

В диссертации рассмотрены пути уменьшения расхода дизельного топлива маневровыми те-

пловозами, в том числе пути усовершенствования нормирования дизельного топлива, которые отображены в трудах отечественных и зарубежных авторов. В качестве критерия оптимальности работы маневрового тепловоза предлагается принять произведение стоимости работы по расформированию заданного количества составов, в которую включается стоимость использованного топлива, и время расформирования указанных составов. Проведен анализ методов нормирования дизельного топлива на маневровую работу, которые используются в настоящее время. Отмечено, что вопрос установления нормы расхода топлива на маневры до настоящего времени разработан недостаточно по причине сложности определения объема выполненной работы в данном виде движения.

Определены технико-экономические показатели маневрового тепловоза: время разгона, замедления, касательная работа, которые необходимы для проведения маневрового полурейса с достижением в нем заданной максимальной скорости, удельные ускоряющие и замедляющие силы, работа дизеля, работа по преодолению потерь на привод вспомогательных машин, часовой расход топлива.

Определены параметры системы технической эксплуатации маневровых тепловозов: распределение времени работы по позициям контролера машиниста, количество вагонов в составе, нагрузка на ось, максимальная скорость движения, которая достигается в маневровом полурейсе. Границы изменения указанных параметров определены путем обработки статистических данных и анализа нормативно-технической документации, которая определяет порядок проведения маневров. Предложен способ определения необходимого количества маневровых полурейсов для выполнения заданного объема маневровой работы на пассажирской станции.

Впервые построены математические модели расчета времени разгона и касательной работы для рабочего и холостого полурейса на основе метода узловых точек. Предложен способ расчета работы дизеля на основе касательной работы тепловоза. Построена математическая модель определения часового расхода топлива в зависимости от работы дизеля на основе анализа универсальных многопараметровых характеристик дизеля. Впервые в основу установления нормы расхода топлива на маневровую работу положена величина энергетических затрат на ее проведение. Проведена оценка влияния условий маневровой работы на технико-экономические показатели тепловоза.

Разработан порядок установления нормы расхода топлива на маневровую работу с пассажирскими составами и соответствующее программное обеспечение, которое автоматизирует данный процесс. Анализ математических моделей, которые лежат в основе усовершенствованной методики нормирования, а также исходные данные и факторы влияния, которые использованы для построения указанных математических моделей показывает, что при нормировании по усовершенствованной методике учтены все основные условия проведения маневров с пассажирскими составами,

а именно: вес поезда, соотношение между затратами энергии на выполнение полезной работы и неминуемыми затратами на перевозку тары, скорость движения, экономичность тепловозного дизеля и элементов передачи, затраты энергии на привод вспомогательных механизмов (служебные затраты), расход топлива на вспомогательные процессы.

Проведенные исследования доказывают адекватность усовершенствованной методики нормирования расхода топлива на маневровую работу реальным условиям проведения маневров при всем их разнообразии. Усовершенствованная методика отображает возможные изменения условий работы локомотивов, нормы, которые получены в результате применения данной методики, отвечают технологическому процессу проведения маневров с пассажирскими составами, его техническому вооружению и являются прогрессивными.

Рассчитан экономический эффект от внедрения усовершенствованной методики нормирования.

Ключевые слова: маневровая работа, касательная работа, работа дизеля, маневровый полуреис, дизельное топливо, часовой расход, норма расхода.

SUMMARY

Bolzhelarsky Y.V. The rate setting's improvement of diesel fuel depletion by yard locomotives. - Manuscript.

Dissertation paper for a graduate degree of candidate of technical sciences in speciality 05.22.07 – “Railway rolling stock and train traction” – Dnipropetrovs’k National University of railway transport named after academician V. Lazaryan. – Dnepropetrovsk, 2007.

The dissertation paper is devoted to the rate setting's improvement of diesel fuel depletion by yard locomotives owing to the calculation of diesel locomotives' necessary tangent work for rehandling the set amount of vehicles, diesel engine work, and establishing on its base the norm of diesel fuel depletion. In dissertation paper the technical-economical indexes of the yard locomotive, the parameters of yard locomotives system of technical maintenance and the ranges of their change are specified.

The mathematical models of starting time and tangent work for operating and empty half-route, on the basis of key points' method, the determination of the hourly depletion of diesel fuel depending on diesel engine work are built for the first time. The method of determination of work on overcoming losses on servo is offered.

The order of establishment the rate of diesel fuel's application and the software, which automatizes the given process, are developed. The benefit is expected.

Keywords: shunting work, tangent work, work of diesel engine, shunting half-route, diesel fuel, hourly depletion, rate of application.

Болжеларський Ярослав Володимирович

УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА
МАНЕВРОВИМИ ТЕПЛОВОЗАМИ

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку “ 20 ” квітня 2007 р.
Формат 60x84 1/16. Папір для множильних апаратів. Різограф.
Ум. др. арк. 1,0. Обл.-вид. л. 1,0. Тираж 100 екз.
Замовлення № _____.

Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені ака-
деміка В. Лазаряна

*Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Акад. Лазаряна 2.*