

**Міністерство інфраструктури України  
Державне підприємство «Державний науково-дослідний центр  
залізничного транспорту України»**

**ГАТЧЕНКО ВІКТОРІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА**

УДК 629.424.14

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ЗА СИСТЕМОЮ  
ДВОХ ОДИНИЦЬ, ШЛЯХОМ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ  
ЇХ РОБОТИ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі Експлуатації та ремонту рухомого складу Української державної академії залізничного транспорту Міністерства освіти і науки молоді та спорту України

**Науковий керівник** – доктор технічних наук, професор  
Фалендиш Анатолій Петрович,  
Українська державна академія залізничного  
транспорту, кафедра Експлуатації та ремонту  
рухомого складу, професор

**Офіційні опоненти** доктор технічних наук, професор  
Пелепейченко Володимир Ігорович,  
ДП «Державний науково-дослідний центр  
залізничного транспорту України»,  
головний науковий співробітник

кандидат технічних наук  
Дробаха Володимир Ілліч,  
Державна адміністрація залізничного транспорту  
України, Головне управління локомотивного  
господарства, заступник начальника Головного  
управління

Захист відбудеться “ 29” березня 2013 р. о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.885.01 в Державному підприємстві «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» Україна, 03038, м. Київ – 38, вул. І. Федорова, 39

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного підприємства «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» Україна, 03038, м. Київ – 38, вул. І. Федорова, 39

Автореферат розісланий “ 27 ” лютого 2013 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

С.Г. Грищенко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми дисертації.** Економія дизельного палива при експлуатації тепловозного парку є одним із завдань, які мають вирішувати підприємства залізничного транспорту України.

Аналіз показав, що на Донецькій залізниці понад 43 % витрат дизельного палива тепловозами припадає на маневрову роботу. Однією спаркою маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць (МТСДО), за рік витрачається понад 200 т. дизельного палива, причому найбільш тривалий час обидва дизелі працюють на режимі холостого ходу, до 60 % від загального часу роботи, а також на режимах малих навантажень.

Відомі роботи, де показано, що за рахунок вибору раціональних режимів навантаження дизелів магістральних тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, можна зменшити експлуатаційну витрату палива. Але питання вибору раціональних режимів навантаження дизель-генераторних установок МТСДО при виконанні ними маневрових операцій досі системно не вивчалось. Були відсутні науково обґрунтовані рекомендації щодо вибору раціональних режимів навантаження таких тепловозів, оцінка економічної ефективності впровадження нових систем експлуатації, а також необхідні технічні рішення. Така ситуація обумовлює актуальність теми дисертаційної роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Тема дисертації відповідає «Комплексній програмі оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки», яку затверджено Наказом Міністра транспорту та зв'язку України від 14.10.2008 р., №1259, Державній цільовій програмі реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки, затвердженій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1390 та Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1555-р. Викладені у дисертації питання є частиною наукових розробок Української державної академії залізничного транспорту щодо рішення проблеми підвищення ефективності експлуатації тягового рухомого складу (№ ДР 0108U005562 Розробка систем пуску дизелів та рекуперації енергії гальмування поїздів з використанням енергоємних імпульсних конденсаторів).

**Мета і задачі досліджень.** Метою дисертаційної роботи є вирішення наукового завдання – підвищення ефективності використання маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, за рахунок вибору раціональних режимів їх роботи.

Задачі досліджень:

- проаналізувати режими роботи дизель-генераторних установок маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць при виконанні різних видів маневрових операцій;

- виконати аналіз існуючих методів та технічних рішень підвищення ефективності використання дизель-генераторних установок маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, надати їх оцінку та визначити основні фактори, що впливають на вибір режимів їх роботи ;
- дослідити вплив експлуатаційних факторів на вибір режиму роботи дизель-генераторних установок маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць;
- обґрунтувати перспективні напрямки підвищення ступеня використання потужності дизель-генераторних установок маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць;
- розробити заходи з підвищення ефективності використання маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць;
- розробити спосіб функціонування маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць (СДО), при виборі раціональних режимів роботи відповідно до заданої маневрової операції;
- виконати аналіз ефективності пропозицій з підвищення ефективності використання МТСДО, за допомогою комплексної математичної моделі і експлуатаційних випробувань;
- оцінити економічну ефективність від впровадження запропонованих технічних рішень з впровадження системи пуску від генератора працюючого тепловозу, та схеми переведення одного з дизелів тепловозів на режим холостого ходу.

**Об'єкт дослідження.** Процеси керування роботою дизель-генераторів маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць.

**Предмет дослідження.** Методи та моделі для визначення раціональних режимів роботи маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць.

**Методи дослідження.** При виконанні дисертаційних досліджень використовувались такі методи: математичної статистики та теорії імовірності – для аналізу експлуатаційних факторів, що впливають на вибір режиму роботи та витрату палива МТСДО; теорії графів – для побудови графу станів системи роботи МТСДО; математичного моделювання – для створення комплексної математичної моделі визначення станів системи роботи маневрових тепловозів (МТ) і дослідження шляхів підвищення ефективності використання МТ; експериментальні – для оцінки ефективності запропонованих заходів, впроваджених у депо.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У дисертаційній роботі вирішено наукове завдання підвищення ефективності використання маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць за рахунок вибору раціональних режимів їх роботи.

Вперше:

- побудована математична модель для визначення раціональних сполучень режимів навантаження маневрових тепловозів, що працюють за

системою двох одиниць, яка враховує вплив експлуатаційних факторів (температуру оточуючого середовища, вагу поїзда, температуру охолоджуючої рідини дизеля) на вибір режиму роботи тепловозів;

- розроблена математична модель для визначення імовірності існування в певних умовах експлуатації різних сполучень навантаження маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць;
- отримані та узагальнені експериментальні дані про розподіл режимів навантаження дизелів маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць при виконанні різних видів роботи.

Удосконалена система розподілу навантаження між маневровими тепловозами, що працюють за системою двох одиниць при виконанні різних видів роботи.

Дістали подальшого розвитку:

- методи розрахунку витрат дизельного палива (ДП) маневровими тепловозами, що працюють за системами двох одиниць за рахунок визначення впливу зміни режиму роботи дизель-генераторної установки (ДГУ) на витрату ДП при виконанні різних маневрових операцій.

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблена система вибору раціональних режимів роботи дизель-генераторів маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, дозволила досягти економії дизельного палива і зменшити кількість шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Запропоновані до впровадження в локомотивних депо Донецької залізниці технічні рішення з удосконалення системи використання МТСДО, дозволять забезпечити роботу їх ДГУ на економічних режимах та підвищити надійність акумуляторних батарей (АБ) тепловозів ЧМЕЗ при використанні генераторного запуску.

Дисертаційні дослідження використовуються в навчальному процесі Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту при підготовці бакалаврів і спеціалістів за спеціальністю «Локомотиви та локомотивне господарство».

**Особистий внесок здобувача.** Усі положення й результати роботи, які виносяться на захист, авторкою отримані особисто або при її безпосередній участі. У роботі [1] авторкою проведено аналіз часу роботи маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць на різних режимах; у [2] – розроблена схема переведення одного з тепловозів на режим холостого ходу; у [3] – виконані дослідження часу перехідного процесу при зміні системи керування дизель-генераторної установки; у [5] – розроблена модель визначення станів системи роботи маневрових тепловозів за системою двох одиниць; у [6] – запропонований та виконаний розрахунок витрат палива на основі математичної моделі; у [7] – визначені витрати палива по моделі за різні періоди роботи, запропоновані шляхи оптимізації режимів роботи маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць; у [8] – розроблена схема

пристрою для запуску дизелів тепловозів при роботі за системою двох одиниць; у [10] – побудований граф станів системи роботи МТСДО; у [11] – проведено аналіз факторів, які впливають на вибір режимів роботи МТСДО; у [12] – виконаний розрахунок економічної ефективності переведення одного з дизелів тепловозів у режим холостого ходу та генераторного пуску; у [13] – виконаний розрахунок та порівняння витрат палива при роботі на експлуатаційних режимах та раціональних; у [14] – розробка безступінчастої системи керування дизель-генераторної установки; у [15] – розробка системи узгодження потужності дизеля з потужністю генератора.

**Апробація результатів дисертації.** Основні матеріали результатів дисертаційної роботи доповідались, обговорювались і отримали схвалення на наступних конференціях:

- 71 міжнародна НПК «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени В. Лазаряна, (г. Днепропетровск 2011 г.);
- 24 міжнародна конференція «Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины» УкрДАЗТ, (м. Алушта 2011 р.);
- 3 міжвузівській НТК «Енерго- та ресурсозберігаючі технології при експлуатації машин та устаткування» Донецький інститут залізничного транспорту, (м. Донецьк 2011р.);
- III НПК «Інноваційні технології на залізничному транспорті» Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, (м. Красний Лиман, 2012 р.);
- 36 НТК «Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов» Харьковская национальная академия городского хозяйства, (г. Харьков, 2012 р.).

Повністю дисертація доповідалась на розширеному засіданні кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДАЗТ у 2012 р., на кафедрі рухомого складу залізниць Донецького інституту залізничного транспорту у 2012 р. та науковому семінарі Державного підприємства «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» у 2012 р.

**Публікації.** Основні наукові результати дослідження опубліковані у 8 працях, додатково наукові результати відображено у 7 працях.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 106 найменувань. Повний обсяг складає 147 сторінок. Основний зміст роботи викладено на 118 сторінках і включає 29 рисунків, 35 таблиць, 5 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі сформульовано мету й завдання дослідження, відображено загальну характеристику роботи та основні наукові положення, що виносяться на захист. Обґрунтовано актуальність теми, її наукову новизну й практичне значення. Наведено дані про методи досліджень, публікації, апробацію та структуру дисертації.

У першому розділі виконано аналіз витрат дизельного палива МТСДО, аналіз часу роботи на різних режимах при виконанні маневрових операцій, проаналізовано режими роботи дизель-генераторної установки (ДГУ) маневрових тепловозів в експлуатації.

Для прикладу, на рис. 1а наведені гістограми розподілу за позиціями контролера машиніста (п.к.м.) відносного часу роботи дизеля одиночного ЧМЭЗ, на рис. 1б – дизеля МТСДО, у випадку застосування локомотивів на маневровій горці.

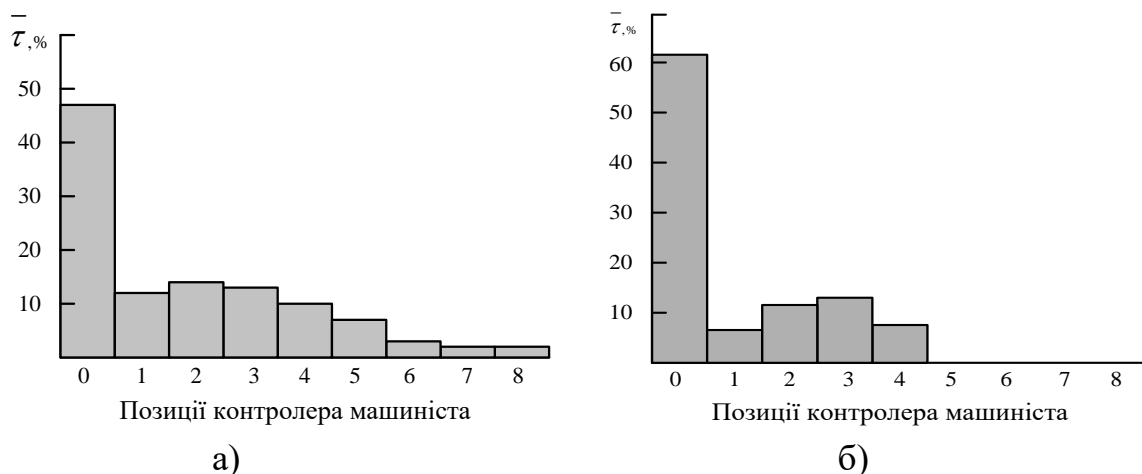


Рис. 1. Розподіл відносного часу роботи дизеля на позиціях контролера машиніста

Для випадку МТСДО (рис. 1б) характерна відносно триваліша робота дизеля на режимах тепловозного холостого ходу (0 п.к.м.), а також практично повна відсутність режимів, що відповідають 5 – 8 п.к.м..

Гістограми, наведені на рис. 1, слід розглядати як такі, що ілюструють лише тенденції розподілу режимів навантаження, оскільки вони були отримані за умов експлуатації тепловозів на різних станціях. В подальшому порівняння показників базового МТСДО і такого, де впроваджені раціональна система експлуатації, виконувалось для однакових умов.

У розділі 1 виконано також аналіз способів і дана оцінка відомих технічних рішень з підвищення ефективності використання ДГУ тепловозів шляхом скорочення часу їх роботи на режимі холостого ходу та на перехідних режимах.

У другому розділі обґрунтовано вибір напрямку дослідження - процесів керування роботою ДГУ МТСДО, впливу характеристик керування на їх техніко-економічні показники.

Викладена загальна методика проведення досліджень процесів та режимів керування ДГУ МТСДО.

Описано методи досліджень, а саме: метод спостереження (хронометраж) для визначення часу роботи ДГУ тепловозів на кожній позиції контролера машиніста та кількість перемикачів між позиціями; метод динаміки середніх для побудови моделі визначення імовірності знаходження тепловозів в різних станах графа.

Складено систему диференціальних рівнянь, що характеризують стани системи роботи маневрових тепловозів і за допомогою пакету комп'ютерних програм Mathcad розв'язано ці рівняння методом ітерації.

У третьому розділі описано створену модель визначення станів системи роботи МТСДО, побудовано граф станів. Розроблена математична модель для визначення імовірності знаходження локомотивів у різних станах системи, яка реалізована в програмному продукті Mathcad.

Цільова функція витрат палива МТСДО за зміну має вигляд:

$$E = f(B_T, B_{xx}, B_{зан}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $B_T$  - витрати палива на режимі тяги;

$B_{xx}$  - витрати палива на режимі холостого ходу;

$B_{зан}$  - витрати палива на запуск дизеля.

Витрати палива знайдемо за формулами:

$$\begin{aligned} B_T &= G_T \cdot \tau_T, \\ B_{x.x.} &= g_{x.x.} \cdot \tau_{x.x.}, \\ B_{зан} &= g^{зан} \cdot n, \end{aligned}$$

де  $G_T$  - витрати палива на режимі тяги, кг/год.;

$g_{x.x.}$  - витрати палива на режимі холостого ходу, кг/год.;

$g^{зан}$  - витрати палива на запуск дизеля, кг;

$n$  - кількість запусків за зміну;

$\tau_T$  - час роботи на режимах тяги, год;

$\tau_{x.x.}$  - час роботи на режимі холостого ходу.

Тоді цільова функція прийме вид:

$$E = \left( \sum_{i=1}^k G_{T,i} \cdot \tau_{T,i} + g_{x.x.} \cdot \tau_{x.x.} + g^{зан} \cdot n \right) \rightarrow \min, \quad (2)$$



де  $k$  - кількість позицій контролера машиніста на режимах тяги (для ЧМЕЗ  $k = 8$ ),  $\tau_r$  - загальний час роботи дизелів на відповідних позиціях режимів тяги, год.

Обмеження:

$$t_{н.с.} \in -40 \div 40 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{о.в.} \in 40 \div 45 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$Q \in 0 \div 3000\text{т},$$

де  $t_{н.с.}$  - температура навколишнього середовища,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{о.в.}$  - температура охолоджуючої води дизеля,  $^\circ\text{C}$ ;

$Q$  - вага потяга, т.

Для визначення часу роботи на різних режимах побудований граф станів МТСДО (рис. 2).

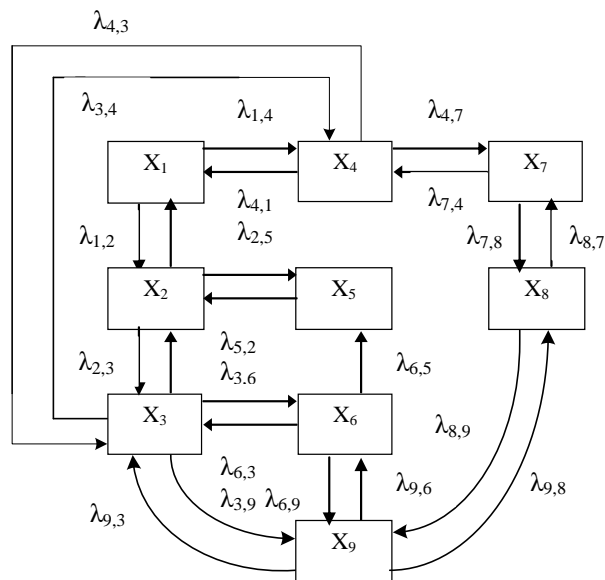


Рис. 2. Граф станів маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць

МТСДО можуть перебувати в одному із дев'яти станів:

$X_1$  - дизель першого тепловоза зупинений, дизель другого тепловоза зупинений;  $X_2$  - дизель першого тепловоза працює на режимі холостого ходу, дизель другого тепловоза зупинений;  $X_3$  - дизель першого тепловоза працює на режимі холостого ходу, дизель другого тепловоза працює на режимі холостого ходу;  $X_4$  - дизель першого тепловоза зупинений, дизель другого тепловоза працює на режимі холостого ходу;  $X_5$  - дизель першого тепловоза працює на режимі тяги, дизель другого тепловоза зупинений;  $X_6$  - дизель першого тепловоза працює на режимі тяги, дизель другого тепловоза працює на режимі холостого ходу;  $X_7$  - дизель першого тепловоза зупинений, дизель другого тепловоза працює на режимі тяги;  $X_8$  - дизель першого тепловоза працює на режимі холостого ходу, дизель

другого тепловоза працює на режимі тяги;  $X_9$  – дизель першого тепловоза працює на режимі тяги, дизель другого тепловоза працює на режимі тяги.

Параметри  $\lambda_{ij}$  – це інтенсивності переходу зі стану  $X_i$  у стан  $X_j$ . Значення інтенсивності визначалися шляхом спостережень за роботою МТСДО у базовому та модернізованому варіантах.

Імовірність перебування локомотивів у різних станах графа чисельно дорівнює відносному часу їх перебування у даному стані протягом зміни, і може бути визначена з наступної системи рівнянь Колмогорова:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_1(\tau)}{d\tau} &= \lambda_{4,1} \cdot p_4(\tau) + \lambda_{2,1} \cdot p_2(\tau) - (\lambda_{1,2} + \lambda_{1,4}) \cdot p_1(\tau), \\ \frac{dp_2(\tau)}{d\tau} &= \lambda_{3,2} \cdot p_3(\tau) + \lambda_{5,2} \cdot p_5(\tau) + \lambda_{1,2} \cdot p_1(\tau) - (\lambda_{2,5} + \lambda_{2,3} + \lambda_{2,1}) \cdot p_2(\tau), \\ \frac{dp_3(\tau)}{d\tau} &= \lambda_{4,3} \cdot p_4(\tau) + \lambda_{9,3} \cdot p_9(\tau) + \lambda_{2,3} \cdot p_2(\tau) + \lambda_{6,3} \cdot p_6(\tau) - (\lambda_{3,4} + \lambda_{3,9} + \lambda_{3,2} + \lambda_{3,6}) \cdot p_3(\tau), \\ \frac{dp_4(\tau)}{d\tau} &= \lambda_{3,4} \cdot p_3(\tau) + \lambda_{7,4} \cdot p_7(\tau) + \lambda_{1,4} \cdot p_1(\tau) - (\lambda_{4,7} + \lambda_{4,3} + \lambda_{4,1}) \cdot p_4(\tau), \\ \frac{dp_5(\tau)}{d\tau} &= \lambda_{2,5} \cdot p_2(\tau) + \lambda_{6,5} \cdot p_6(\tau) - \lambda_{5,2} \cdot p_5(\tau), \\ \frac{dp_6(\tau)}{d\tau} &= \lambda_{3,6} \cdot p_3(\tau) + \lambda_{9,6} \cdot p_9(\tau) - (\lambda_{6,5} + \lambda_{6,3} + \lambda_{6,9}) \cdot p_6(\tau), \\ \frac{dp_7(\tau)}{d\tau} &= \lambda_{4,7} \cdot p_4(\tau) + \lambda_{8,7} \cdot p_8(\tau) - (\lambda_{7,4} + \lambda_{7,8}) \cdot p_7(\tau), \\ \frac{dp_8(\tau)}{d\tau} &= \lambda_{7,8} \cdot p_7(\tau) + \lambda_{9,8} \cdot p_9(\tau) - (\lambda_{8,9} + \lambda_{8,7}) \cdot p_8(\tau), \\ \frac{dp_9(\tau)}{d\tau} &= \lambda_{3,9} \cdot p_3(\tau) + \lambda_{6,9} \cdot p_6(\tau) + \lambda_{8,9} \cdot p_8(\tau) - (\lambda_{9,6} + \lambda_{9,3} + \lambda_{9,8}) \cdot p_9(\tau) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

При цьому, в будь-який момент часу  $t$  має виконуватися нормативна умова:

$$\sum_{i=1}^9 P_i(\tau) = 1 \quad (6)$$

Початкові умови записуються у вигляді:

$$P_1(0) = 1, P_2(0) = P_3(0) = P_4(0) = P_5(0) = P_6(0) = P_7(0) = P_8(0) = P_9(0) = 0.$$

$$\begin{cases}
 \lambda_{4,1} \cdot p_4 + \lambda_{2,1} \cdot p_2 - (\lambda_{1,2} + \lambda_{1,4}) \cdot p_1 = 0, \\
 \lambda_{3,2} \cdot p_3 + \lambda_{5,2} \cdot p_5 + \lambda_{1,2} \cdot p_1 - (\lambda_{2,5} + \lambda_{2,3} + \lambda_{2,1}) \cdot p_2 = 0, \\
 \lambda_{4,3} \cdot p_4 + \lambda_{9,3} \cdot p_9 + \lambda_{2,3} \cdot p_2 + \lambda_{6,3} \cdot p_6 - (\lambda_{3,4} + \lambda_{3,9} + \lambda_{3,2} + \lambda_{3,6}) \cdot p_3 = 0, \\
 \lambda_{3,4} \cdot p_3 + \lambda_{7,4} \cdot p_7 + \lambda_{1,4} \cdot p_1 - (\lambda_{4,7} + \lambda_{4,3} + \lambda_{4,1}) \cdot p_4 = 0, \\
 \lambda_{2,5} \cdot p_2 + \lambda_{6,5} \cdot p_6 - \lambda_{5,2} \cdot p_5 = 0, \\
 \lambda_{3,6} \cdot p_3 + \lambda_{9,6} \cdot p_9 - (\lambda_{6,5} + \lambda_{6,3} + \lambda_{6,9}) \cdot p_6 = 0, \\
 \lambda_{4,7} \cdot p_4 + \lambda_{8,7} \cdot p_8 - (\lambda_{7,4} + \lambda_{7,8}) \cdot p_7 = 0, \\
 \lambda_{7,8} \cdot p_7 + \lambda_{9,8} \cdot p_9 - (\lambda_{8,9} + \lambda_{8,7}) \cdot p_8 = 0, \\
 \lambda_{3,9} \cdot p_3 + \lambda_{6,9} \cdot p_6 + \lambda_{8,9} \cdot p_8 - (\lambda_{9,6} + \lambda_{9,3} + \lambda_{9,8}) \cdot p_9 = 0, \\
 p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 = 1.
 \end{cases} \quad (7)$$

Розв'язання системи рівнянь виконувалося в середовищі Mathcad, для чого було складено відповідну процедуру та алгоритм.

У четвертому розділі було виконано аналіз режимів роботи ДГУ МТСДО при виконанні різних маневрових операцій, проаналізовано середні витрати палива за зміну, кількість перероблених вагонів, час холодного та гарячого простою.

На основі статистичного аналізу даних хронометражу, проведеного протягом 310 змін як влітку, так і взимку, авторкою отримано залежності витрати палива, а також часу холодного та гарячого простою від кількості перероблених вагонів.

Виходячи з умови забезпечення певної транспортної роботи, були розроблені рекомендації щодо зміни системи експлуатації МТСДО. Сутність змін полягає у збільшенні потужності дизеля одного тепловоза до необхідного рівня і зменшення, до можливого мінімуму потужності дизеля іншого, шляхом переведення його на режим холостого ходу або повної зупинки.

Для прикладу, у табл. 1 наведені узагальнені дані про фактичний ( $\tau_{\phi}$ ) та рекомендований раціональний ( $\tau_{\text{рац}}$ ) час перебування МТСДО у різних станах протягом зміни.

Дані табл. 1 дозволяють за формулою (2) визначити, з урахуванням розподілу часу роботи дизелів за позиціями контролера машиніста, експлуатаційні витрати палива для варіантів систем експлуатації, що порівнюються.

Встановлено, що витрату палива за зміну в літній період можна скоротити на 28,34 кг (на 12,6 %), в зимовий період - на 19,82 кг (на 6,3 %). Менша економія в зимовий період обумовлена неможливістю повної зупинки одного з дизелів на тривалий час.

Час перебування МТСДО у різних станах протягом зміни (43200 с) за експлуатаційними даним (фактичний)  $\tau_{\text{ф}}$ , та раціональний  $\tau_{\text{рац}}$ ,

Стани тепловозів у «спарці»	Літній період		Зимовий період	
	$\tau_{\text{ф}}, \text{с}$	$\tau_{\text{рац}}, \text{с}$	$\tau_{\text{ф}}, \text{с}$	$\tau_{\text{рац}}, \text{с}$
X1	4680	4680	1800	1800
X2	11520	16540	6840	11080
X3	10420	5400	16120	11880
X4	0	0	0	0
X5	7580	10460	6920	6380
X6	0	0	0	5760
X7	0	0	0	0
X8	0	0	0	0
X9	9000	6120	11520	6300

У п'ятому розділі розглянуті питання розробки засобів реалізації запропонованих режимів роботи МТСДО. Для зменшення експлуатаційної витрати палива запропоновано застосувати метод зупинки одного з дизелів МТСДО або переведення його на режим тепловозного холостого ходу при виконанні легкої маневрової роботи. У разі повної зупинки одного з дизелів виникає проблема організації його пуску.

Проаналізовано існуючі аналоги пристроїв для пуску тепловозів від генератора працюючої секції та розроблено пристрій для пуску дизеля маневрових тепловозів ЧМЕЗ, що працюють за системою двох одиниць.

Пристрій для запуску дизелів з'єднує ДГУ обох тепловозів, кожна з яких містить: дизель; генератор; акумуляторну батарею, підключену до генератора через роз'єднувальний блок; блок збудження; силовий комутаційний пристрій, виконаний у виді контактора, що з'єднує генератори обох тепловозів; блок перемикання режиму запуску, з'єднаний із блоком керування запуском і блоком збудження, містить двопозиційний перемикач «батареїний запуск - генераторний запуск».

Блок перемикання режиму запуску керує роботою блока керування запуском та блоком збудження. Силовий комутаційний пристрій установлений на одному з тепловозів і підключений до генератора іншого тепловоза через силове міжтепловозне з'єднання містить додаткові контакти, що з'єднані з блоками збудження обох тепловозів. Блоки перемикання виду запуску обох тепловозів керують силовим комутаційним пристроєм.

Розроблені схеми генераторного пуску дизеля (рис. 3), ланцюги керування генераторним пуском та ланцюги вмикання збудження генератора при запуску дизеля.

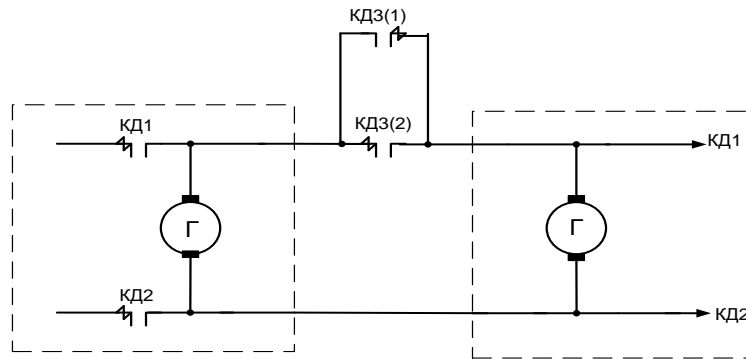


Рис. 3. Силова схема генераторного пуску дизеля:

Г – генератор; КД1, КД2 – контактори пуску дизеля; КД3(1), КД3(2) – додаткові контактори пуску дизеля

Для роботи в зимовий час, у разі неможливості повної зупинки дизеля одного з тепловозів, розроблена схема автоматизованої системи управління переведенням тепловозів на режим холостого ходу (рис. 4).

Вибір тепловозу, на якому буде вмикатися режим холостого ходу, виконується машиністом шляхом вимикання відповідного тумблера ВТХ1 або ВТХ2. При вимиканні тумблера ВТХ1 на холостий хід буде переводитися ведучий тепловоз, а ВТХ2 - ведений.

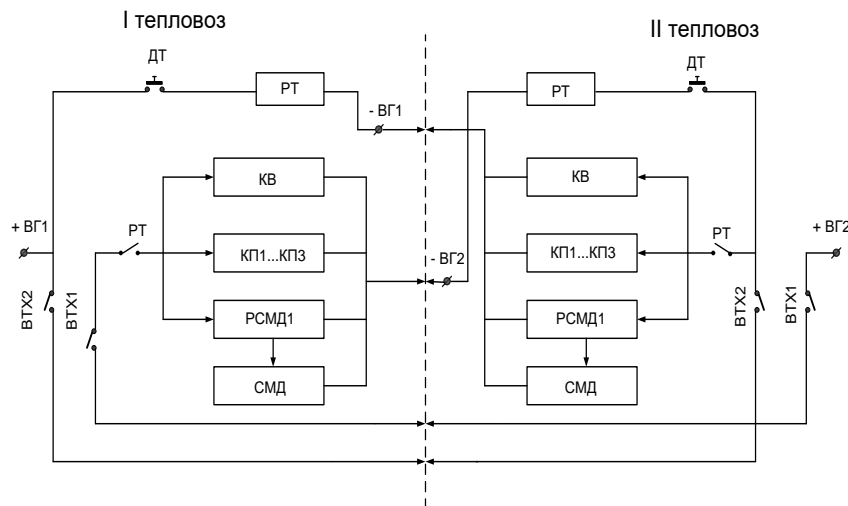


Рис. 4. Структурна схема автоматизованої системи управління переведенням тепловозів на режим холостого ходу:

РТ – реле температури; ДТ – датчик температури; КВ – контактор збудження тягового генератора; КП1-КП3 – поїзні контактори; РСМД – реле управління сервомотором регулятора дизеля; СМД – сервомотор регулятора дизеля; ВТХ – вимикач «тяги-холостий хід»; ВГ – допоміжний генератор.

Почергове переведення дизелів тепловозів на холостий хід доцільне для забезпечення їх однакового зношення.

Ефект зменшення витрати дизельного палива від впровадження раціональних режимів роботи МТСДО виникає внаслідок дії двох чинників:  $E_{г.з.}^{pic}$  - зменшення витрати, обумовлене зменшенням часу роботи дизеля на режимі тепловозного холостого ходу у разі його повної зупинки;  $E_{х.х.}^{pic}$  - зменшення витрати при переведенні одного з дизелів тепловозів на режим холостого ходу і збільшення навантаження на інший дизель. Остання складова обумовлена існуванням різниці між питомими витратами палива при роботі дизеля під навантаженням і на режимі тепловозного холостого ходу. Звідси загальне зменшення витрати дизельного палива за рік у разі впровадження обох модернізацій можна визначити за формулою

$$E_{заг}^{pic} = E_{г.з.}^{pic} + E_{х.х.}^{pic} . \quad (8)$$

Економію коштів від зниження витрати палива знайдемо за формулою:

$$C_{д.п.}^{pic} = E_{заг}^{pic} \cdot c_{д.п.} . \quad (9)$$

Встановлено, що зменшення витрат на паливо, яке забезпечують запропоновані заходи з удосконалення режимів навантаження МТСДО, складає 223 тис. грн. на рік для однієї спарки тепловозів ЧМЕЗ.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішене важливе науково-технічне завдання – підвищення ефективності використання маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, за рахунок вибору раціональних режимів їх роботи.

Отримані такі основні результати:

1. Аналіз витрат дизельного палива тепловозами на Донецькій залізниці показав, що понад 43 % з них припадає на маневрову роботу. Однією спаркою маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць (МТСДО), за рік витрачається понад 200 т. дизельного палива, причому найбільш тривалий час обидва дизелі працюють на режимі холостого ходу (до 60 % від загального часу роботи), а також на режимах малих навантажень. Тому виникає необхідність проведення науково-дослідних робіт, спрямованих на підвищення ефективності використання тягового рухомого складу шляхом вибору раціональних режимів роботи тепловозних дизелів.
2. Показано, що основними напрямками підвищення ступеня використання потужності силових енергоустановок маневрових

тепловозів є скорочення часу їх роботи на режимі тепловозного холостого ходу та зменшення часу перехідних процесів. Аналіз відомих технічних рішень показав, що роботи щодо вибору раціональних режимів навантаження дизелів маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, не проводились.

3. Досліджено вплив експлуатаційних факторів на вибір режиму роботи дизель-генераторних установок маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, таких як: кількість перероблених вагонів, температура навколишнього середовища, вид маневрової операції. Побудовані залежності кількості витраченого палива, часу простою в холодному та гарячому стані від кількості перероблених вагонів. Доведено, що вплив експлуатаційних факторів повинен враховуватись при побудові моделі визначення раціональних режимів роботи маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць.

4. Побудована математична модель визначення станів системи роботи МТСДО, яка враховує вплив експлуатаційних факторів на вибір режиму роботи тепловозів. Розроблена модель для визначення імовірності знаходження локомотивів у різних станах системи, яка реалізована в програмному продукті Mathcad.

5. На основі розробленої моделі удосконалена методика розрахунку витрат палива маневрових тепловозів, що працюють за СДО, за зміну з урахуванням виконаної роботи.

6. Досліджена можливість і надана оцінка ефективності зупинки одного з дизелів тепловозів, що працюють за СДО, при виконанні окремих елементів маневрової роботи. Обґрунтовано метод відключення одного з дизелів тепловозів ЧМЕЗ, що працюють за СДО з наступним безакумуляторним пуском зупиненого дизеля від генератора працюючого тепловоза. Розроблена й обґрунтована схема, що дозволяє при неможливості зупинки одного з дизелів тепловозів робити переведення його на режим холостого ходу, що дозволить знизити витрати дизельного палива. Розроблена автоматизована системи управління переведенням дизель-генераторів тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, на режим холостого ходу по температурі охолоджуючої дизель води.

7. Очікуваний економічний ефект від впровадження систем генераторного пуску та переведення на одного дизеля на холостий хід складає 223 тис. грн. на рік на одну спарку ЧМЭЗ. Ефект обумовлений зменшенням експлуатаційних витрат на паливо.

8. Результати виконаних досліджень впроваджено на ДП «Донецька залізниця» у локомотивному депо ТЧ-20 Ясинувата - західне та в учбовий процес Державного вищого навчального закладу «Донецький інститут залізничного транспорту» Української державної академії залізничного транспорту, що підтверджено відповідними актами.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

- праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Черняк, Ю. В. Резерви економії дизельного палива поїздними і маневровими тепловозами не вичерпані [Текст] / Ю. В. Черняк, В. О. Сазонов, А. М. Гушчін, В. І. Дорошко, В. О. Гатченко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2006. – № 72. – С. 17–21.

2. Кривошея, Ю. В. Повышение эффективности работы тепловозов ЧМЭЗ, работающих по системе двух единиц [Текст] / Ю. В. Кривошея, В. А. Гатченко., В. И. Дорошко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2008. – № 96. – С. 36–39.

3. Кривошея, Ю. В. Улучшение эксплуатационных характеристик маневровых тепловозов путем совершенствования управления дизель–генераторной установкой [Текст] / Ю. В. Кривошея, В. И. Дорошко, В. А. Гатченко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2009. – № 108. – С. 60–64.

4. Гатченко, В. О. Оцінка впливу експлуатаційних факторів на режими роботи та витрату палива маневрових тепловозів, що працюють по системі двох одиниць [Текст] / В. О. Гатченко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2011. – № 25. – С. 145–150.

5. Фалендиш, А. П. Модель визначення станів системи роботи маневрових тепловозів по системі двох одиниць [Текст] / А. П. Фалендиш, О. В. Устенко, В.О. Гатченко, М. В. Володарець // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011. – № 123. – С. 17–24.

6. Фалендиш, А. П. Моделювання витрат палива маневровими тепловозами, що працюють по системі двох одиниць на основі математичної моделі [Текст] / А. П. Фалендиш, В. О. Гатченко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2011. – № 26. – С. 95–101.

7. Фалендиш, А. П. Вибір шляхів оптимізації роботи маневрових тепловозів, що працюють по системі двох одиниць [Текст] / А. П. Фалендиш, В. О. Гатченко, А. Л. Сумцов // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2012. – № 5 (176). – С. 91–96.

8. Пат. 20376 Україна, МПК (2006) F 02 N 11/04, F 02 N 11/08. Пристрій для запуску дизелів тепловозів по системі двох одиниць [Текст] / Гатченко В. О., Дорошко В. І., Кривошея Ю. В.; заявники та патентовласники Гатченко В.О., Дорошко В. І., Кривошея Ю. В. – № u 2006 08710 ; заявл. 03.08.06 ; опубл. 15.01.07, Бюл. № 1.

- опубліковані праці апробаційного характеру:

9. Гатченко, В. О. Оптимізація режимів роботи маневрових тепловозів, що працюють по системі двох одиниць [Текст] / В. О. Гатченко // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : міжнар. наук. – практ. конф., 14–15 квітня 2011 р.: тези доп. – Дніпропетровськ,



2011. – С. 62.

10. Фалендиш, А. П. Моделювання режимів роботи маневрових тепловозів, що працюють по системі двох одиниць [Текст] / А.П.Фалендиш, В. О. Гатченко, Ю. В. Кривошея, Ю. В. Білецький // Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины : міжн. конф., 23–29 вересня 2011 р., м. Алушта. : мат. докл. наук. – техн. журн. «Інформаційно–керуючі системи на залізничному транспорті». – 2011. – № 5. – С. 151–152.

11. Гатченко, В. А. Снижение расхода топлива маневровыми тепловозами, работающими по системе двух единиц [Текст] / В. А. Гатченко, Ю. В. Кривошея // Енерго – та ресурсозберігаючі технології при експлуатації машин та устаткування : наук. – техн. конф. 29–30 листопада 2011 р. : матер. конф. – Донецьк, 2011. – С. 13–15.

12. Фалендиш, А. П. Оцінка економічного ефекту від оптимізації роботи маневрових тепловозів, що працюють по системі двох одиниць [Текст] / А. П. Фалендиш, В. О. Гатченко, Ю. В. Кривошея // Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов : науч. – техн. конф., 24 – 26 апреля 2012 г. : тезисы. докл. – Х., 2012. – С. 26–27.

13. Фалендиш, А. П. Мінімізації сумарних витрат на експлуатацію маневрових тепловозів, що працюють по системі двох одиниць [Текст] / А. П. Фалендиш, В. О. Гатченко, Ю. В. Білецький // Інноваційні технології на залізничному транспорті : збірник наукових праць конф., 13–15 вересня 2012 р., Донецьк – Красний Лиман. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2012. – С. 87–88.

- опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

14. Пат. 34136 Україна, МПК (2006) F 02 D 1/08. Система керування дизель-генераторною установкою тепловоза [Текст] / Баранніков О. О., Гатченко В. О., Дорошко В. І., Кривошея Ю. В.; винахідники та патентовласники Баранніков О. О., Гатченко В. О., Дорошко В. І., Кривошея Ю. В. – № и 2008 03675; заявл. 24.03.08; опубл. 25.07.08, Бюл. № 14.

15. Пат. 50972 Україна, МПК (2009) F 02 D 1/00, F 02 D 1/08. Система керування дизель-генераторною установкою тепловоза [Текст] / Гатченко В. О., Дорошко В. І., Кривошея Ю. В.; винахідники та патентовласники Гатченко В. О., Дорошко В. І., Кривошея Ю. В. – № и 2010 00440; заявл. 18.01.10; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

## АНОТАЦІЯ

Гатченко В.О. Підвищення ефективності використання маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, шляхом вибору раціональних режимів їх роботи – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів; Державне підприємство «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України», Київ, 2013.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково-технічного завдання – підвищення ефективності використання маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, за рахунок вибору раціональних режимів їх роботи.

У роботі дістала подальшого розвитку теорія моделювання роботи маневрових тепловозів, що працюють за системою двох одиниць. Розроблено методи зменшення витрати палива такими тепловозами за рахунок вибору раціональних режимів роботи дизель-генераторних установок.

Встановлено, що однією з причин зниження паливної економічності локомотивів є необґрунтований вибір однакового навантаження дизель-генераторних установок при виконанні спаркою легких маневрових операцій, а також тривала робота обох дизелів на режимах тепловозного холостого ходу.

Запропоновано внести зміни до ланцюгів керування тепловозів, що працюють за системою двох одиниць, для організації генераторного запуску та переведення одного з дизелів тепловозів на режим холостого ходу.

Запропоновані технічні рішення щодо системи пуску одного з дизелів спарки маневрових тепловозів ЧМЕЗ від генератора працюючого тепловоза та схема переведення одного з дизелів на режим холостого ходу прийняті до впровадження в локомотивному депо ТЧ-20 Ясинувата Донецької залізниці, узгоджене впровадження цих заходів на мережі залізниць України.

Ключові слова: маневрові тепловози, дизель-генератор, режими роботи, дизельне паливо, математичне моделювання, генераторний запуск, холостий хід.

## АННОТАЦИЯ

Гатченко В.О. Повышение эффективности использования маневровых тепловозов, работающих по системе двух единиц, путем выбора рациональных режимов их работы. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов; Государственное предприятие «Государственный научно-исследовательский центр железнодорожного транспорта Украины», Киев, 2013.

Диссертационная работа посвящена решению актуального научно-технического задания - повышения эффективности использования маневровых тепловозов, работающих по системе двух единиц за счет выбора рациональных режимов их работы.

В диссертации получила дальнейшее развитие теория моделирования работы маневровых тепловозов, работающих по системе двух единиц. Разработаны методы уменьшения расхода топлива такими тепловозами за счет рационального выбора режимов работы их дизель-генераторных установок и создана математическая модель определения состояний, в которых находятся каждый из локомотивов.

Автором исследованы условия работы маневровых тепловозов при выполнении различных операций. Проанализированы расходы дизельного топлива за смену, количество перерабатываемых вагонов, время простоя. Построены зависимости расхода топлива, времени холодного и горячего простоя от количества переработанных вагонов. Установлено, что влияние на расход дизельного топлива количества перерабатываемых за смену вагонов менее значительно, чем время простоя.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации обеспечиваются использованием при моделировании режимов работы маневровых тепловозов и проверке теоретических результатов данных многолетнего мониторинга расходов топлива по Донецкой ж. д.

Показано, что одной из причин повышенного расхода дизельного топлива маневровыми локомотивами, работающими по системе двух единиц, является необоснованный выбор практически одинаковых нагрузок на оба дизель - генератора при выполнении легких маневровых операций и длительная работа обоих дизелей на режимах тепловозного холостого хода.

Впервые концептуально обоснован подход к определению рационального режима работы дизель-генераторных установок маневровых тепловозов, работающих по системе двух единиц, на основе трех основных критериев: расхода дизельного топлива, времени выполнения маневровой операции, типа выполняемых работ.

Определено схмотехническое решение системы пуска дизеля маневрового тепловоза, работающего по системе двух единиц, от генератора работающей секции. Определено схмотехническое решение перевода одного из дизелей тепловозов на режим холостого хода. Разработана система автоматизированного управления переводом одного

из тепловозов спарки на режим холостого хода в зависимости от температуры воды, охлаждающей дизель.

Предложенные технические решения по совершенствованию системы использования маневровых тепловозов ЧМЭЗ, работающих по системе двух единиц, приняты к внедрению в локомотивном депо ТЧ-20 Ясиноватая Донецкой железной дороги, согласованно их внедрение на сети железных дорог Украины.

Оценка экономической эффективности рекомендаций по усовершенствованию системы использования маневровых тепловозов ЧМЭЗ на более экономичных режимах показала, что внедрение предложенных решений обеспечит годовой экономический эффект 223 тыс. грн на одну спарку тепловозов.

Ключевые слова: маневровые тепловозы, дизель-генератор, режимы работы, математическое моделирование, дизельное топливо, генераторный запуск, холостой ход.

## SUMMARY

V.O. Gatchenko. Efficient Use of Diesel-Locomotive Shunters with a Two-Unit Set by efficient operating mode selection – Manuscript.

The thesis for a Candidate Degree in Technical Sciences: Speciality 05.22.07 – Rolling stock and hauling operations; State enterprise «State Research and Development Center of Railway Transport of Ukraine», Kyiv, 2013.

The thesis studies an urgent scientific and technical problem, namely the efficient use of diesel-locomotive shunters with a two-unit set by efficient operating mode selection.

Simulation theory of the work of diesel-locomotive shunters with a two-unit set has been elaborated. Methods of reducing fuel consumption by such shunters, using efficient operating mode selection of diesel-generating sets have been developed.

The paper reveals unreasonable selection of equal load for diesel-generating sets in the process of carrying out shunting operations by dual cockpit and continuous operation of both diesels in idle mode to be one of the reasons of reduction of the locomotives fuel efficiency.

It has been suggested to make changes in control lines of diesel locomotive with two-unit set for generator starting and switching one of the diesels to idle mode.

Engineering solutions concerning starting systems of one of the diesels of the diesel locomotive shunters ChMEЗ dual cockpit from the generator of the operating diesel locomotive have been suggested and scheme of switching one of

the diesels to idle mode accepted for implementation in Yasynuvata motive-power depot TCh-20 of Donetsk Railway. The necessity to implement these measures in the railway system of Ukrainian has been approved.

Key words: diesel-locomotive shunters, diesel-generator, operating mode, diesel fuel, mathematical modeling, generator starting, idle mode.

Гатченко Вікторія Олександрівна

УДК 629.424.14

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАНЕВРОВИХ  
ТЕПЛОВОЗІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ЗА СИСТЕМОЮ ДВОХ  
ОДИНИЦЬ, ШЛЯХОМ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ЇХ  
РОБОТИ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

Кривошея Ю.В.

Підписано до друку 22. 02. 2013 р.

Формат паперу А5.

Папір для тиражувальних апаратів, друк на різнографі.

Умовн. – друк. арк. 0,9. Обл. – вид. арк. 1,0. Безкоштовно.

Замовлення № 14 Тираж 100 прим.

Донецький інститут залізничного транспорту

Надруковано в редакційно-видавничому відділі ДонІЗТ  
Свідоцтво про внесення до Держ. реєстру від 22.06.2004р.,  
серія ДК №1851

83018, м. Донецьк, вул. Горна, 6.