

УДК 629.4

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛОКОМОТИВІВ ІЗ ГІБРИДНИМ ПРИВОДОМ**Фалендиш А.П., Володарець М.В.****IMPROVEMENT OF METHODS AND MODELS DETERMINE THE TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS OF LOCOMOTIVES WITH HYBRID DRIVE****Falendysh A., Volodarets M.**

Аналіз стану існуючого парку локомотивів Укрзалізниці показав, що переважаюча кількість тепловозів знаходиться на фінальній стадії життєвого циклу, тому виникає необхідність у його оновленні. Можливим способом підвищення економічності експлуатації маневрових тепловозів, які характеризуються різко змінним режимом роботи, є створення, так званого, гібридного локомотива. Розглянуто можливість вдосконалення методів і моделей визначення техніко-економічних показників локомотивів з метою адаптації їх до гібридного рухомого складу з урахуванням технічних параметри локомотиву, показників експлуатації і вартісних показників.

Ключові слова: гібридний локомотив, показник, модель, енергетична установка, накопичувач.

Вступ. Залізничний транспорт України є однією з основних галузей економіки держави. Він забезпечує потреби виробництва та населення в перевезеннях. Проте технічна база і технологічний рівень організації перевезень по багатьом параметрам не відповідають і потребам суспільства, і європейським стандартам якості транспортних послуг. Переважаюча кількість тепловозів знаходиться на фінальній стадії життєвого циклу. А катастрофічна нехватка фінансових засобів на оновлення тягового рухомого складу ще більше загострює цю проблему.

Тому виникає необхідність у оновленні тягового рухомого складу Укрзалізниці, що можна зробити шляхом закупки нового рухомого складу або модернізацією існуючого, яка є особливо ефективною в умовах дефіциту фінансів та високій вартості нового локомотивного парку.

Постановка проблеми. З аналізу роботи маневрових тепловозів виходить, що вони характеризуються різко змінним режимом роботи: 50 – 60 % часу вони працюють на холостому ходу, 45 – 70 % на низьких навантаженнях і лише 2 – 5 % часу на номінальних.

Можливим способом підвищення економічності експлуатації маневрових тепловозів є заміна існуючої дизель-генераторної установки на дизель-генераторну установку малої потужності з накопичувачем енергії, тобто створення, так званого, гібридного локомотива. В якості можливих накопичувачів енергії можуть бути використані конденсатори високої ємності, акумуляторні батареї тощо.

Виникає необхідність у вирішенні питань, що пов'язані з вибором типів і характеристик локомотивів, що мають гібридний привід. Ці питання завжди знаходили відображення у дослідженнях вчених і спеціалістів залізничного транспорту і є дуже актуальними, особливо в наш час.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах таких вітчизняних вчених, як В.Д. Кузьміч, Н.А. Фуфрянський, Є.Є. Коссов, М.Л. Забелло, А.З. Хомич, А.І. Володін, Н.Н. Заліт, П.А. Шелест, Г.В. Попов, В.П. Казанцев, Г.С. Міхальченко і багатьох інших [1-17] розглядалися питання визначення та обґрунтування основних показників локомотивів, а в деяких роботах розглядалися і гібридні локомотиви.

В роботах закордонних вчених, а саме: П.Вольфа, Ф.В. Донеллі, Р.Л. Коусіньо, Р.Н.М. Хослея, К.Р. Аклі, Б. Сарені, Х. Робоама, А. Джейніса, Л. Людвінавічуса, Л. П. Лінгайтиса тощо [17-20] розглянуті питання як модернізації існуючих локомотивів гібридним приводом, так і створенням нових гібридних локомотивів, наведено багато принципових схем локомотивів з різними типами гібридного приводу та структурними елементами.

Проте виникає необхідність у вдосконаленні методів і моделей визначення техніко-економічних показників локомотивів з метою адаптації їх до гібридного рухомого складу з урахуванням технічних параметрів локомотиву, показників експлуатації і вартісних показників.

Мета. Мета статті полягає у вдосконаленні методів і моделей визначення техніко-економічних показників локомотивів для визначення раціональних параметрів гібридного маневрового тепловоза.

Результати досліджень. Існує багато різновидів систем гібридного тягового приводу локомотивів. На рис. 1 зображено узагальнену модель силового ланцюга маневрового тепловоза із гібридною передачею потужності, яку побудовано, виходячи з аналізу цих систем.

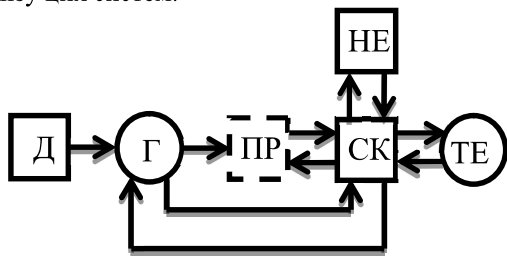


Рис. 1. Модель силового ланцюга гібридного маневрового тепловоза: Д - дизель; Г- тяговий генератор; ПР - перетворювач; СК–система керування; ТЕД (1...n)–тягові електродвигуни; НЕ - енергетичний накопичувач

Енергія з дизеля передається на генератор, причому він може бути як постійного струму, так і синхронним. З генератора енергія передається на перетворювач, за наявності, а з нього на систему керування. Система керування пов'язує між собою накопичувач енергії, тягові електродвигуни та тяговий генератор. В тяговому режимі енергія від дизель-генератора передається через перетворювач, за наявності, і систему керування на тягові двигуни, які також можуть додатково живитися ще й від накопичувача енергії у випадку, коли енергії дизель-генератора недостатньо. При роботі на холостому ході та низьких навантаженнях дизель-генератор поповнює запас енергії у накопичувач і здійснюється робота тепловоза. Для зарядження накопичувачів енергії також можливе використання тягових двигунів в якості генератора, при роботі їх в режимі рекуперації енергії під час гальмування потяга.

Для визначення техніко-економічних параметрів гібридного локомотиву було складено модель, яка включає наступні етапи розрахунку: вибір та формування вихідних даних для визначення техніко-економічних показників гібридного локомотиву; вибір та визначення параметрів накопичувача електроенергії та силового агрегату; визначення основних параметрів електричної передачі тепловоза; побудова зовнішньої характеристики тягового генератора; побудова регульовальної характеристики електропередачі; побудова тягової характеристики тепловоза; вивід кінцевих результатів розрахунків

Для визначення параметрів накопичувача енергії та силового агрегату розроблено модель визначення необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки для маневрового тепловозу із гібридною передачею потужності.

Визначення необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки гіб-

ридного маневрового тепловозу виконується наступним чином.

Спочатку для певної ділянки, на якій передбачається використовувати гібридний локомотив, аналізуються дані експлуатації існуючих тепловозів. Вхідними даними для розрахунку були: вектор потужності силової установки N_{fi} , яка визначалася протягом поїздки Δt хвилини. В результаті отримуються значення кількості зафіксованих даних n , тривалість роботи тепловозу $t_{см}$, а також залежність $N_f(t)$, кількість шагів N_{steep} змінювання потужності силової установки, що розраховується, а на основі цього вектор j . Потім формується вектор коефіцієнту зміни потужності b_j .

Далі обчислюється середня потужність за даними експлуатації N_{cp} . У якості базової для розрахунків приймається потужність N_{pr} , причому:

$$N_{pr} = N_{cp}. \tag{1}$$

На основі цих даних формується вектор потужності силової установки, що розраховується, N_{ustj} .

Для розрахунку енергоємності накопичувача енергії, необхідно сформувані матрицю необхідної енергоємності $E_{i,j}$, де $i \in (1...n-1)$, при цьому n – це кількість елементів вектору потужності силової установки N_f .

Приймаємо початкову енергоємність $E_0=0$, а для матриці $E_{i,j}$ наступну умову:

$$E_{1,j} = E_0. \tag{2}$$

Потім визначаємо енергоємність накопичувача енергії $E_{i,j}$ на кожному етапі змінювання необхідної потужності тепловозу.

Для певної j -тої потужності проектуємої силової установки на основі створеної матриці $E_{i,j}$ визначається необхідна енергоємність накопичувача енергії за наступною формулою:

$$E_{ne_j} = \left| \min \left(E^{(j)} \right) \right|. \tag{3}$$

При цьому формується вектор необхідної потужності силової установки N_{engj}

$$N_{engj} = N_{ustj}. \tag{4}$$

Потім для проектуемого тепловозу з урахуванням зміни його експлуатаційної потужності будуватиметься залежність енергоємності накопичувача енергії E_{ne} від потужності обраної силової установки N_{eng} з нанесеними на неї обмеженнями за вагою і об'ємом накопичувачів, з умови їх розміщення на тепловозі.

На наступному етапі задаються функції вартості дизель-генератора від його потужності $U1(N_{eng})$ та вартості накопичувачів енергії від їх енергоємності $U2(E_{ne})$.

Для оцінки вартості дизель-генератора було отримано залежність ціни на дизель-генератор в залежності від його тривалої потужності шляхом апроксимації ряду дискретних значень цін у дилерській мережі [21] на дизель-генератори виробництва

провідних фірм. В результаті апроксимації для дизелів фірми Caterpillar отримана наступна формула:

$$U1 = 1,099 \cdot x^2 + 943,46 \cdot x + 131885. \tag{5}$$

з величиною достовірності апроксимації $R^2=0,9996$.

Потім визначаємо витрати палива G_i, j , кг, новою дизель-генераторною установкою на кожному етапі змінювання необхідної потужності тепловозу, враховуючи питому витрату палива новими дизелями ge_n , кг/кВт·год.

На наступному кроці виконуємо розрахунок витрат палива новими дизелями за зміну $G1_j$, кг, за формулою:

$$G1_j = \sum_{i=1}^n G_{i,j}. \tag{6}$$

Також розраховуються витрати палива в експлуатації до модернізації за зміну $Gekspl$, кг, з урахуванням питомої витрати палива дизелями ge_0 , кг/кВт·год.

$$Gekspl = \sum_{i=1}^n \left(Nf_j \cdot ge_0 \cdot \frac{\Delta\tau}{3600} \right). \tag{7}$$

Далі необхідно визначити зменшення витрат на паливо $U3$, кг, після модернізації в залежності від потужності обраного дизель-генератора. Це можна обчислити за формулою:

$$U3(Neng) = (Gekspl - G1(Neng)) \cdot ct. \tag{8}$$

де ct – вартість палива, грн/кг.

Загальні витрати, пов’язані із модернізацією $Uzag$, грн, можна визначити за формулою:

$$Uzag_i = U1_i + U2_i - U0 - U3_i \cdot 2 \cdot 360 \cdot kz \cdot r0, \tag{9}$$

де kz – коефіцієнт завантаження локомотива протягом року;

$r0$ – термін окупності від впровадження гібридного приводу.

Враховуючи обмеження, які накладаються на накопичувачі енергії знаходимо оптимальні значення потужності дизель-генератора $Nopt$, кВт, і енергоємності накопичувача енергії $Eopt$, МДж, за умови:

$$Uzag_i \rightarrow \min. \tag{10}$$

Також можна за умови:

$$Uzag_i = 0 \tag{11}$$

визначити залежність терміну окупності від потужності дизель-генератора i , відповідно, накопичувача енергії, а потім за певним значенням терміну окупності визначити потужність дизель-генератора i накопичувача енергії.

Складено алгоритм підпрограми розрахунку необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею, який зображено на рис.2.

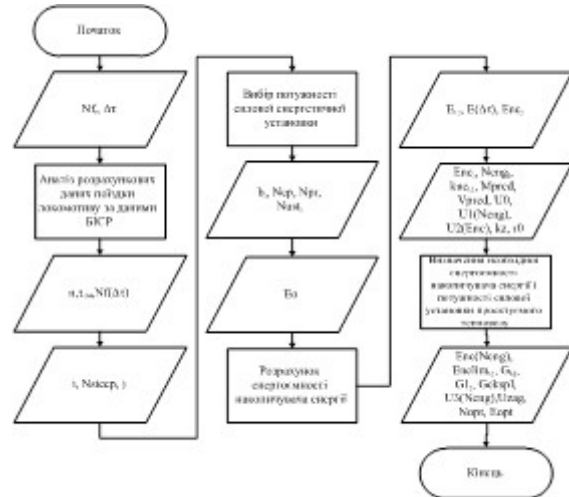


Рис. 2. Алгоритм підпрограми розрахунку необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею

Для аналізу даних експлуатації тепловозу вихідними даними є: вектор потужності силової установки Nf_i , яка визначалась протягом поїздки кожні $\Delta\tau$ хвилини. В результаті отримуємо: значення кількості зафіксованих даних n , тривалість роботи тепловозу t_{cm} , а також залежність $Nf(\tau)$.

Під час вибору потужності силової енергетичної установки вихідними даними є: вектор i за даними експлуатації тепловозу, кількість шагів $Nststep$ змінювання потужності силової установки, що розраховується, а на основі цього вектор j . При цьому обчислюються: коефіцієнт зміни потужності b_j , середня потужність за даними експлуатації локомотива Nsp , потужність Npr , яка приймається у якості базової для розрахунків, потужність силової установки, що розраховується, $Nstj$.

Для розрахунку енергоємності накопичувача енергії використовуються наступні вихідні дані: початкова потужність розраунку $E0$. При цьому розраховується мінімально необхідна енергоємність накопичувача енергії $Enej$ в залежності від обраної потужності силової установки, а також визначається енергоємність накопичувача енергії Ei, j на кожному етапі змінювання необхідної потужності тепловозу, і залежність енергії $E(\tau)$, потребуємої локомотивом від накопичувача, від часу роботи τ .

Для визначення залежності $Ene(Neng)$ необхідної енергоємності накопичувача енергії і потужності силової установки тепловозу, що проектується, вихідними даними є вектор $Neng_j$ значень потужності проектуємої силової установки і вектор $Enej$ значень мінімальної енергоємності накопичувача, необхідної для забезпечення вихідної роботи локомотиву. В цьому блоці вводиться матриця параметрів накопичувачів енергії у вигляді матриці kne та обмеження накопичувачів за масою $Mpred$, кг, та об’ємом $Vpred$, m^3 , за умови їх розміщення на локомотиві, по яким розраховуються граничні параметри енергоємності цих накопичувачів у вигляді матриці $Enelim$, МДж. Також в цьому блоці вводяться функції вартості ди-

зель-генератора від його потужності $U1(Neng)$ та вартості накопичувачів енергії від їх енергоємності $U2(Ene)$, а ще вартість старого дизель-генератора $U0$. Необхідно ввести ще значення коефіцієнту завантаження локомотива kz і термін окупності $r0$, роки. Далі виконується розрахунок витрат палива новими дизелями на кожному режимі Gi, j , кг, розрахунок витрат палива новими дизелями за зміну Glj , кг, витрати палива в експлуатації до модернізації за зміну $Gekspl$, кг, зменшення витрат на паливо після модернізації $U3$, кг, загальні витрати, пов'язані із модернізацією $Uzag$, грн, і, нарешті, оптимальних значень потужності дизель-генератора $Nopt$, кВт і енергоємності накопичувача енергії $Eopt$, МДж.

На основі запропонованого алгоритму було зроблено підпрограму розрахунку необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею за допомогою пакету програм Mathcad.

Застосування програми при проектуванні маневрового тепловозу із гібридною передачею потужності дозволить визначити раціональні співвідношення його силової установки і накопичувача енергії.

Висновки. 1. Розроблено модель силового ланцюга маневрового тепловоза із гібридною передачею потужності.

2. Розроблена модель для визначення техніко-економічних характеристик гібридного маневрового тепловозу.

3. Розроблено алгоритм і програму розрахунку необхідної енергоємності накопичувача енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною передачею.

Література

1. Одинцов, Л. В. Вопросы теории маневровой работы [Текст] : учебное пособие / Л. В. Одинцов. - М. : Трансжелдориздат, 1947. - 204 с.
2. Боровой, Н.Е. Влияние веса поездов на объем маневровой работы [Текст] / Н.Е. Боровой // Труды МИИТ. - М.: Трансжелдориздат, 1962. - Вып. 137. - 384с.
3. Казанцев В.П. Выбор оптимальной мощности маневрового локомотива для работы на вытяжке в текущих эксплуатационных условиях и на перспективу [Текст]: дис. канд. техн. наук./В.П. Казанцев.-М.;-1966.-156с.
4. Забелло, М. Л. Маневровые локомотивы электрифицированных железных дорог [Текст] / М. Л. Забелло, А. М. Баранов. - М. : Транспорт, 1967. - 150 с.
5. Иванов Н.Е. Исследование надежности и долговечности маневровых тепловозов с гидравлическими передачами в зависимости от режимов их работы на железных дорогах промышленных предприятий [Текст]: дис. на соискание к.т.н./Н.Е. Иванов.- Д.: ДИИТ, 1969.-167с.
6. Кудряш, А.П. Повышение эффективности тепловозных дизель-генераторов в эксплуатации [Текст] / А.П. Кудряш, В.Т. Созаев, Э.Д. Тартаковский // Железнодорожный транспорт. - 1972. - № 10. - С. 38-40.
7. Амелин В.П. Выбор типа маневрового локомотива для работы на вытяжных путях станции [Текст]: дис. канд. техн. наук./В.П. Амелин.-М., 1973.- 186с.
8. Коссов, Е.Е. Выбор характеристик магистральных и маневровых тепловозов [Текст] / Е.Е. Коссов, В.А. Старо-

войт // Повышение топливной экономичности тепловозов, Труды ВНИИЖТ. - М.: Транспорт, 1991.- 238 с.

9. Неревяткин К.А. Совершенствование методики определения технических характеристик проектируемых локомотивов на основе математического моделирования [Текст]: автореф. дисс. на соиск учен. степ. канд. тех. наук / К.А. Неревяткин. - М.: МГУПС, 1998г. - 23с.
10. Воронько, В. А. Обоснование выбора параметров маневровых и промышленных тепловозов с учетом условий эксплуатации [Текст]: дисс. канд. техн. наук / В.А. Воронько.-М., 2005г. 148 с.
11. Михальченко, Г.С. Теория и конструкция локомотивов: Учебник для вузов ж.-д. транспорта [Текст] / Г.С. Михальченко, В.Н. Кашников, В.С. Коссов, В.А. Симонов.— М.: Маршрут, 2006. — 584 с.
12. Варакин, А.И. Маневровый и универсальный локомотив с гибридной силовой установкой и накопителем энергии на базе электрохимических конденсаторов / А.И. Варакин, И.Н.Варакин, В.В. Менухов //Наука и техника транспорта, 2007. № 12, с. 34 - 40. <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=9516479>.
13. Коссов, Е.Е. К вопросу выбора мощностных характеристик перспективного автономного тягового подвижного состава [Текст] / Е.Е. Коссов, В.А. Азаренко, М.М. Комарицкий // Наука и транспорт.-2007.-С.20-21.
14. Никипельй, С. О. Повышение эффективности работы тепловозов при применении накопителя энергии в силовой цепи [Текст]: дис... канд. техн. наук / С. О. Никипельй. - М., 2011. - 167 с.
15. Сергієнко, М.І. Оцінка ефективності можливих варіантів модернізації енергетичної установки маневрового тепловоза ЧМЭЗ [Текст] / М. І. Сергієнко, В.І. Пелепейченко, О.І. Гончарів, Д.О. Гордієнко // Залізничний транспорт України. - 2011. - № 6. - С. 35-38.
16. Сергієнко, М.І. Оцінка ефективності застосування накопичувачів електроенергії в енергетичній установці дизель-поїзда ДЕЛ-02 [Текст] / М. І. Сергієнко, М.В. Панасенко, В.І. Пелепейченко, Д.О. Гордієнко // Залізничний транспорт України. - 2011. - № 4. - С. 29-35.
17. Wolfs, P. 2005. Energy Storage Options for Hybrid Diesel Electric Shunting Locomotives, in Negnitsky, M. (ed), Australasian Universities Power Engineering Conference AUPEC 2005, Sep 25 2005, pp. S123-S123. Hobart, Tasmania: University of Tasmania.
18. Akli, C.R.; Sareni, B; Roboam, X; Jeunesse, A. Integrated optimal design of a hybrid locomotive with multiobjective genetic algorithms. (2009) International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, vol. 30 (n° 3-4). pp. 151-162. ISSN 1383-5416.
19. Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal; Sep2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
20. Liudvinavičius L., Lingaitis L.P.: New locomotive energy management systems. Maintenance and reliability – Eksploatacja i niezawodność, Polish Academy of Sciences Branch in Lublin, No 1, 2010, pp. 35-41.
21. <http://www.energoholding.ru>.

References

1. Odincov, L. V. Voprosy teorii manevrovoy raboty [Tekst] : uchebnoe posobie / L. V. Odincov. - M. : Transzheldorizdat, 1947. - 204 s.
2. Borovoy, N.E. Vlijanie vesa poezdov na ob'em manevrovoy raboty [Tekst] / N.E. Borovoy // Trudy MIIT. - M.: Transzheldorizdat, 1962. - Vyp. 137. - 384s.
3. Kazancev V.P. Vybora optimal'noj moshhnosti manevrovogo lokomotiva dlja raboty na vytjazhke v tekushhiih

- jekspluacionnyh uslovijah i na perspektivu [Tekst]: dis. kand. tehn.nauk./V.P. Kazancev.-M., 1966.-156s.
4. Zabello, M. L. Manevroye lokomotivy jelektrifi-cirovannyh zheleznyh dorog [Tekst] / M. L. Zabello, A. M. Baranov. - M. : Transport, 1967. - 150 s.
 5. Ivanov N.E. Issledovanie nadezhnosti i dolgovechnosti manevrovyyh teplovozov s gidravlicheskimy peredachami v zavisimosti ot rezhimov ih raboty na zheleznyh dorogah promyshlennyh predpriyatij [Tekst]: dis. na soiskanie k.t.n./ N.E. Ivanov.-D.: DIIT, 1969.-167s.
 6. Kudrjash, A.P. Povyszenie jeffektivnosti teplovoznyyh dizel'-generatorov v jekspluatsii [Tekst] / A.P. Kudrjash, V.T. Sozaev, Je.D. Tartakovskij // Zheleznodo-rozhnyj transport. – 1972. – № 10. – S. 38-40.
 7. Amelin V.P. Vybora tipa manevrovogo lokomotiva dlja raboty na vytyazhnyh putjyah stancii [Tekst]: dis. kand. tehn. nauk./V.P. Amelin.-M., 1973.- 186s.
 8. Kossov, E.E. Vybora harakteristik magistral'nyh i manevrovyyh teplovozov [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Starovojt // Povyszenie toplivnoj jekonomichnosti teplovozov, Trudy VNIIZhT. – M.: Transport, 1991.– 238s.
 9. Nerevjatkin K.A. Sovershenstvovanie metodiki opredelenija tehniceskikh harakteristik proektiruemykh lokomotivov na osnove matematicheskogo modelirovanija [Tekst]: avtoref. diss. na soisk uchen. step. kand. teh. nauk / K.A. Nerevjatkin. – M.: MGUPS, 1998g. – 23s.
 10. Voron'ko, V. A. Obosnovanie vybora parametrov manevrovyyh i promyshlennyh teplovozov s uchedom uslo-vij jekspluatsii [Tekst]: diss. kand. tehn. nauk / V.A. Voron'ko.-M., 2005g. 148 s.
 11. Mihal'chenko, G.S. Teorija i konstrukcija lokomoti-vov: Uchebnik dlja vuzov zh.-d. transporta [Tekst] / G.S. Mihal'chenko, V.N. Kashnikov, B.C. Kossov, V.A. Simonov.— M.: Marshrut, 2006. — 584 s.
 12. Varakin, A.I. Manevroyj i universal'nyj lokomo-tiv s gibridnoj silovoj ustanovkoj i nakopitelem jenergii na baze jelektrohimijskikh kondensatorov / A.I. Varakin, I.N.Varakin, V.V. Menuhov // Nauka i tehnika transporta, 2007. № 12, s. 34 – 40. <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=9516479>.
 13. Kossov, E.E. K voprosu vybora moshhnostnyh harakte-ristik perspektivnogo avtonomnogo tjavogovo podvi-zhnogo sostava [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Azarenko, M.M. Komarickij // Nauka i transport. -2007.-S. 20-21.
 14. Nikipelyj, S. O. Povyszenie jeffektivnosti raboty teplovozov pri primenenii nakopitelja jenergii v si-lovoj cepi [Tekst]: dis... kand. tehn. nauk / S. O. Ni-kipelyj. - M., 2011. - 167 s.
 15. Sergienko, M.I. Ocinka efektnosti mozhlivih varian-tiv modernizacii energetichnoj ustanovki manevrovogo teplovoza ChMJe3 [Tekst] / M. I. Sergienko, V.I. Pele-pejchenko, O.I. Gonchariv, D.O. Gordienko // Zaliznichnij transport Ukraïni. - 2011. - № 6. - S. 35-38.
 16. Sergienko, M.I. Ocinka efektnosti zastosuvannja na-kopichuvachiv elektroenergii v energetichnij ustanovci dizel'-poïzda DEL-02 [Tekst] / M. I. Sergienko, M.V. Panasenko, V.I. Pelepejchenko, D.O. Gordienko // Zaliz-nichnij transport Ukraïni. - 2011. - № 4. - S. 29-35.
 17. Wolfs, P. 2005. Energy Storage Options for Hybrid Diesel Electric Shunting Locomotives, in Negnitsky, M. (ed), Australasian Universities Power Engineering Conference AUPEC 2005, Sep 25 2005, pp. S123-S123. Hobart, Tasmania: University of Tasmania.
 18. Akli, C.R.; Sareni, B; Roboam, X; Jeunesse, A. Integrated optimal design of a hybrid locomotive with multiobjective genetic algorithms. (2009) International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, vol. 30 (n° 3-4). pp. 151-162. ISSN 1383-5416.
 19. Liudvinačius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal; Sep2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
 20. Liudvinačius L., Lingaitis L.P.: New locomotive energy management systems. Maintenance and reliability – Eksploatacja i niezawodność, Polish Academy of Sciences Branch in Lublin, No 1, 2010, pp. 35-41.
 21. <http://www.energoholding.ru>.
- Фалендыш А.П., Володарец Н.В. Совершенствование методов и моделей определения технико-экономических показателей локомотивов с гибридным приводом.**
- Анализ существующего парка локомотивов Укрзалізниць показал, что преобладающее количество тепловозов находится на финальной стадии жизненного цикла, поэтому возникает необходимость в его обновлении. Возможным способом повышения экономичности эксплуатации маневровых тепловозов, которые характеризуются резко переменным режимом работы, является создание так называемого гибридного локомотива. Рассмотрена возможность совершенствования методов и моделей определения технико-экономических показателей локомотивов с целью адаптации их к гибричному подвижному составу с учетом технических параметров локомотива, показателей эксплуатации и стоимостных показателей.*
- Ключевые слова:** гибридный локомотив, показатель, модель, энергетическая установка, накопитель.
- Falendysh A., Volodarets M. Improvement of methods and models determine the technical and economic parameters of locomotives with hybrid drive.**
- Analysis of the existing fleet of locomotives Ukrzaliznytsi showed that the overwhelming number of locomotives is at the final stage of the life cycle, so there is a need to update it. Possible way to improve the efficiency of operation of shunting locomotives, which are characterized by rapidly alternating mode of operation is the creation of so-called hybrid locomotive. The possibility of improving the methods and models for determining the technical and economic performance of locomotives in order to adapt them to a hybrid rolling stock, taking into account the technical parameters of the locomotive operating performance and cost parameters. Algorithm and program of calculating the required power consumption of energy storage and power propulsion shunting locomotive with hybrid power transmission developed. The application program for the design of hybrid shunting locomotive power transfer will allow to define a rational ratio of its power plant and energy storage.*
- Keywords:** hybrid locomotive, parameter, model, power plant, storage.
- Фалендыш А.П.** – д.т.н., професор кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДАЗТ, м. Харків, Україна, e-mail: fap_hiit@rambler.ru.
- Володарець М.В.** – ст.викл. кафедри Рухомий склад залізниць, ДонІЗТ, м. Донецьк, Україна, e-mail: nikita_01091988@mail.ru.

Рецензент: Бабанін А.Б., д.т.н., проф.