

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту

СИРОТЕНКО ЮРІЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ

УДК 629.424.14.004



УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАНЕВРОВИХ  
ТЕПЛОВОЗІВ З АДАПТАЦІЄЮ ДО УМОВ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі експлуатації та ремонту рухомого складу в Українському державному університеті залізничного транспорту, Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** – доктор технічних наук, професор  
**Бабанін Олександр Борисович**,  
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу", професор кафедри

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Капиця Михайло Іванович**,  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, кафедра локомотивів, завідувач кафедри

кандидат технічних наук, професор  
**Могила Валентин Іванович**,  
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра залізничного транспорту, завідувач кафедри

Захист відбудеться “ 17 ” березня 2016 р. о 13-30 годин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий " 16 " лютого 2016 р.

В.о. ученого секретаря  
спеціалізованої вченої ради



О.М.Огар

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми** визначається незадовільним станом з використанням маневрових тепловозів на залізницях України. Сучасна уніфікація експлуатаційних характеристик маневрових тепловозів, які працюють на залізницях України у зв'язку із подовженням терміну служби та старінням їх вузлів і агрегатів, вже не відповідає сучасним вимогам. На даному етапі широкий діапазон маневрових операцій пред'являє до маневрового тепловоза різні, іноді суперечливі вимоги. Одні з них потребують урахування домінуючого впливу на параметри потужності маневрових тепловозів за видом роботи, яка цими локомотивами виконується. Інші, при виборі цих характеристик, вимагають урахувати максимальну масу поїздів, що розформовуються, а треті вважають головним для такого вибору ступінь завантаженості локомотива. Але в загальній постановці завдання усі вони воедино сходяться, що для виконання всього діапазону маневрових робіт необхідно враховувати їх особисту індивідуальність для кожного місця експлуатації маневрового локомотива. Виходячи з цього постає науково-практичне завдання з вибору оптимальних характеристик маневрового тепловоза з адаптацією до місця їх експлуатації. Таким чином представлена дисертаційна робота є актуальною

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

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної дисертаційної роботи є удосконалення характеристик маневрових тепловозів з адаптацією до місця їх експлуатації. Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких основних задач:

- проаналізувати сучасні наукові дослідження щодо покращення характеристик маневрових тепловозів та перспективи їх подальшого розвитку;

- проаналізувати існуючі технології використання маневрових тепловозів, визначити характерні експлуатаційні фактори та отримати їх числові характеристики з апроксимацією відповідними законами розподілу;

- на основі параметричної апроксимації характеристики дизеля тепловоза ЧМЕЗ отримати вирази питомих витрат палива в залежності від потужності з їх чисельними значеннями;

- на основі геометричної інтерпретації та оптимізації параметрів за універсальною трьохпараметровою характеристикою дизеля К6S310DR тепловоза ЧМЕЗ розробити математичну модель та отримати чисельні критерії для корегування рівня його тепловозної характеристики, з урахуванням особливостей місця експлуатації;

- на основі використання отриманих результатів оптимізаційних розрахунків формалізувати задачу вибору варіантів тепловозної характеристики за допомогою теорії прийняття рішень;

- виконати моделювання порівняння тягових властивостей тепловоза ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем щодо збільшення дотичної сили тяги на розгінних позиціях контролера машиніста;

- запропонувати та обґрунтувати пропозиції щодо застосування на маневровому тепловозі навантажувальної характеристики на часткових режимах і розробити шляхи її реалізації;

- визначити та оцінити ефективність запропонованих заходів.

*Об'єкт дослідження* – процес експлуатації маневрових тепловозів.

*Предмет дослідження* – методи і технології, які спрямовані на покращення експлуатаційних характеристик маневрових тепловозів.

**Методи дослідження.** У роботі для оцінки статистичних показників використання маневрових тепловозів застосовувались методи математичної статистики, теорії ймовірності та системного аналізу. Для оптимізаційних розрахунків тягової характеристики використовувались методи математичного аналізу та теорії прийняття рішень. Достовірність наукових результатів роботи підтверджується задовільною збіжністю розрахункових і експериментальних даних (з погрішністю менше 1%), що зумовлено відповідністю прийнятих припущень та характером поставлених задач, які вирішувалися за допомогою прикладного програмного забезпечення.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У дисертаційній роботі надано теоретичне обґрунтування удосконалення характеристик маневрових тепловозів з адаптацією до місця їх експлуатації.

При цьому вперше:

- сформовано динамічну оптимізаційну модель на основі параметричної апроксимації трьохпараметрової характеристики дизеля тепловоза ЧМЕЗ. Наступний підхід, на відміну від існуючого, дозволив отримати значення питомих витрат палива в залежності від потужності  $b_e = f(N_e, a_0, a_1, a_2)$ , де  $a_0$ ,  $a_1$  і  $a_2$  - параметри, які залежать від номера позиції контролера машиніста. Запропонована математична

модель стала підставою для подальшого корегування тепловозної характеристики з адаптацією маневрового тепловоза до умов його експлуатації;

- створена математична модель тепловозної характеристики, на основі якої визначений комплексний оптимізаційний критерій, що дозволяє корегувати на кожній позиції рівень потужності. На підставі цього отримані нові математичні залежності, в основу яких покладений коригувальний множник і запропоновані емпіричні коефіцієнти, що дозволяють визначати потрібну потужність по позиціям для кожного виду роботи, яка виконується маневровим тепловозом;

- формалізовано метод моделювання тягових властивостей маневрового тепловоза ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем, який відрізняється від існуючих отриманням апроксимаційних залежностей із електромеханічних характеристик тягового електродвигуна тепловоза ЧМЕЗ і розрахунком порівняльних значень дотичної сили тяги за нормативною зовнішньою характеристикою для чотирьох розгінних позицій контролера машиніста.

Доопрацьовано:

- гнучку технологію застосування на маневровому тепловозі часткової навантажувальної характеристики на проміжних позиціях контролера машиніста, яка дає змогу, при виконанні окремих маневрових операцій, підвищити його продуктивність і економічність.

Дістало подальшого розвитку:

- технологія застосування бустерного unit-модуля з адаптацією маневрового тепловоза до умов виконання гіркових операцій та підвищення маси поїздів, що обробляються.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблений комплекс моделей дозволяє здійснювати процедуру управління роботою маневрових тепловозів, раціонально організувати їх експлуатацію та привести її у відповідність сучасним вимогам, за рахунок покращення експлуатаційних характеристик і підвищення продуктивності використання.

На основі створених математичних моделей визначені залежності швидкості та шляху розгону маневрового складу в залежності від реальних експлуатаційних властивостей маневрового тепловоза. Виходячи з цього створені номограми, що містять усі необхідні дані для визначення характерних параметрів маневрових операцій, які покладені в основу режимних карт для локомотивних бригад. Основні практичні результати і розроблені наукові підходи щодо удосконалення характеристик маневрових тепловозів з адаптацією до місця їх експлуатації використані і впроваджені на дослідних тепловозах локомотивних депо Харків-Сортувальний і станції Основа Південної залізниці.

Впровадження положень дисертаційної роботи дозволило покращити умови роботи маневрових тепловозів, а також отримати стабільну економію 0,3% дизельного палива.

Матеріали дисертації впроваджені також в навчальний процес Українського державного університету залізничного транспорту при вивченні дисциплін "Основи експлуатації локомотивів", "Локомотивні енергетичні установки" та при проведенні учбово-дослідних робіт студентів і магістрів.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами та патентом на корисну модель, які наведено у додатках до роботи.

**Особистий внесок здобувача.** Усі результати роботи отримані особисто автором. Всі дослідження проводились в Українському державному університеті залізничного транспорту. У статтях, що опубліковані у співавторстві автору у наступних працях належить:

- у [1] зроблена постановка задачі дослідження та виконана інтерпретація отриманих результатів щодо визначення власних значень головних компонентів за факторами, які впливають на продуктивність маневрових тепловозів;

- у [3] на основі аналізу умов виконання тепловозами маневрової роботи класифіковані основні вимоги та розроблені номограми для розрахунку характерних її етапів;

- у [5] запропоновано метод на основі теорії корисності для моделювання тягово-енергетичних показників маневрових тепловозів;

- у [7] наведена експериментальна розробка часткової навантажувальної характеристики на маневрових тепловозах та висвітлені результати їх дослідної експлуатації;

- у [8] запропоновані критерії, на основі яких здійснюється вибір характеристик маневрових тепловозів з урахуванням перехідних процесів та особливостей конкретних умов експлуатації;

- у [9] виконано нормування експлуатаційних характеристик маневрових тепловозів;

- у [10] виконані порівняльні тягові розрахунки тепловозів ЧМЕЗ і ЧМЕЗП з бустерним unit-модулем при виконанні важкої маневрової роботи;

- у [12] виконано моделювання та розраховані залежності коефіцієнтів використання від потужності, яка реалізовується маневровими тепловозами за зміну роботи на різних станціях;

- у патенті [13] автору належить розробка процедури з визначення експлуатаційних режимів маневрових і промислових тепловозів.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та ухвалено на: 74-й міжнародній науково-технічній конференції УкрДАЗТ (Харків, 2012 р.); XXIII Міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми розвитку рельсового транспорту" (Крим, 2013 р.); науково-практичній конференції студентів та молодих вчених "Логістичне управління та безпека руху на транспорті" (Сєверодонецьк, 2014); міжнародній науково-технічній конференції "Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті" (Харків, 2014), международной научно-

практической конференции "Логистическое управление и безопасность движения на транспорте" (Лозовая, 2015).

Дисертацію в повному обсязі розглянуто та схвалено на розширеному засіданні кафедри "Експлуатація та ремонт рухомого складу" (ЕРРС) УкрДУЗТ із членами спеціалізованої вченої ради Д64.820.04, та на науковому семінарі кафедри "Електричний транспорт" Харківського національного університету міського господарства.

**Публікації.** Відповідно до теми дисертації опубліковано 18 наукових праць, у тому числі 11 наукових статей (чотири з них без співавторів) у фахових виданнях, що затверджені МОН України, з яких 1 стаття у журналі, що включений до міжнародної наукометричної бази, 5 тез доповідей на науково-технічних конференціях, 1 патент на корисну модель та 1 додаткова праця.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Повний обсяг дисертації складає 214 сторінок, з яких обсяг основного тексту 156 сторінок. Робота ілюстрована 57 рисунками, з них 4 на окремих сторінках, наведено 30 таблиць, з них 7 на окремих сторінках, список використаних джерел із 148 найменувань на 17 сторінках і 5 додатків на 30 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульована мета та задачі дослідження, відображені наукова новизна та практичне значення, подано загальну характеристику роботи.

**У першому розділі** виконаний аналіз досліджень з підвищення експлуатаційної ефективності маневрових тепловозів за рахунок вдосконалення їх тягових характеристик. На основі аналізу доведено, що достатньо перспективними напрямками є створення комплексу заходів для покращення тягових характеристик маневрових тепловозів з адаптацією до місця їх роботи. В цілому огляд стану з маневровими тепловозами показав, що необхідно індивідуально враховувати їх умови за місцем роботи і вже відповідно до цього розробляти відповідні заходи.

Питанням щодо вдосконалення експлуатаційних характеристик маневрових тепловозів приділена значна увага в працях багатьох відомих вчених: Абрамова С.Н., Бабаніна О.Б., Басова Г.Г., Боднара Б.Є., Болховитінова Г.Ф., Бутько Т.В., Володіна О.І., Голубенка О.Л., Гончарова А.Є., Грищенко С.Г., Далєки В.Х., Данілевського В.І., Дробахи В.І., Дьоміна Р.Ю., Забелло М.Л., Ісаєва І.П., Казанцева В.П., Калабухіна Ю.Є., Кельріха М.Б., Кисельова В.І., Косова Є.Є., Кузьмича В.Д., Маслієва В.Г., Матяша В.О., Одинцова Л.В., Тартаковського Е.Д., Уманця М.Г., Устенка О.В., Хомича А.З. і ін.

Особливо, у цьому напрямку, слід відмітити вагомі дослідження Данька М.І., Бутько Т.В. і Топчієва М.П. щодо удосконалення технології роботи технічних засобів на сортувальних станціях на основі ресурсозбереження.

Аналіз наукових досліджень у цьому напрямку довів, що при вирішенні задачі вибору раціональних значень потужності силової установки маневрових тепловозів і їхньої зчіпної маси авторами пред'являються різні, іноді суперечливі вимоги. Одні з них ураховують домінуючий вплив на параметри маневрових тепловозів за видом роботи, яка ними виконується, а інші, при виборі даних параметрів, виходять із максимальної маси поїздів, які розформовуються на станціях, а треті вважають головним для такого вибору його завантаженість роботою. Виходячи з цього, спираючись на сучасні вимоги, виникає необхідність формування необхідних заходів, які включають до себе комплекс задач щодо покращення тягових характеристик маневрових тепловозів з адаптацією до місця їх роботи.

У другому розділі запропонований метод з коригування та вибору варіантів тепловозних характеристик маневрових тепловозів на основі оптимізації питомих витрат палива, які можуть змінюватися від особливостей навантажувальних режимів для кожного місця роботи тепловоза.

Відповідно до статистичної інформації, яка фіксувалася на вибраних місцях роботи маневрових тепловозів, отримані розподіли частостей сумарної кількості включень та сумарного часу роботи на кожній позиції контролера машиніста за зміну роботи, які були у подальшому апроксимовані за законом Вейбула.

Визначено, що характерні режими роботи маневрових тепловозів у різних місцях їх роботи істотно розрізняються. Тому, за особливостями зміни цих режимів виділено чотири характерних види робіт: маневрово-вивізна, гіркова, інтенсивна та малоінтенсивна маневрові роботи, для яких у подальшому виконувалось моделювання їх характеристик.

Основу цього моделювання складає корегування тепловозної характеристики маневрового тепловоза шляхом накладення на трьохпараметрову діаграму роботи дизеля тепловоза ЧМЕЗ геометричних перетворень з їх чисельним розрахунком.

Спочатку за універсальною трьохпараметровою діаграмою дизеля К6S310DR тепловоза ЧМЕЗ (рис. 1) були визначені параметри питомої витрати палива  $b_{ei}$  залежно від потужності  $N_{ei}$  для кожної  $i$ -ої позиції контролера машиніста. Після визначення чисельних значень ці параметри питомої витрати палива  $b_{ei}$  були апроксимовані залежностями виду

$$b_{ei} = a_{0i} + a_{1i}N_{ei} + a_{2i}N_{ei}^2. \quad (1)$$



Далі за трьохпараметровою діаграмою дизеля між двома сусідніми позиціями контролера, використовуючи методи аналітичної геометрії, отримувались значення  $N_x$  як

$$N_x = k(n_x - n_o) + N_o; \quad (2)$$

де:  $N_o$  - опорна потужність на попередній позиції;  $n_o$ ,  $n_x$  - відповідно опорна частота обертання колінчастого валу дизеля та частота, що передує для визначеної позиції;  $k$  - коефіцієнт пропорційності, який має розмірність  $\left[ \frac{\text{кВт}}{\text{хв}^{-1}} \right]$ .

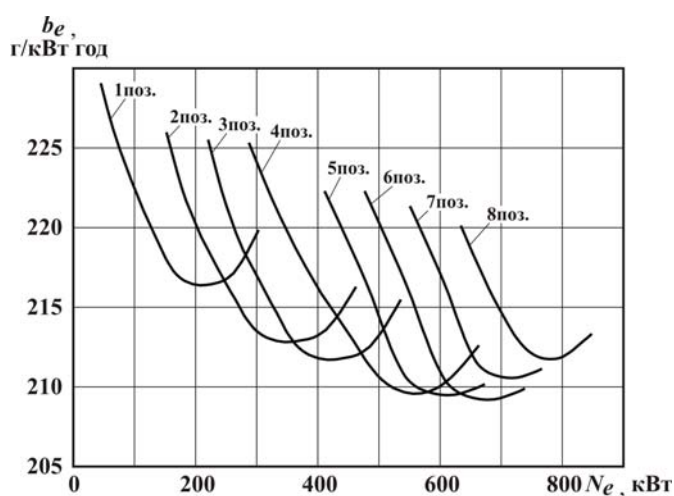


Рисунок 1 - Залежності питомої витрати палива від потужності для кожної позиції контролера машиніста за трьохпараметровою діаграмою дизеля К6S310DR

Як критерій оптимізації для кожної  $i$ -ої позиції контролера машиніста (на якій необхідно визначити потужність тепловоза) була прийнята питома витрата палива  $b_{ei}$

$$W_i = b_{ei}. \quad (3)$$

Підставляючи у цей вираз замість  $b_{ei}$  апроксимаційне рівняння питомої витрати палива (1) та значення потужності (2), яке необхідно визначити, будемо мати

$$W = a_{0i} + a_{1i} [k(n_x - n_o) + N_o] + a_{2i} [k(n_x - n_o) + N_o]^2. \quad (4)$$

Після цього знаходимо екстремум критерію оптимізації для чого беремо від (4) часткову похідну по  $k$

$$\frac{dW}{dk} = \frac{d(a_{0i} + a_{1i}k \Delta n + a_{1i}N_o + a_{2i}k^2 \Delta n^2 + 2a_{2i}k \Delta n N_o + a_{2i}N_o^2)}{dk}. \quad (5)$$

Дорівнюючи вираз (5) нулю і виконавши алгебраїчні перетворення був отриманий оптимізаційний параметр

$$k_o = -\frac{a_{1i}\Delta n + 2a_{2i}\Delta n N_o}{2a_{2i}\Delta n^2}, \quad (6)$$

де  $\Delta n$  - різниця між  $n_x$  та  $n_{x+1}$ .

У роботі запропоновано для отриманого параметру  $k_o$  застосовувати спеціальний коригувальний множник  $Z_{KM}^i$ , який являє собою співвідношення дійсних та теоретичних розподілів кількості позицій контролера машиніста  $f(S_{KM})$  до відповідних розподілів часу роботи на кожній з них  $f(T_{KM})$  за зміну роботи маневрового тепловоза. Виходячи з цього була запропонована залежність скорегованої потужності для кожної  $i$ -ої позиції контролера машиніста у вигляді

$$N_x^i = \frac{Z_{KM}^i (a_{1i} - 2a_{2i}N_o^{i+1})}{2a_{2i}} + N_o^{i+1}. \quad (7)$$

З метою підвищення точності розрахунків за цим виразом для кожної позиції контролера машиніста за залежністю (7) були скоректовані коефіцієнти  $a_{1i}$  й  $a_{2i}$ . Виходячи із цього, для розрахунку потужності маневрового тепловоза для кожної позиції контролера машиніста були встановлені наступні залежності:

$$\text{- для першої позиції - } N_1 = \frac{Z_{KM}^1 (0,245 - 0,005696 N_2)}{0,005696} + N_2; \quad (8)$$

$$\text{- для другої позиції - } N_2 = \frac{Z_{KM}^2 (0,293 - 0,003524 N_3)}{0,003524} + N_3; \quad (9)$$

$$\text{- для третьої позиції - } N_3 = \frac{Z_{KM}^3 (0,258 - 0,001474 N_4)}{0,001474} + N_4; \quad (10)$$

$$\text{- для четвертої позиції - } N_4 = \frac{Z_{KM}^4 (0,286 - 0,00102 N_5)}{0,00102} + N_5; \quad (11)$$

$$\text{- для п'ятої позиції - } N_5 = \frac{Z_{KM}^5 (0,209 - 0,000536 N_6)}{0,000536} + N_6; \quad (12)$$

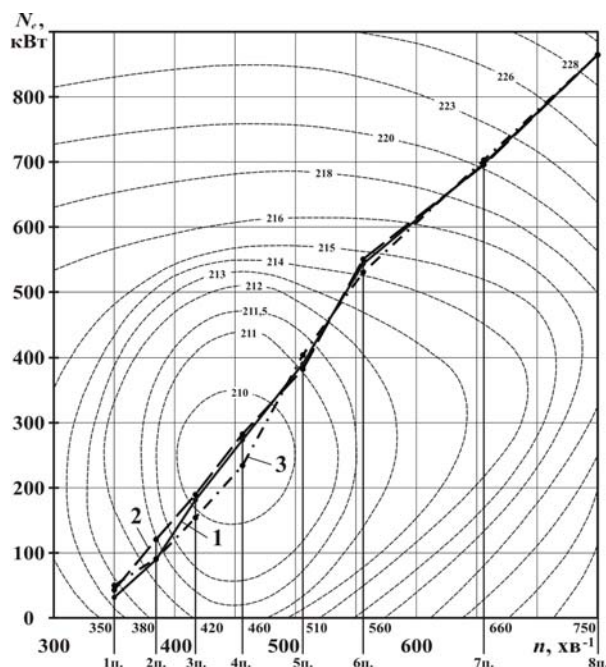
$$\text{- для шостої позиції - } N_6 = \frac{Z_{KM}^6 (0,449 - 0,000819 N_7)}{0,000819} + N_7; \quad (13)$$

$$\text{- для сьомої позиції - } N_7 = \frac{Z_{KM}^7 (0,492 - 0,000705 N_8)}{0,000705} + N_8. \quad (14)$$

На підставі отриманих залежностей був виконаний розрахунок тепловозних характеристик для запропонованих раніше видів маневрової роботи. На рис. 2 наведена одна з розрахункових характеристик - тепловозна характеристика для гіркової роботи.

Оскільки за кожним видом маневрової роботи було отримано по два варіанти (за дійсними та теоретичними частотами розподілу включень позицій та часу роботи на позиціях) запропоновано здійснювати їх вибір на основі теорії прийняття рішень за аналізом методу ієрархій (МАІ). Вибір кожного варіанту здійснювався за двома критеріями:

- величиною відхилення питомої витрати палива по всіх позиціях контролера машиніста (критерій 1);
- величиною відхилення потужності тепловоза по всіх позиціях контролера машиніста (критерій 2).



1 – існуюча (серійна) характеристика; 2 – характеристика за дійсними частотами розподілу; 3 – характеристика для теоретичних частот розподілу

Рисунок 2 - Тепловозні характеристики для гіркової маневрової роботи

Для цього були створені відповідні ієрархічні структури у яких по відхиленням між розрахунковими та дійсними параметрами та у відповідності з бажаністю прийняття варіанту тепловозної характеристики складалися матриці парних порівнянь. Для прийняття відповідного рішення, за ієрархічними структурами по другому та третьому рівням ієрархій визначалися глобальні  $W_i$  і часткові  $W'_i$  вектори пріоритетів, власні значення матриць суджень, індекси відношення і погодженості та оцінювалось їх вагове значення за кожним варіантом тягових характеристик, що порівнювалась. За

максимальної вагою отриманих значень були остаточно вибрані варіанти тепловозних характеристик, які наведені в табл. 1.

За найбільшою вагою векторів пріоритетів запропоновані наступні варіанти:

- за теоретичними частотами розподілу - тепловозні характеристики для маневрово-вивізної та малоінтенсивної маневрової роботи;

- за дійсними частотами розподілу - тепловозні характеристики для гіркової та інтенсивної маневрової роботи.

Таблиця 1 - Ваги векторів пріоритетів для розрахункових тепловозних характеристик

Варіант тепловозної характеристики	Маневрово-вивізна робота		Гіркова робота		Інтенсивна маневрова робота		Малоінтенсивна маневрова робота	
	за крит. 1	за крит. 2	за крит. 1	за крит. 2	за крит. 1	за крит. 2	за крит. 1	за крит. 2
за теоретичними частотами розподілу	0,51	0,62	0,42	0,37	0,44	0,36	0,57	0,59
за дійсними частотами розподілу	0,49	0,38	0,58	0,68	0,56	0,64	0,43	0,41

У третьому розділі виконане моделювання порівняння тягових властивостей тепловоза ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем щодо визначення його дотичної сили тяги на розгінних позиціях контролера машиніста. Основою для моделювання стало використання зовнішньої характеристики тепловоза ЧМЕЗ для розгінних позицій контролера машиніста, які наведені у правилах технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів ЧМЕЗ, а також електромеханічних характеристик тягового двигуна ТЕ-006. Дотична сила тяги визначалась як

$$F_k = \frac{2 M_\delta \mu \eta_{ТЕД} \eta_{ТП}}{D_k}, \quad (15)$$

де  $M_\delta$  - обертаючий момент, що виникає в якорі ТЕ-006, Нм;  $\mu$  - передаточне відношення тягового редуктора;  $D_k$  - діаметр колеса колісної пари по колу кочення, м;  $\eta_{ТЕД}$  - к. к. д. ТЕ-006;  $\eta_{ТП}$  - к. к. д. тягової передачі.

Для визначення обертаючого моменту  $M_\delta$ , Нм, к. к. д.  $\eta_{ТЕД}$  та швидкості руху  $V$ , км/год, у залежності від струму якоря  $I_\delta$ , А, на розгінних позиціях за електромеханічною характеристикою вони були апроксимовані наступними залежностями

$$f(M_\delta) = 1,408 I_\delta + 0,00681 I_\delta^2 - 0,000002161 I_\delta^3 - 113,338. \quad (16)$$

$$f(\eta_\delta) = 1,743 \cdot 10^{-4} I_\delta - 7,114 \cdot 10^{-8} I_\delta^2 - 1,56 \cdot 10^{-10} I_\delta^3 + 0,902. \quad (17)$$

$$f(V) = -0,062 I_\delta + 2,475 \cdot 10^{-5} I_\delta^2 - 5,242 \cdot 10^{-9} I_\delta^3 + 45,323. \quad (18)$$

В результаті моделювання отримано, що дотична сила тяги тепловозів ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем на розгінних позиціях на 12-30% більше ніж у звичайного тепловоза ЧМЕЗ.

Спираючись на висновки моделювання формалізована задача виділення і розрахунок складових гіркових маневрових операцій, а також їх порівняння для тепловозів ЧМЕЗ і ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем.

Дослідженнями встановлено, що найбільшу дотичну потужність, кВт, яка реалізується при розгоні поїзда з локомотивом масою  $Q_c + m_\lambda$ , т, від  $V = 0$  до розрахункової швидкості  $V_p$ , км/год, запропоновано визначати як

$$N_k = \frac{(Q_c + m_\lambda) \cdot g}{3,6} (w_o + f_{cp} \pm i) \cdot \alpha \cdot V_p, \quad (19)$$

де  $Q_c$  - маса поїзда, т;  $m_\lambda$  - маса локомотива, т;  $w_o$  - середній питомий опір руху поїзда, Н/кН;  $f_{cp}$  - середнє прискорювальне зусилля, Н/кН;  $V_p$  - середня швидкість при розгоні поїзда, км/год;  $\alpha$  - коефіцієнт розгону поїзда, який прийнятий  $\alpha = 0,75$ .

Звідси можлива кінцева швидкість розгону буде складати

$$V_p = \frac{3,6 \cdot N_k}{(Q_c + m_\lambda) \cdot g \cdot (w_o + f_{cp} \pm i) \cdot \alpha}. \quad (20)$$

Дана методика покладена в основу створених графічних залежностей  $V_p = f\left(\frac{N_k}{m_\lambda + Q_c}\right)$ , за якими створені спеціальні номограми для визначення довжини перестановочного напіврейсу залежно від питомої дотичної потужності  $N_k$ , кВт, кінцевої швидкості  $V$ , км/год, і довжини розгону  $L$ , м, для маневрових тепловозів ЧМЕЗ і ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем.

Визначено, що потужність, яка реалізується при розгоні при відомій кінцевій швидкості встановлюється залежно від співвідношення між розрахунковою швидкістю  $V_p$  і швидкістю 10-11 км/год, яка відповідає незмінному (у межах маневрових швидкостей) значенню коефіцієнту корисної дії тягової передачі  $\eta_n$ . На основі цього запропоновано розглядати два етапи розгону поїзда маневровим локомотивом.

На першому етапі розгону (до досягнення швидкості тривалого режиму  $V_{mp}$ ) запропоновано потужність, кВт, визначати за швидкістю розгону  $V_a$ , яка складає  $V_a \approx (0,5 \div 0,75) \cdot V_{mp}$ . Тоді потужність маневрового тепловоза на першому етапі складе

$$N_k = \frac{(Q_c + m_n) \cdot g \cdot (w_o + f_{cp} \pm i) \cdot V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot \eta_n} \quad (21)$$

На другому етапі кінцева швидкість розгону, як правило, не перевищує 10-11 км/год і реалізовану середню потужність (відповідно до тягової характеристики тепловоза) вже можна визначати за відомим виразом

$$N_k = \frac{F_k \cdot V_{cp}}{3,6 \cdot \eta_n} \quad (22)$$

На цій основі в розділі виконаний порівняльний розрахунок якісної оцінки щодо виконання всіх гіркових операцій тепловозами ЧМЕЗ і тепловозами ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем, результати якого наведені на рис. 3.

У **четвертому** розділі запропоновані організаційно-технічні заходи для покращення роботи маневрових тепловозів.

На основі аналізу експлуатаційних режимів запропонована часткова навантажувальна характеристика на другій, третій і четвертій позиціях контролера машиніста маневрового тепловоза ЧМЕЗ. Для цього створена додаткова приставка до регулятора частоти обертання дизеля, яка являє собою конструкцію, що виконана у вигляді додаткових перехідних штепсельних рознімачів з комутаційним вузлом. Експериментальні перевірки на різних місцях дислокації маневрових тепловозів дозволили встановити, що найбільша ефективність застосування часткового навантажувального режиму й зниження витрати палива досягається на тих ділянках роботи маневрових тепловозів, де частка тривалості роботи на 1-4 позиціях менше ніж частка роботи на 4-8 позиціях контролера машиніста.

В роботі виконана оцінка економічної ефективності запропонованих заходів. На підставі проведених розрахунків визначено, що загальний економічний ефект з урахуванням дисконтування тепловоза ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем за розрахунковий період (у порівнянні з двома тепловозами ЧМЕЗ) настає після четвертого року експлуатації після його впровадження. Економічний ефект від впровадження тепловоза ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем за розрахунковий період складає 1 208,481 тис. грн. Період повернення одноразових витрат складає 4 роки. Також визначено, що застосування навантажувальної часткової характеристики дає змогу отримати щорічну економію дизельного палива у розмірі 401 кг, а у грошовому еквіваленті 7 636 грн на один маневровий тепловоз за рік його експлуатації.

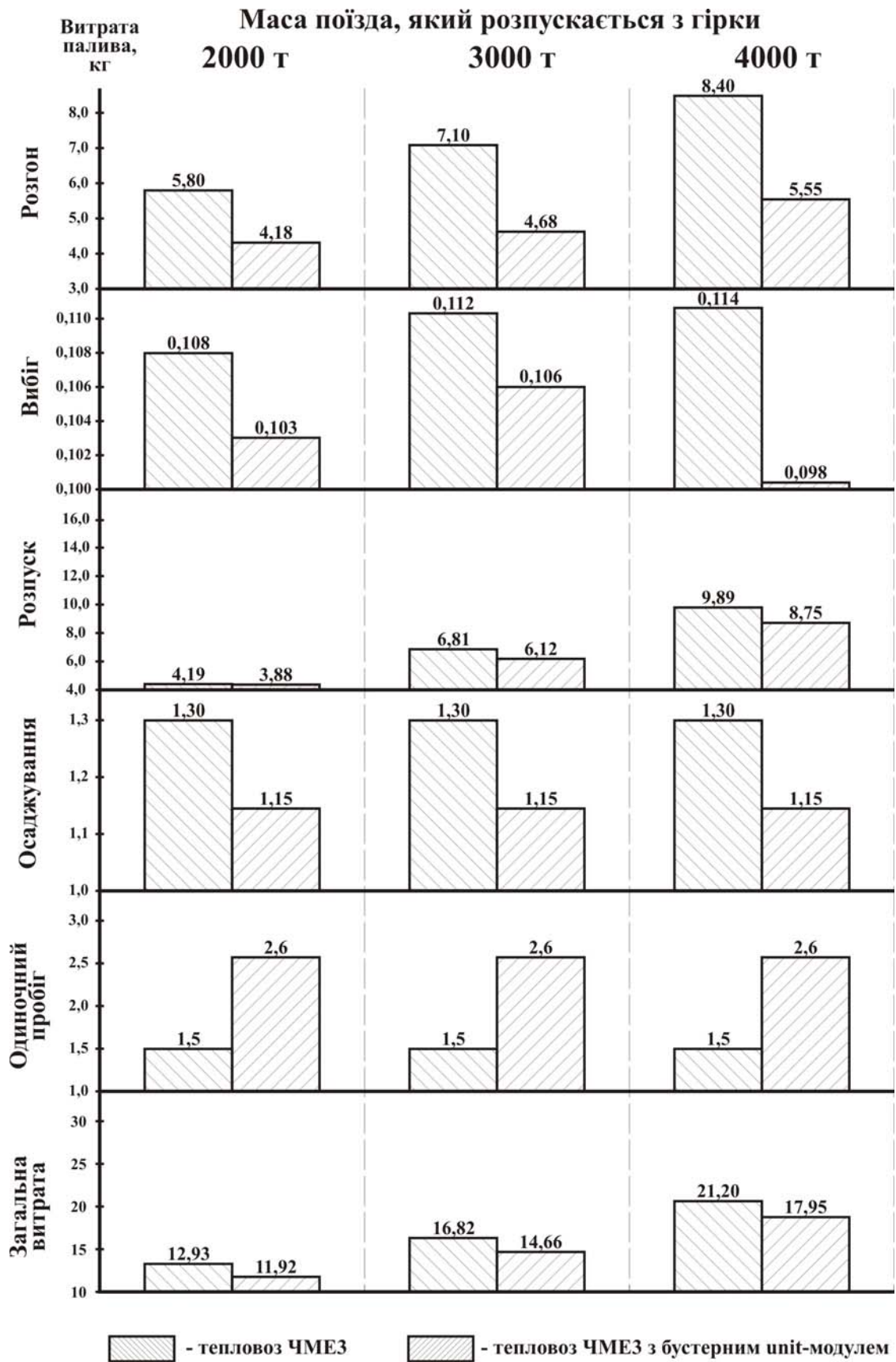


Рисунок 3 - Порівняльний розподіл витрат палива, кг., на виконання основних операції гіркової роботи тепловозами ЧМЕЗ і ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем з поїздами різної маси

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено вирішення науково-прикладного завдання - удосконалення характеристик маневрових тепловозів з адаптацією до місця їх експлуатації.

На основі виконаних у роботі досліджень можна констатувати:

1. Визначені характерні експлуатаційні фактори, що впливають на режими маневрових тепловозів на різних місцях їх роботи. За допомогою інформації із систем БІС-Р, якими обладнані маневрові тепловози на характерних місцях їх роботи отримані розподіли сумарної кількості включень контролера машиніста та сумарний час роботи на кожній позиції за зміну роботи. Для кожного місця експлуатації отримані основні числові характеристики з апроксимацією їх за законом Вейбула. На підставі цих досліджень за характером зміни режимів маневрових тепловозів встановлено 4 характерних види робіт: маневрово-вивізні, гіркова, інтенсивна та малоінтенсивна маневрові роботи, для яких у подальшому виконувалось моделювання їх характеристик.

2. За параметричною апроксимацією трьохпараметрової характеристики дизеля тепловоза ЧМЕЗ отримані вирази питомих витрат палива в залежності від потужності  $b_e = f(N_e, a_0, a_1, a_2)$ , де величини  $a_0$ ,  $a_1$  і  $a_2$  - параметри, що залежать від номера позиції контролера машиніста. Математична модель за аналітичними залежностями  $b_e = f(N_e, a_0, a_1, a_2)$  слугує основою для подальшого вирішення задачі корегування тепловозної характеристики з адаптацією до місця роботи маневрового тепловоза.

3. На основі геометричної інтерпретації та оптимізації параметрів за універсальною трьохпараметровою характеристикою дизеля K6S310DR розроблена математична модель корегування тепловозної характеристики та отриманий критерій з визначення рівня потужності для кожної позиції, який ураховує особливості місця його експлуатації і встановлює мінімальну витрату палива для виділених характерних видів робіт. Отриманий критерій та математичні залежності з коригувальним множником запропоновано як основу по визначенню потрібної потужності для різних місць роботи маневрового тепловоза.

4. На основі використання отриманих результатів оптимізаційних розрахунків формалізована задача вибору варіанта тепловозної характеристики за допомогою теорії прийняття рішень за методом аналізу ієрархій. Розроблені ієрархії за критеріями відхилень питомої витрати палива і потужності на кожній позиції контролера машиніста за відповідним варіантом тепловозної характеристики та запропоновані відносні чисельні рівні (інтенсивність) взаємодії елементів у запропонованій ієрархії. Визначені вагові величини векторів пріоритетів за якими запропоновано здійснювати вибір відповідного варіанту тепловозної характеристики.



5. Виконане моделювання і оцінка тягових властивостей тепловоза ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем, яке показало підвищення його дотичної сили тяги на 12-30% на розгінних позиціях. Розрахункова перевірка цих результатів за отриманою новою тяговою характеристикою встановила, що застосування бустерного unit-модуля з тепловозом ЧМЕЗ дозволяє скорочувати час усього гіркового циклу з поїздами масою 2000т на 5,3%, а з поїздами масою 3000т і 4000т на 6,3%. Також визначено, що тепловоз ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем дозволяє обробляти поїзди масою до 6000т, чого звичайний тепловоз за своїми тяговими властивостями не в змозі.

6. Запропоновані та обґрунтовані пропозиції щодо застосування на маневровому тепловозі навантажувальної характеристики на часткових режимах. Результати впровадження показали, що вона дозволяє при певних умовах підвищити ефективність роботи маневрового тепловоза, забезпечити його достатню їх прийомистість, економічність та покращення екологічних характеристик.

7. Визначено, що загальний економічний ефект з урахуванням дисконтування тепловоза ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем за розрахунковий період (у порівнянні з двома тепловозами ЧМЕЗ) настає після четвертого року експлуатації після його модернізації. Економічний ефект від впровадження тепловоза ЧМЕЗ з бустерним unit-модулем за розрахунковий період складає 1 208,481 тис. грн. Період повернення одноразових витрат складає 4 роки.

Практичними результатами встановлено, що застосування навантажувальної часткової характеристики на існуючому маневровому тепловозі ЧМЕЗ дає змогу отримати стабільно 0,3% економії дизельного палива.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **Основні праці:**

1. Бабанін, О.Б. Визначення вагомості факторів, що впливають на режим роботи маневрових тепловозів. [текст] / О.Б.Бабанін, Ю.В.Сиротенко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 81. – С. 59-66.

2. Сиротенко, Ю.В. Критерії безпечних режимів навантаження силової установки маневрових тепловозів ЧМЕЗ. [текст] / Ю.В.Сиротенко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ. – 2007. – Вип. 82. – С. 110-115.

3. Бабанін, О.Б. Оцінка ефективності маневрових тепловозів [текст] / О.Б.Бабанін, Ю.В.Сиротенко, А.І.Марцун // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 96. – С. 98-103.

4. Сиротенко, Ю.В. Моделювання тягово-енергетичних показників маневрового тепловоза при виконанні гіркової роботи [текст] / Ю.В.Сиротенко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 99. – С.38-46.

5. Сиротенко, Ю.В. Оцінка якості системи передачі інформації про технічний стан вузлів маневрових тепловозів на основі теорії корисності [текст] / Ю.В.Сиротенко, К.П.Гоменюк // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 94. – С. 93-100.

6. Сиротенко, Ю.В. Застосування інтегральних методів контролю при випробуваннях маневрових тепловозів ЧМЕЗ [текст] / Ю.В.Сиротенко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 108. – С. 19-24.

7. Бабанин, А.Б. Улучшение переходных режимов работы маневровых тепловозов на промежуточных позициях [текст] / А.Б.Бабанин, Ю.В.Сиротенко, И.В.Мымриков // Локомотив-информ. - №5-6. – 2009. – С.4-8.

8. Бабанин, О.Б. Оцінка критеріїв для формування характеристик маневрових тепловозів [текст] / О.Б.Бабанин, Ю.В.Сиротенко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С.60-65.

9. Сиротенко Ю.В. Нормування експлуатаційних характеристик маневрових тепловозів за допомогою переносного автоматизованого комплексу [текст] / Ю.В.Сиротенко, Р.В.Турчинов, С.А.Змій // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 127. – С.79-83.

10. Бабанин О.Б. Покращення характеристик тепловозів ЧМЕЗП для виконання важкої маневрової роботи [текст] / О.Б.Бабанин, Ю.В.Сиротенко, Є.О.Тимошенко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С.79-84.

**Публікації у виданнях України, які включені до міжнародних науко-метричних баз:**

11. Сиротенко, Ю.В. Визначення потужності маневрового тепловоза з урахуванням місця його експлуатації [текст] / Ю.В. Сиротенко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. - №1/8 (67). – С. 41-45.

**Додаткові праці, які відображають результати дисертації:**

12. Каграманян, А.А. Совершенствование технологии диагностирования и экологического контроля маневровых тепловозов [текст] / А.А.Каграманян, А.Б.Бабанин, Ю.В.Сиротенко // Екологічна безпека. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 1. – С. 100-111.

13. Патент 85348 Україна, МПК G01M 17/08. Спосіб визначення експлуатаційних режимів маневрових і промислових тепловозів [текст] / Бабанин О.Б., Сиротенко Ю.В., Турчинов Р.В., Змій С.О., Бульба В.І., Пастух Д.М.: заявник і патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту; № U201309276 заявл. 23.07.2013р.; опубл. 11.11.2013р., Бюл. №21.

**Праці апробаційного характеру:**

14. Сиротенко, Ю.В. Обґрунтування вибору параметрів маневрових та промислових тепловозів з урахуванням місця

експлуатації [текст] / Ю.В.Сиротенко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ: тези доп. 74-ї МНТК, 2012. – Вип. 129. – С. 223.

15. Сиротенко, Ю.В. Совершенствование эксплуатационных режимов маневровых тепловозов с учетом места их работы [текст] / Ю.В.Сиротенко // Проблемы развития рельсового транспорта: матер. XXIII МНТК. – Крым, 2013. – С. 42-43.

16. Сиротенко, Ю.В. Вдосконалення характеристик маневрових тепловозів з адаптацією до умов експлуатації [текст] / Ю.В.Сиротенко // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: зб. тез НПК студентів та молодих вчених. – Сєверодонецьк, 2014. – С. 71-74.

17. Сиротенко, Ю.В. Удосконалювання технології настроювання експлуатаційної характеристики маневрових тепловозів з адаптацією до місця роботи [текст] / Ю.В.Сиротенко // Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті: мат. МНТК. – Харків, 2014. – С. 75-76.

18. Сиротенко, Ю.В. Визначення тягових властивостей тепловоза ЧМЕЗ при роботі з бустерним unit-модулем / Ю.В.Сиротенко // Логистическое управление и безопасность движения на транспорте: мат. МНПК, Лозова, 2015 г. - С. 23-24.

## АНОТАЦІЯ

Сиротенко Ю.В. Удосконалення характеристик маневрових тепловозів з урахуванням місця їх експлуатації. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. - Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2016.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково-прикладного завдання - удосконаленню характеристик маневрових тепловозів з адаптацією до місця їх експлуатації.

Досліджений розвиток та сучасні підходи до формування характеристик маневрових тепловозів. Проведений аналіз і визначені характерні режими роботи маневрових тепловозів у різних місцях їх роботи. На основі геометричної інтерпретації та оптимізації параметрів за універсальною трьохпараметровою характеристикою дизеля тепловоза ЧМЕЗ розроблена математична модель, за якою визначений критерій та отримані математичні залежності з коригувальним множником. Модель запропоновано як основу з визначення потрібної потужності для різних місць експлуатації маневрового тепловоза. Запропонований метод виділення і розрахунку складових гіркових маневрових операцій, який дозволяє визначати їх основні характеристики, на основі якого проведений розрахунок з оцінкою ефективності використання маневрового тепловоза з бустерним unit-модулем у порівнянні з існуючим. Розглянуті пропозиції щодо застосування на маневровому тепловозі

навантажувальної характеристики на часткових режимах та запропонована спеціальна приставка до регулятора частоти обертання колінчастого валу дизеля.

*Ключові слова:* сортувальна гірка, маневрова робота, навантаження, потужність, режим, розгін, тепловоз, характеристика.

## АННОТАЦІЯ

Сиротенко Ю.В. Совершенствование характеристик маневровых тепловозов с адаптацией к месту их эксплуатации. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. - Украинский государственный университет железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2016.

Диссертационная работа посвящена решению актуального научно-прикладного задания по совершенствованию характеристик маневровых тепловозов с адаптацией к месту их эксплуатации.

Выполнен анализ научных исследований, которые посвящены улучшению характеристик маневровых тепловозов. Установлено, что большинство исследований по выбору эксплуатационных характеристик дизелей и улучшению качества переходных процессов в силовой установке ставят своей целью сокращения расхода топлива, снижение токсичности выхлопных газов, уменьшение тепловой напряженности в ответственных деталях. Сделан вывод, что при решении задачи выбора рациональных значений мощности силовой установки маневровых тепловозов и их сцепной массы авторами многих исследований предъявляются различные, иногда противоречивые требования. Одни из них учитывают доминирующее влияние на параметры маневровых тепловозов вида работы, которая этими локомотивами выполняется, другие, при выборе данных параметров, исходят из максимальной массы расформируемых составов, а третьи считают главным для такого выбора загруженность работой сортировочной станции. Но в общей постановке задачи все воедино сходятся, что для выполнения всего диапазона маневровых работ необходимо учитывать их характерную индивидуальность для каждого рабочего места, где работает соответствующий маневровый локомотив.

В этом разрезе определено, что в отдельных случаях, для улучшения условий тяжелой маневровой работы и повышения эффективности маневровых тепловозов следует применять специальный бустерный unit-модуль. Рассмотрены основные конструктивные особенности и характеристики бустерных unit-модулей, которые работают с современными маневровыми тепловозами.

Проведен анализ и определены характерные режимы работы маневровых тепловозов в различных местах их работы. Установлено,

что при выполнении горочной работы, при надвиге поезда, осуществляется большое количество переключений контроллера машиниста и соответствующие им изменения режимов работы энергосилового устройства. Такие переходные режимы для горочной работы составляют значительную часть от общего времени. При этом, устойчивые режимы составляют незначительную часть, а остальное время дизель работает на холостом ходу или заглушен. Совсем другая ситуация со станционными маневрами, когда необходимо часто делать перестановки небольших групп вагонов. В этом случае наибольшее количество переключений приходится только на первую, вторую, третью и четвертую позиции контроллера машиниста.

По характеру изменения режимов маневровых тепловозов установлены четыре характерных вида работ: маневрово-вывозная, горочная, интенсивная и малоинтенсивная.

В результате параметрической аппроксимации характеристики дизеля тепловоза ЧМЭЗ получены зависимости удельных расходов топлива от реализуемой мощности в различных местах эксплуатации. На основе геометрической интерпретации и оптимизации параметров по универсальной трехпараметровой характеристике дизеля тепловоза ЧМЭЗ разработана математическая модель корректировки тяговой характеристики и предложен критерий по определению уровня мощности для каждой позиции контроллера машиниста. Этот критерий учитывает характерные особенности места работы локомотива и позволяет обеспечивать минимальный расход топлива для выделенных видов работ.

На основе использования полученных результатов оптимизационных расчетов формализована задача выбора варианта тепловозной характеристики с помощью теории принятия решений по методу анализа иерархий. Данный метод, в отличие от существующих, позволяет преобразовывать поставленную декомпозицию на более простые составные части с дальнейшей последовательностью обработки суждений за парными сравнениями для лица, которое принимает решение. Исходя из этого, были разработаны иерархии по критериям отклонения удельного расхода топлива и мощности на каждой позиции контроллера машиниста по соответствующим вариантам тепловозных характеристик и предложенные относительные численные уровни (интенсивность) взаимодействия элементов в предложенных иерархиях. Расчетами определены соответствующие весовые величины векторов приоритетов, по которым предложено осуществлять выбор соответствующего варианта тепловозной характеристики.

Предложен метод выделения и расчета составляющих горочных маневровых операций, который позволяет определять длину разгона и выбега, скорости подхода к вершине горки, а также скорости в конце разгона поезда как для обычных маневровых тепловозов, так и для тепловозов с бустерным unit-модулем. В целом, на основании

проведенных расчетов, установлено, что применение бустерного unit-модуля с маневровым тепловозом позволяет сокращать время всего горочного цикла с поездами массой 2000т на 5,3%, а с поездами массой 3000т и 4000т на 6,3%.

Предложены и обоснованы предложения по применению на маневровом тепловозе частичной нагрузочной характеристики и пути ее реализации с помощью специальной приставки к регулятору частоты вращения коленчатого вала дизеля. Экспериментальные результаты внедрения частичной нагрузочной характеристики показали, что она позволяет при определенных условиях повысить эффективность работы маневрового тепловоза, обеспечить его достаточную их приемистость, экономичность и улучшение экологических характеристик.

*Ключевые слова:* сортировочная горка, маневровая работа, нагрузка, мощность, режим, разгон, тепловоз, характеристика.

## THE SUMMARY

Sirotenko U.V. Perfection of characteristics of shunting diesel locomotives with adaptation to a place of their operation - As the manuscript.

Dissertation on competition of a scientific degree of a Ph.D. on a specialty 05.22.07 – rolling stock of railways and draft of trains. - Ukrainian State University of Railway Transport MES Ukraine, Kharkiv, 2016.

Dissertational work is devoted to the decision of an actual scientifically-applied problem - to perfection of characteristics of shunting diesel locomotives with adaptation to a place of their operation.

Development and modern approaches to formation of characteristics of shunting diesel locomotives is investigated. The analysis is lead and characteristic operating modes of shunting diesel locomotives in various places of their work are certain. On the basis of geometrical interpretation and optimization of parameters on universal three parameters the characteristic of a diesel engine of diesel locomotive CME3 develops mathematical model on which the criterion is certain and mathematical dependences with a correcting multiplier are received. The model is offered as a basis for definition of necessary capacity for various places of operation of a shunting diesel locomotive. The method of allocation and calculation of components hills shunting operations which allows determining their basic characteristics on the basis of which calculation with an estimation of efficiency of use of a shunting diesel locomotive with busters the unit-module in comparison with existing is lead is offered. Offers on application on a shunting diesel locomotive of the loading characteristic on partial modes are considered and the special prefix to a regulator of frequency of rotation of a cranked shaft of a diesel engine is offered.

*Keywords:* hump yard, shunting work, loading, capacity, mode, dispersal, diesel locomotive, the characteristic.

Сиротенко Юрій Валентинович

УДК 629.424.14.004

Удосконалення характеристик маневрових тепловозів з  
адаптацією до місця їх експлуатації

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск



ас. О.С.Коваленко

---

Підписано до друку 10.02 20 16 р. Формат паперу А5  
Папір для тиражувальних апаратів, друк на різнографі  
Умовн. – друк. арк. 0,9. Обл. – вид. арк. 1,1  
Замовлення № 9. Тираж 150 прим.

---

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