

УДК (629.442.3)

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.158.2015.63387>

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЗІВ ТИПУ М62

Канд. техн. наук С.Г. Жалкін, магістрант Р.З. Гуменюк

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЗОВ ТИПА М62

Канд. техн. наук С.Г. Жалкин, магистрант Р.З. Гуменюк

INCREASE OF POWER EFFICIENCY OF DIESEL ENGINES OF TYPE OF M62

Cand. of techn.sciences S.G. Zhalkin, master student R.Z. Gumenyuk

Вантажні тепловози залізниць України відпрацювали нормативні терміни експлуатації й потребують заміни сучасними. Фінансово-економічний стан не дозволяє оновити локомотивний парк і тому для підтримки тепловозів у справному стані виконується модернізація. На основі аналізу та розрахунків пропонується виконувати ремоторизацію тепловозів типу М62 як найменш радикальну та достатньо ефективну.

Ключові слова: тепловоз, дизель, паливо, олива, модернізація, ремоторизація, екологія, економічна ефективність.

Грузовые тепловозы железных дорог Украины отработали нормативные сроки эксплуатации и нуждаются в замене современными. Финансово-экономическое состояние не позволяет обновить локомотивный парк и потому для поддержки тепловозов в исправном состоянии выполняется модернизация. На основе анализа и расчетов предлагается выполнять ремоторизацию тепловозов типа М62 как наименее радикальную и достаточно эффективную.

Ключевые слова: тепловоз, дизель, топливо, олива, модернизация, ремоторизация, экология, экономическая эффективность.

Freight locomotives of Ukrainian railways has worked regulatory deadline, more than 300 sections of M62, 2M62, 2M62V were built in 1975-1987. An excess lifespan led to decrease economic indicators due to increase fuel consumption, increase the volume of repairs, environmental degradation. Nevertheless financial and economic situation does not allow renewing the locomotive fleet. That is why modernization of locomotives is carried out. We have the experience of complex modernization of diesel locomotives type M62 by design of general motors and general electric firms. Its cost value is equal to 80-85% of new diesel locomotive cost. The replacement of outdated engines is less radical, it showed high efficiency.

Keywords: diesel engine, diesel, fuel, oil, modernization, replacement of motor, ecology, economic efficiency.

Вступ. Залізничний транспорт є однією з найбільш енергоємних галузей народного господарства країни. З загальної кількості використання дизельного палива на залізницю припадає більше 15 %, частка електроенергії – близько 20 %, а витрати на оливу досягли 1 % [1]. Враховуючи проблеми, які відчуває країна в галузі енергетики, проблема збереження паливно-мастильних матеріалів на залізничному транспорті стоїть дуже гостро.

За останні більш ніж 20 років капіталовкладення в оновлення основних засобів відбувалися виключно за рахунок власних коштів залізниць, які не дозволяють забезпечити відтворення основних засобів, особливо їх активної частини – рухомого складу. На сьогодні технічний ресурс залізниць практично вичерпано. При цьому фізичний знос і моральна застарілість технічних засобів викликають економічну і технічну безпеку їх подальшої експлуатації.

У той же час Укрзалізниця протягом двох десятиліть не визначилася з тим, яким чином буде оновлено локомотивний парк: з одного боку, обсяги закупівлі нових локомотивів невеликі (тепловозів практично відсутні), з іншого боку, процес модернізації йде дуже повільно. У результаті дизельний рухомий склад (тепловози і дизель-поїзди) найбільшого перевізника стає все більше й більше архаїчним.

В умовах дефіциту інвестиційних ресурсів оптимальним способом оновлення локомотивного парку є модернізація. Тому потрібно визначитись з видами та обсягами модернізації діючого рухомого складу з урахуванням наукових досягнень, з технічними умовами на рухомий склад для закупівлі за кордоном або можливого виготовлення на заводах транспортного машинобудування в Україні.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.

Практично всі тепловози вантажного парку залізниць України відпрацювали нормативні терміни експлуатації. Віковий і технічний стан тепловозів потребує термінової заміни на більш сучасні з кращими техніко-економічними показниками та меншими викидами шкідливих речовин [2]. Але фінансово-економічний стан України не дозволяє в короткий термін оновити локомотивний парк. Для підтримки тепловозів у справному стані введено підсилений поточний ремонт ПР-3П та капітальний ремонт з подовженням ресурсу КРП на період строку служби понад встановлений після побудови (на 10-15 років). Введено технічне обслуговування ТО-6 для виконання регламентних робіт з подовження терміну служби несучих конструкцій. У той же час виконувалася модернізація тепловозів спочатку ремоторизацією (заміною) застарілих дизелів, а потім й за комплексними проектами. Через нестачу фінансових ресурсів модернізація виконувалася дуже повільно з застосуванням дизель-генераторів і допоміжного обладнання різних машинобудівних фірм, що в подальшому ускладнює експлуатацію та ремонт. Відсутня державна програма, яка засновується на результатах досліджень різних варіантів оновлення та модернізації локомотивного парку і передбачає зміни в діючій системі утримання та управління парком, сервісного забезпечення модернізованої техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За відсутності пропозицій від вітчизняних тепловозобудівників виникає необхідність модернізації тепловозів. Починаючи з 1999-2001 рр. виникло декілька проектів модернізації тепловозів М62 [3, 4]. Підсумовуючи багаторічний і різноманітний

досвід модернізації тепловозів М62, можна виділити три основні напрями. По-перше, це реконструкція тепловозів з установленням нових дизель-генераторів коломєнського заводу (РФ). Дана технологія знайшла застосування в Росії, Білорусії, Узбекистані, Литві. По-друге, набув поширення проект фірми CZ LOCO з використання дизелів фірми Caterpillar. Такий досвід є в Литві, Білорусії та Угорщині. По-третє, самостійним напрямком оновлення парку дизельних локомотивів стало установлення нових модулів фірми General Electric. Такий досвід є в Казахстані, Монголії, Росії та в Україні. Установлення нових дизелів потужного ряду типу Д80 вітчизняного виробництва (ПО завод ім. Малишева, м. Харків) виконувалось силами локомотивних депо й була не довгою через завершення виготовлення дизелів. На Львівській залізниці виконано комплексну модернізацію двох тепловозів М62 установленням модулів фірми General Motors з дизелями EMD645 та модернізовано у 2011 р. також тепловоз М62 енергетичною установкою 7FDL8 фірми General Electric. Таким чином, не визначено

найбільш економічний варіант модернізації (ремоторизації), який можливо виконувати в депо або на тепловозоремонтних заводах.

Визначення мети та задачі дослідження. Парк вантажних тепловозів Укрзалізниці, виготовлених ХК «Луганськтепловоз», складається з тепловозів 2ТЕ10 (дизель 10Д100), 2ТЕ116 (дизель 1А5Д49) і М62 (дизель 14Д40). Тепловози 2ТЕ10 (у невеликій кількості) експлуатуються тільки на Одеській залізниці й їх модернізація не планується. Тому основна модернізація буде виконуватися тепловозам типу М62 (2М62, 2М62У) як ремоторизацією, так й за комплексним проектом [5]. У наш час залізниці мають результати експлуатації тепловозів М62 з 6 типами дизелів різних заводів і фірм (таблиця).

Завданням дослідження є аналіз показників експлуатації тепловозів з різними дизелями та розроблення рекомендацій з вибору дизель-генератора з метою модернізації тепловозів для підвищення техніко-економічних показників і покращення екологічної безпеки.

Таблиця

Показники енергетичних установок

Параметр	Тип енергетичної установки					
	14Д40	5-26ДГ	CAT3512	7FDL2	4Д80Б	EMD645
Потужність, кВт	1470	1470	1700	2290	1470	1800
Кількість циліндрів	12	12	12	12	12	12
Частота обертання колінчастого вала, хв ⁻¹	750	750	1800	1050	750	950
Питома витрата палива на номінальній потужності, г/кВт·год	230	202,5	189	191	201	200
Витрата палива на холостому ході, кг/год	16	9,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Питомі витрати оливи у відсотках витрати палива, %	3,00	1,2	0,2	0,3	1,0	0,4
Маса, кг	12500	16500	6240	15849	22500	12800
Габаритні розміри (LxBxH), мм	5694x	6200x	3067x	3970x	3688x	-
	1818x	1820x	1785x	1740x	1616x	
	2405	2893	1806	2980	2840	

Основна частина дослідження. При виборі варіанта модернізації потрібно перестати орієнтуватися виключно на ціну придбання. Необхідно задуматися над тим,

наскільки дорогою буде експлуатація придбаної техніки. Світова практика показує, що ціна покупки в загальній сумарній вартості життєвого циклу вантажного локомотива

становить не більше 12 %, у той час як операційні витрати і витрати на техобслуговування (ТО) і ремонт (ПР) – не менше 74 і 14 % відповідно [4, 6].

Можливі два варіанти модернізації: «програма мінімум» – менш дороге у виконанні, але більш витратне в експлуатації та «програма максимум» – рішення більш дороге, але менш витратне в експлуатації [7]. Задля правильного вибору треба брати до уваги технічний стан кожного тепловоза і його фактичний залишковий ресурс за фактичним станом. Даний тепловоз краще модернізувати, якщо залишок його ресурсу не виходить за межі рівноцінності обох варіантів – коли суми витрат на придбання та експлуатацію зрівняються. Якщо ж залишок ресурсу перевищує цей бар'єр, то краще виконати модернізацію за «програмою мінімум», наприклад включити тільки ремоторизацію. Але якщо наявний ресурс тепловоза не дотягує навіть до точки окупності «програми мінімум», то такий тепловоз краще експлуатувати до списання [7].

При складанні плану модернізації необхідно провести ретельне обстеження тепловоза з застосуванням сучасних засобів неруйнівного контролю та дефектоскопії, тобто виконати технічне обслуговування ТОБ.

В останні роки погіршується технічний стан локомотивного парку тепловозів серій М62, 2М62, 2М62У, які вже не повною мірою задовольняють постійно зростаючі вимоги, висунуті сьогодні до залізничних перевезень (більше 300 секцій були побудовані у 1975-1987 рр.).

Нинішній стан тепловозного парку можна охарактеризувати так:

- середній вік тепловозів М62 перевищує 25 років (більше 75 % парку);
- відсутність планового оновлення парку протягом останніх 20 років;
- вироблення ресурсу і погіршення загального технічного стану тепловозів;
- зниження надійності парку і різке зростання експлуатаційних витрат, необхідність виконання великих обсягів ремонтних робіт.

При техніко-економічному обґрунтуванні одного з варіантів модернізації тепловозів М62 новим дизелем типу Д49 визначається економічний ефект від таких факторів:

– скорочення середньоексплуатаційної витрати палива та оливи. Для тепловозів, обладнаних мікропроцесорною системою керування, треба враховувати додатковий ефект від економії палива в розмірі 10 %;

– зміни термінів проведення технічного обслуговування, поточних і капітальних ремонтів дизеля;

– зменшення викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище [8].

Розрахунок середньоексплуатаційної витрати палива виконуємо з використанням залежностей витрати палива за тепловозними характеристиками [8]. Середньоексплуатаційна витрата палива, г/кВт, розраховується за формулою

$$C_{e_{експл}} = \frac{B_{xx} \cdot \tau_{xx} + \sum_{i=1}^{i=k} g_{ei} \cdot N_{ei} \cdot \tau_i}{\sum_{i=1}^{i=k} N_{ei} \cdot \tau_i}, \quad (1)$$

де B_{xx} – годинна витрата палива на холостому ходу, кг/год;

τ_{xx} – відносний час роботи дизеля на холостому ходу, %;

i – позиція контролера машиніста (п.к.м.);

g_{ei} – питома ефективна витрата палива на i -му режимі контролера машиніста, г/кВт·год;

N_{ei} – ефективна потужність дизеля на i -му режимі роботи, яка відповідає i -й позиції контролера машиніста, кВт;

τ_i – тривалість роботи двигуна на i -й позиції контролера машиніста.

Значення параметрів для дизеля 14Д40 $B_{год,xx}$, τ_{xx} , g_{ei} , N_{ei} , τ_i взято з робіт [9, 10], а значення параметрів $B_{год,xx}$ і g_{ei} для дизеля Д49 – з робіт [11, 12].

Підставляючи потрібні значення складових формули (1), визначаємо середньоексплуатаційну витрату палива дизелів типу 14Д40 та 1А5Д49 вик. 3, г/кВт·год.

Відсоток економії палива від заміни дизеля 14Д40 на дизель типу 1А5 Д49 вик. 3 визначимо за формулою, %,

$$P_e = \left(1 - \frac{C^{Д49}}{C^{14Д40}} \right) \cdot 100\% \quad (2)$$

Питому економію палива за рік на 1 кВт потужності експлуатаційного парку тепловозів 2М62 визначимо за формулою, г/рік кВт,

$$K = \frac{Q \cdot \text{Пе} \cdot \text{Цп}}{\Sigma \text{Ne}}, \quad (3)$$

де Q – річна витрата дизельного палива експлуатаційним парком тепловозів 2М62;

Цп – оптова ціна дизельного палива;

ΣNe – сумарна потужність експлуатаційного парку тепловозів, кВт.

Сумарний економічний ефект від економії палива модернізованими тепловозами визначимо за формулою, тис. грн/р.,

$$\text{Еп} = Q \cdot \text{Пе} \cdot \text{Цп}. \quad (4)$$

Додаткову економію палива від застосування мікропроцесорних систем керування рухом тепловоза, яка складає 10 % сумарної витрати палива, визначаємо також за формулою (4).

Зміни в річних експлуатаційних витратах на проведення технічних оглядів, поточних і капітальних ремонтів дизелів при модернізації тепловозів М62 дизелями типу 1А5Д49 вик. 3 визначимо за формулою, тис. грн,

$$E_p = \sum \left(C_{pi_{14Д40}} \cdot N_{i_{14Д40}} - C_{pi_{Д49}} \cdot N_{i_{Д49}} \right), \quad (5)$$

де $C_{pi_{14Д40}}$, $C_{pi_{Д49}}$ – вартість ремонту відповідного дизеля;

$N_{i_{14Д40}}$ та $N_{i_{Д49}}$ – відповідна кількість ремонтів дизелів.

Кількість ремонтів дизелів типу 14Д40 і типу 1А5Д49 вик. 3 розраховуємо за діючим

наказом Укрзалізниці №093-ЦЗ від 30.06.2010 р. [8].

Обчислення кількості ремонтів для тепловозів з різними типами дизелів проведено за формулою

$$K_p = \frac{L_p}{L_{тоз}} - \text{ПР-1} - \text{ПР-2} - \text{ПР-3} - \text{КР1} - \text{КР2}, \quad (6)$$

де L_p – середній річний пробіг тепловоза М62, км;

$L_{тоз}$ – норма пробігу тепловоза до проведення технічного огляду, км;

ПР-1, ПР-2, ПР-3, КР-1, КР-2 – кількість відповідних поточних і капітальних ремонтів у рік на одну секцію тепловоза 2М62.

Екологічний ефект визначається як різниця шкоди, завданої навколишньому середовищу викидами забруднюючих речовин з відпрацьованими газами дизеля 1А5Д49 вик. 3 та дизеля 14Д40. За величиною номінальної потужності і обертами двигуни рівні, при цьому режими роботи тепловоза М62 по позиціях контролера машиніста в обох випадках однакові.

Основними забруднюючими речовинами, які викидаються з відпрацьованими газами, є окисли вуглецю СО і окиси азоту NOx.

Економічна оцінка шкоди, завданої газовими викидами забруднюючих речовин у повітря атмосфери дизелями, проводиться за формулою, грн,

$$Y = \gamma \cdot \nu \cdot f \cdot M, \quad (7)$$

де γ – постійне числове значення, взяте з розрахунку 1 % вартості 1 т палива;

ν – показник відносної небезпеки забруднення повітря над територіями різних типів – 2,86 (безрозмірний);

f – поправка, яка враховує характер розсіювання домішок в атмосфері – 10 (безрозмірна);

M – приведена маса річного викиду забруднень, умов. т/р.

Значення маси річних викидів в атмосферу з дизеля тепловоза визначимо за формулою, умов. т/р.,

$$M = \sum_{i=1}^{i=N} A_i \cdot m_i, \quad (8)$$

де A_i – показник відносної агресивності i -ї забруднюючої речовини, умов. т/т ($A_{\text{пох}} = 18$ т/т; $A_{\text{со}} = 1,0$ т/т);

m_i – маса річного викиду i -ї забруднюючої речовини;

N – загальна кількість забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферу.

Окупність витрат на модернізацію визначимо за формулою, тис. грн,

$$T = \frac{B}{\sum E}, \quad (9)$$

де B – сумарні витрати на модернізацію всього парку тепловозів 2М62 новим дизелем, грн;

$\sum E$ – економічний ефект за розрахунковий період, грн.

Висновки з дослідження і перспективу подальший розвиток у даному напрямку. За результатами розрахунків техніко-економічного ефекту від модернізації тепловоза М62 дизелями 1А5Д49 вик. 3 робимо такі висновки:

- зменшується середньоексплуатаційна витрата палива на 11,8 %;

- збільшується витрата на технічні обслуговування і ремонт на 13,5 %;

- зменшуються збитки, завдані навколишньому середовищу з відпрацьованими газами дизелів, на 26 %;

- окупність витрат на модернізацію тепловозів М62 дизелями типу 1А5Д49 вик. 3 складає 5,8 року, що не перевищує нормативний термін;

- збільшуються міжремонтні пробіги, що зменшує кількість ремонтів і технічних обслуговувань.

На основі даних розрахунку техніко-економічного ефекту модернізації тепловозів М62 в/і майже по всіх, крім витрат на ремонт, наведених вище показників переважає дизелів типу 1А5Д49 вик. 3.

Модернізація тепловозів М62 в/і з заміни дизелів 14Д40 на дизелі 1А5Д49 вик. 3 можливо виконувати в умовах локомотивного депо; допоміжне обладнання, електрообладнання (головний і допоміжний генератор, апаратура та електричні ланцюги),

екіпажна частина та кузов залишаються у штатному виконанні. Локомотивні бригади та ремонтний персонал не потребують перенавчання, залишається те саме устаткування і технології ремонту. Застосовуються традиційні експлуатаційні матеріали, вітчизняні запасні частини. Не збільшується номенклатура нових дизелів, оскільки дизелі типу Д49 експлуатуються довгий час на залізницях України (тепловози ТЕП70 та 2ТЕ116). Вітчизняні заводи виготовляють майже всі запасні частини для ремонту дизелів типу Д49 (крім колінчастих валів і блока циліндрів).

Перспектива подальших досліджень полягає в тому, щоб збільшити ефективність ремоторизації тепловозів типу М62 дизелями 1А5Д49 додатковими заходами – обладнання тепловозів міжпроцесорною системою керування УСТА (за типом тепловозів 2ТЕ10УТ) [13], прогрів систем тепловозів, які знаходяться в гарячому резерві або очікують роботу, у різні періоди сезонної експлуатації, подовження терміну працездатності дизельної оливи регенерацією безпосередньо на тепловозі.

У наш час відомі основні чотири системи, що підтримують потрібний тепловий режим дизелів тепловозів і дизель-поїздів, які знаходяться в довготривалому простої: робота на холостому ходу (самопрогрів); використання електроенергії від стороннього джерела або від працюючого дизель-генератора; котли-підігрівачі, які працюють на дизельному паливі (бортовий прогрів); використання теплової енергії деповських котелень або централізованого тепlopостачання від міських теплових мереж (стаціонарний прогрів) [14]. Виконані розрахунки показали, що застосування теплоти деповської котельні та централізованого тепlopостачання мало відрізняються за вартістю (до 3 %). Застосування електроенергії для прогрівання тепловозних систем значно збільшує витрати (на 23...25 %).

Схема стаціонарної установки для прогрівання систем тепловозних дизелів, яка захищена патентом України, є однією з перспективних [15]. Установка забезпечує циркуляцію гарячої води по всіх дільницях системи охолодження тепловоза та дизель-поїзда від теплоізолюваної індивідуальної колонки при одночасному прогріванні

тепловозів і дизель-поїздів з дизелями різної конструкції, різних серій з різних матеріалів блока (остова) дизеля та з різними елементами поліметалевих систем охолодження без змішування охолоджуючої води різної якості і стану при значному зниженні капітальних вкладень та експлуатаційних витрат. Підігрів моторної оливи, зливої до картера дизеля, буде виконуватися за рахунок теплопередачі металевими елементами блока (остова) й картера.

Ефективність установки досягається за рахунок зменшення витрат дизельного палива на 70 % порівняно з самопрогрівом, збереження моторесурсу дизеля, скорочення викидів відпрацьованих шкідливих газів і витрат на будівництво теплоізолизованого пункту й експлуатаційних витрат, запобігання дострокової заміни охолоджуючої води, використання недорогої теплової енергії котельних установок порівняно з самопрогрівом двигунів тепловозів і дизель-поїздів.

Одним з варіантів застосування гідродинамічного диспергатора (ГД) для обробки моторної оливи є встановлення в

дизельному приміщенні тепловоза автономної гідростанції, постійно з'єднаної своїм баком для оливи з піддоном картера дизеля. Така система працює незалежно від якості оливи в картері – навіть за наявності свіжої оливи. Це призводить до марної витрати потужності двигуна і додаткової витрати палива. З метою запобігти цього недоліку в ланцюг живлення електродвигуна 8 привода додаткового насоса 5 вбудовано датчик наявності в моторній оливі води 10 і датчик оптичної густини оливи 11, (рисунок) [16]. Сигнальні лампи 12, які включені послідовно з датчиками, сигналізують про вмикання системи диспергування і відповідно повідомляють машиніста тепловоза про те, який саме з показників якості оливи погіршився. Модернізована система змащення двигуна забезпечується при включенні системи диспергування в роботу тільки в разі недостатньо високих експлуатаційних характеристик моторної оливи і дозволяє модифікувати оливу за весь час роботи дизеля та зменшити витрату оливи на 20 %.

Запропоновані системи змащення захищені патентами на винахід, власником яких є УкрДУЗТ [16].

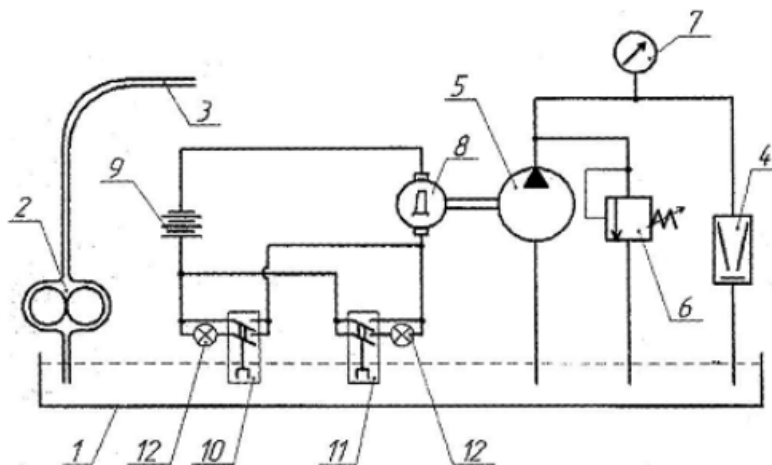


Рис. Система змащення двигуна внутрішнього згоряння з ГД

Ремоторизація тепловозів типу М62 установленням дизелів 1А5Д49 вик. 3 і застосуванням додаткової модернізації, перелік якої наведено вище, дозволяють знизити середньоексплуатаційну витрату палива на 15 %, витрату дизельної оливи до 20 %, викиди відпрацьованих газів до 25 %. За різними

даними ремоторизація тепловозів типу М62 дизелем 1А5Д49 за вартістю складає близько 40-45 % вартості нового тепловоза. У той же час комплексна модернізація за проектами фірм General Motors та General Electric складає приблизно 2,5 млн дол. США, тобто 80-85 % вартості нового тепловоза.

Список використаних джерел

1. Сергиенко, Н.І. Пути снижения эксплуатационных расходов в локомотивном хозяйстве „Укрзалізниця” [Текст] / Н.І. Сергиенко // Вісник Харківського національного університету. – Харків: ХНУ, 2001. – Вип. 512. – С. 194-196.
2. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки [Текст] / Укрзалізниця. – К., 2009. – 299 с.
3. Мовчан, А. Опыт проведения модернизации тепловозов серии М62, 2М62, 2М62У на UAB VILNIAUS LOKOMOTYVU REMONTO DAPAS [Текст] / А. Мовчан, Ф. Винклер // Локомотив-информ. – 2007. – № 11. – С. 36-42.
4. Павлюченко, С. Модернизация ТПС как выгодная инвестиция [Текст] / С. Павлюченко // Локомотив-информ. – 2007. – №9. – С. 8-10.
5. Тепловоз 2М62: экипажная часть, электрическое и вспомогательное оборудование [Текст] / С.П. Филонов, А.Е. Зиборов, В.В. Розумейчик [и др.]. – М.: Транспорт, 1987. – 184 с.
6. Ильин, Ю. Модернизировать или купить [Текст] / Ю. Ильин // Транспорт. – 2011. – № 10. – С. 18-24.
7. Тартаковский, Э. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог [Текст]: монография / Э.Д. Тартаковский, С.Г. Грищенко, Ю.Е. Калабухин, А.П. Фалендыш. – Луганск: изд-во «Ноулидж», 2011. – 174 с.
8. Методические рекомендации по определению экономической эффективности мероприятий научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте [Текст] / ВНИИЖТ МПС. – М.: Транспорт, 1991. – 239 с.
9. Жалкін, Д. Вибір енергетичної установки для модернізації тепловоза М62 [Текст] / Д.С. Жалкін, Є.В. Борщ / Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 138. – С. 85-91.
10. Симсон, А. Тепловозные двигатели типа Д49 [Текст] / А. Симсон, А.З. Хомич, С.Г. Жалкин [и др.]. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 536 с.
11. Руководство по эксплуатации и обслуживанию дизель-генератора 1А9ДГ исполнение 3 (1А-9ДГ.62РЭ) [Текст]. – Коломна: КМЗ, 1989. – 490 с.
12. Никитин, Е. Тепловозные двигатели типа Д49 [Текст] / Е.А. Никитин, В.М. Ширяев, В.Г. Быков [и др.]; под ред.Е.А. Никитина. – М.: Транспорт, 1982. – 255 с.
13. Тепловоз 2ТЭ10МК с комплексной кабиной управления [Текст]. – М.: МПС России, 2001. – 75 с.
14. Ерошенков, С.А. Выбор рациональной системы прогрева тепловозных дизелей [Текст] / С.А. Ерошенков, С.Г. Жалкин, В.Г. Пузырь [и др.] // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 96. – С. 174-185.
15. Стационарна установка для прогрівання систем тепловозів та дизель-поїздів [Текст]: пат. 107584: МПК (2015.01): F02N 19/00 Україна № a201211230; заявл. 27.09.2012; опубл. 26.01.2015, Бюл. № 2/2015. – 8 с.
16. Система змащення двигуна внутрішнього згоряння [Текст]: пат. 96252: МПК (2015.01):F01M 9/00 Україна № a201103111; заявл. 16.03.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19/2011. – 6 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.Б. Бабанін

Жалкін Сергій Григорович, канд. техн. наук, професор, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту. Тел. 730-10-16, 093-275-51-66, 093-911-10-40.
Гуменюк Роман Зіновійович, слухач ІППК, Український державний університет залізничного транспорту, Тел. 097-636-40-50.

Zhalkin Sergiyi, cand. of techn.sciences, prof.dert.of maintenance and repair of rollung stock, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. 730-10-16, 093-275-51-66, 093-911-10-40.
Gumenyuk Roman, listener IPPK, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. 097-636-40-50.

Наукова праця здана до друку 21.09.2015 р.