

УДК 629.4

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІБРИДНОГО МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА НА БАЗІ ЧМЕЗ****Фалендиш А.П., Володарець М.В., Артеменко О.В.****DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF HYBRID SHUNTING LOCOMOTIVE BASED CHMEZ****Falendish A., Volodarets M., Artemenko A.**

*Переважаюча кількість тепловозів із загального парку локомотивів Укрзалізниці знаходиться на фінальній стадії життєвого циклу. Виникає необхідність у його оновленні. Створення гібридного маневрового тепловоза є ефективним рішенням в умовах дефіциту фінансів та високій вартості нового локомотивного парку. Розглянуто режими роботи маневрового тепловоза. Проаналізовано методи і моделі визначення техніко-економічних параметрів гібридного рухомого складу, які було розроблено вченими різних країн світу. Розроблено модель визначення техніко-економічних параметрів гібридного локомотиву, на основі якої створено програму і розраховано раціональні параметри гібридного маневрового тепловоза на базі ЧМЕЗ, з урахуванням технічних параметри локомотиву, показників експлуатації і вартісних показників.*

**Ключові слова:** гібридний маневровий тепловоз, раціональні параметри, модель, енергетична установка, накопичувач.

**Вступ.** Технічний стан рухомого складу Укрзалізниці знаходиться у край важкому стані. Так на сьогодні знос парку маневрових тепловозів складає більше 90%, при цьому їх середній вік складає близько 30 років [1,2]. В умовах фінансової кризи, яка спостерігається в Україні, оновлення парку локомотивів шляхом закупки нових є практично неможливим.

**Постановка проблеми.** Виходом зі створеної ситуації є модернізація існуючого парку локомотивів, яка є особливо ефективною в умовах дефіциту фінансів та високій вартості нового локомотивного парку.

Аналізуючи роботу маневрових тепловозів (більше 40% палива витрачається саме на виконання маневрової роботи [3]) можна дійти висновку, що більшу частину часу вони працюють в режимі холостого ходу або низьких навантажень і лише 2 – 5 % часу на номінальних.

Тому заміна існуючої дизель-генераторної установки на дизель-генераторну установку малої потужності з накопичувачем енергії, тобто створен-

ня, так званого, гібридного локомотива є доволі ефективним способом оновлення парку маневрових тепловозів

Виникає необхідність у визначенні параметрів гібридного маневрового тепловозу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З огляду методів та моделей визначення техніко-економічних параметрів гібридного рухомого складу виходить, що різні вчені із різних країн протягом багатьох років проводили дослідження у цьому напрямку [4-13].

Але для вирішення задачі визначення техніко-економічних показників гібридних локомотивів є необхідним комплексний підхід, який має пов'язувати між собою технічні параметри локомотиву, показники експлуатації і вартісні показники.

**Мета.** Мета статті полягає у визначенні раціональних параметрів гібридного маневрового тепловоза, сконструйованого на базі ЧМЕЗ.

**Результати досліджень.** Для визначення техніко-економічних параметрів гібридного локомотиву було складено модель, яка включає наступні етапи розрахунку:

- 1) вибір та формування вихідних даних для визначення техніко-економічних показників гібридного локомотиву;
- 2) вибір та визначення параметрів накопичувача електроенергії та силового агрегату;
- 3) визначення основних параметрів електричної передачі тепловоза;
- 4) побудова зовнішньої характеристики тягового генератора;
- 5) побудова регульовальної характеристики електропередачі;
- 6) побудова тягової характеристики тепловоза;
- 7) вивід кінцевих результатів розрахунків.

На основі моделі було розроблено програму визначення техніко-економічних показників гібридного локомотива.

За даними БІС-Р для тепловоза ЧМЕЗ №2191 було побудовано залежність експлуатаційної потужності локомотиву  $N_f$  від часу його роботи  $t_i$ . Цю залежність зображено на рис. 1.

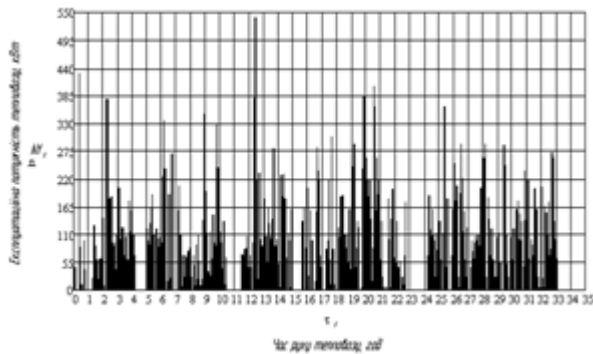


Рис. 1. Залежність експлуатаційної потужності тепловозу ЧМЕЗ від часу його роботи за даними БІС-Р

Далі обираємо потужність силової установки локомотиву і в залежності від цього розраховуємо енергоємність накопичувача енергії для кожного і-того шагу зміни експлуатаційної потужності локомотиву. Графічно це зображується у вигляді залежності енергоємності  $E_i$  накопичувача енергії від часу роботи локомотиву  $t_i$ .

На рис. 2. для розглянутого вище режиму роботи тепловозу ЧМЕЗ наведено залежність  $E_i$  ( $t_i$ ) при обраній потужності  $N_{eng}$  силової установки 360 кВт.

З наведеного рисунку виходить, що для силової установки потужністю 360 кВт необхідно обрати накопичувач енергії із мінімальною енергоємністю 50 МДж.

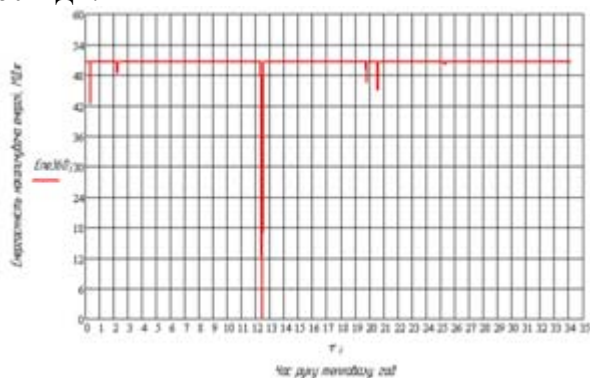


Рис. 2. Залежність енергоємності накопичувача енергії від часу роботи локомотиву  $t_i$ . для потужності силової установки 360 кВт

Далі для проектуемого тепловозу з урахуванням зміни його експлуатаційної потужності будуватиметься залежність енергоємності накопичувача енергії  $E_{ne}$  від потужності обраної силової установки  $N_{eng}$ . Залежність  $E_{ne}(N_{eng})$  для розглянутого режиму роботи тепловозу ЧМЕЗ зображено на рис. 3.

Обираючи тип накопичувача, потрібно також враховувати його масо-габаритні показники.

Тому виникає необхідність у розрахунку граничної енергоємності накопичувачів енергії, яка об-

межується вільним простором тепловозу. Для цього необхідно знати їх питому вагу і ємність.

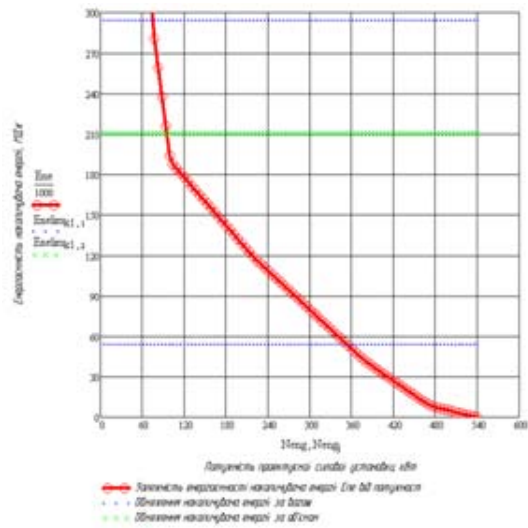


Рис. 3. Залежність енергоємності накопичувача енергії  $E_{ne}$  від потужності обраної силової установки  $N_{eng}$  для заданого режиму роботи

На основі цих показників, а також за умови обмеження вільного простору тепловозу ЧМЕЗ, було розраховано граничну енергоємність різноманітних накопичувачів енергії.

Параметри накопичувачів енергії було сформовано у вигляді матриці  $k_{ne}$ , яка має вигляд:

$$k_{ne} = \begin{pmatrix} 0.37 & 0.19 & 160 & 0.875 \\ 0.068 & 0.0465 & 130 & 0.78 \\ 0.0042 & 0.0009 & 7.50 & 0.82 \\ 0.021 & 0.012 & 7.62 & 0.7 \\ 0.0003 & 0.001 & 48.61 & 0.74 \end{pmatrix}$$

За результатами розрахунків виходить, що для локомотиву ЧМЕЗ можна обрати будь-який із вищенаведених накопичувачів за умови їх масо-габаритних параметрів.

На наступному етапі визначаємо витрати палива за зміну і визначаємо економію палива після модернізації U3, грн. Потім визначаємо загальні витрати, пов'язані із модернізацією Uzag, грн, з певним рівнем окупності. Відповідні графіки наведено на рис. 4.

Отже, з графіків видно, що, враховуючи обмеження, що накладаються на накопичувач енергії видно, що мінімальні витрати на модернізацію спостерігаються для потужності дизель-генератора 360 кВт і енергоємності накопичувача енергії близько 50 МДж.

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

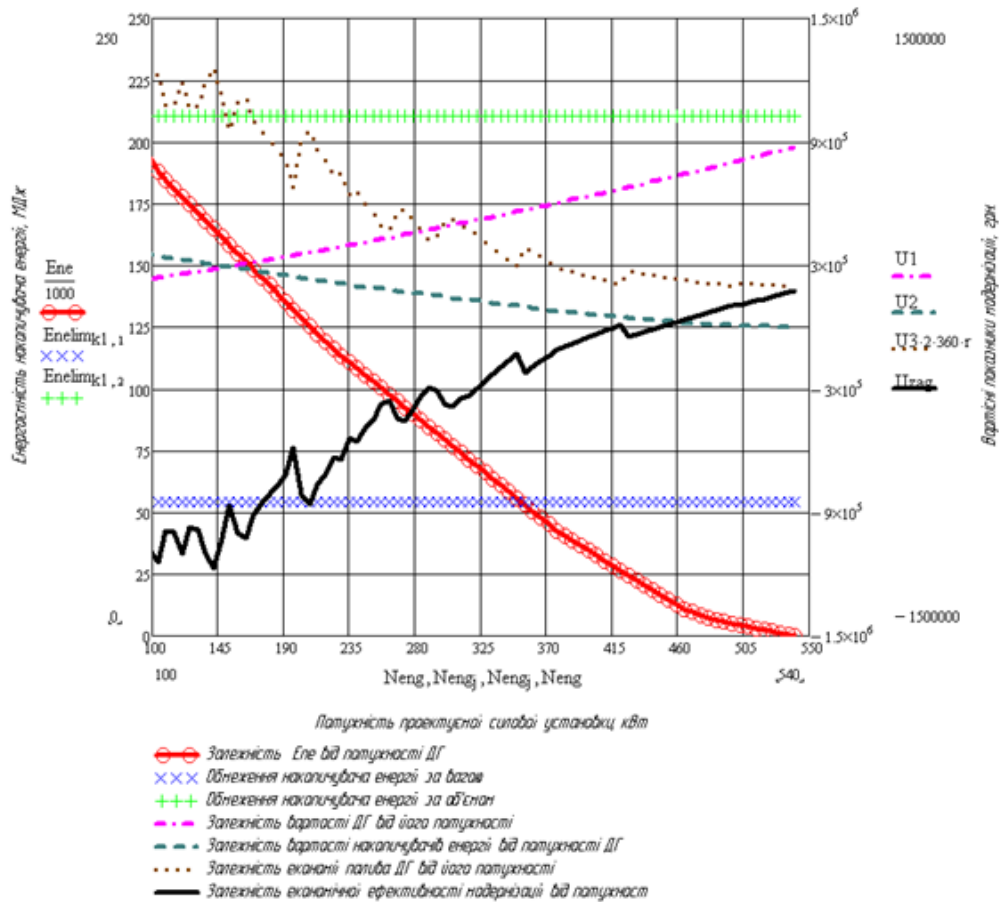


Рис. 4. Залежність енергоємності накопичувача з відповідними обмеженнями і вартісних показників модернізації від потужності дизель-генератора

**Висновки.** 1. Розроблена модель для визначення техніко-економічних характеристик гібридного маневрового тепловозу.

2. Визначено параметри гібридного маневрового тепловозу за допомогою розробленої програми.

3. Побудовано залежність енергоємності накопичувача від обраної потужності дизель-генератора.

4. Обґрунтовано доцільність використання різноманітних накопичувачів енергії за умови їх масогабаритних параметрів.

**Література**

- Лашко А.Д., Самсонкин В.Н., Гончаров А.М., Коновалов А.В. Основные направления обновления тягового подвижного состава Украины в 2006-2010 гг. // Локомотив-информ. - 2006. - №6. - С.8-12.
- Сергиенко Н.И. Решение проблем подвижного состава железных дорог Украины через взаимодействие государственного и частного секторов экономики // Локомотив-информ. - 2010. - №6. - С.40-46.
- Черняк, Ю. В. Резерви економії дизельного палива поїздними і маневровими тепловозами не вичерпані [Текст] / Ю. В. Черняк, В. О. Сазонов, А. М. Гушін, В. І. Дорошко, В. О. Гатченко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. - 2006. - № 72. - С. 17-21.
- Коссов, Е.Е. Выбор характеристик магистральных и маневровых тепловозов [Текст] / Е.Е. Коссов, В.А. Старовойт // Повышение топливной экономичности тепловозов, Труды ВНИИЖТ. - М.: Транспорт, 1991.- 238 с.
- 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.
- 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.
- 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>.
- 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.
- Никипелый, С. О. Повышение эффективности работы тепловозов при применении накопителя энергии в силовой цепи [Текст]: дис... канд. техн. наук / С. О. Никипелый. - М., 2011. - 167 с.
- Сергиенко, М.І. Оцінка ефективності можливих варіантів модернізації енергетичної установки маневрового тепловоза ЧМЭЗ [Текст] / М. І. Сергиенко, В.І. Пеллепайченко, О.І. Гончарів, Д.О. Гордієнко // Залізничний транспорт України. - 2011. - № 6. - С. 35-38.

11. 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.
12. Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal; Sep 2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
13. 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.

#### References

1. Lashko A.D., Samsonkin V.N., Goncharov A.M., Konovlov A.V. Osnovnye napravlenija obnovlenija t'jagovogo podvizhnogo sostava Ukrainy v 2006-2010 gg. // Lokomotiv-inform. - 2006. - №6. - S.8-12.
2. Sergienko N.I. Reshenie problem podvizhnogo sostava zheleznyh dorog Ukrainy cherez vzaimodejstvie gosudarstvennogo i chastnogo sektorov jekonomiki // Lokomotiv-inform. - 2010. - №6. - S.40-46.
3. Chernjak, Ju. V. Rezervi ekonomii dizel'nogo paliva poїzdami i manevrovimi teplovozami ne vicherpani [Tekst] / Ju. V. Chernjak, V. O. Sazonov, A. M. Gushhin, V. I. Doroshko, V. O. Gatchenko // Zbirnik naukovih prac' UkrDAZT. - 2006. - № 72. - S. 17-21.
4. Kossov, E.E. Vybhor charakteristik magistral'nyh i manevrovnyh teplovozov [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Starovojt // Povyshenie toplivnoj jekonomichnosti teplovozov, Trudy VNIIZhT. - M.: Transport, 1991. - 238 s.
5. Nerevjatkin K.A. Sovershenstvovanie metodiki opredelenija tehniceskikh charakteristik proektiruemyh lokomotivov na osnove matematicheskogo modelirovanija [Tekst]: avtoref. diss. na soisk uchen. step. kand. teh. nauk / K.A. Nerevjatkin. - M.: MGUPS, 1998g. - 23s.
6. Voron'ko, V. A. Obosnovanie vybora parametrov manevrovnyh i promyshlennyh teplovozov s uchedom uslovij jekspluatacii [Tekst]: diss. kand. tehn. nauk / V.A. Voron'ko.-M., 2005g. 148 s.
7. Varakin, A.I. Manevrovyj i universal'nyj lokomotiv 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>.
8. Kossov, E.E. K voprosu vybora moshhnostnyh charakteristik perspektivnogo avtonomnogo t'jagovogo podvizhnogo sostava [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Azarenko, M.M. Komarickij // Nauka i transport. -2007.-S. 20-21.
9. Nikipelyj, S. O. Povyshenie jeffektivnosti raboty teplovozov pri primenenii nakopitelja jenergii v si-lovoj cepi [Tekst]: dis... kand. tehn. nauk / S. O. Nikipelyj. - M., 2011. - 167 s.
10. Sergienko, M.I. Ocinka jeffektivnosti mozhlivih varian-tiv modernizacii energetichnoї ustanovki manevrovogo teplovoza ChMJe3 [Tekst] / M. I. Sergienko, V.I. Pelepejchenko, O.I. Gonchariv, D.O. Gordienko // Zaliznichnij transport Ukraini. - 2011. - № 6. - S. 35-38.
11. Sergienko, M.I. Ocinka jeffektivnosti zastosuвання 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.

12. Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal; Sep 2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
13. 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.

#### **Фалендыш А.П., Володарец Н.В., Артеменко А.В. Определение рациональных параметров гибридного маневрового тепловоза на базе ЧМЭЗ.**

*Преобладающее количество тепловозов из общего парка локомотивов Укрзалізничці находится на финальной стадии жизненного цикла. Возникает необходимость в его обновлении. Создание гибридного маневрового тепловоза является эффективным решением в условиях дефицита финансов и высокой стоимости нового локомотивного парка. Рассмотрены режимы работы маневрового тепловоза. Проанализированы методы и модели определения технико-экономических параметров гибридного подвижного состава, которые были разработаны учеными разных стран мира. Разработана модель определения технико-экономических параметров гибридного локомотива, на основе которой роздана программа и рассчитаны рациональные параметры гибридного маневрового тепловоза на базе ЧМЭЗ, с учетом технических параметров локомотива, показателей эксплуатации и стоимостных показателей.*

**Ключевые слова:** гибридный маневровый тепловоз, рациональные параметры, модель, энергетическая установка, накопитель.

#### **Falendysh A., Volodarets M., Artemenko A. Determination of rational parameters of hybrid shunting locomotive based CHME3.**

*The overwhelming number of locomotives in the total fleet of locomotives Ukrzaliznytsi is in the final stages of the life cycle. There is a need to update it. Creating a hybrid shunting locomotive is an effective solution to the shortage of finance and the high cost of a new locomotive fleet. Considered modes shunting locomotive. The methods and models determine the technical and economic parameters of hybrid vehicles, which have been developed by scientists from different countries of the world. A model determine the technical and economic parameters of the hybrid locomotive, which is distributed on the basis of the program and are designed rational parameters of hybrid shunting locomotive based CHME3, taking into account the technical parameters of the locomotive operating performance and cost parameters.*

**Keywords:** hybrid shunting locomotive, rational parameters, model, power plant, storage.

**Фалендыш А.П.** – д.т.н., професор кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДАЗТ, м. Харків, Україна, e-mail: [fap\\_hit@rambler.ru](mailto:fap_hit@rambler.ru).

**Володарець М.В.** – ст. викл. кафедри Рухомий склад залізниць, ДонІЗТ, м. Донецьк, Україна, e-mail: [nikita\\_01091988@mail.ru](mailto:nikita_01091988@mail.ru).

**Артеменко О.В.** – аспірант кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДАЗТ, м. Харків, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.