

УДК 629.4:629.1

АНАЛІЗ ПРАЦЬ ВЧЕНИХ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЯГОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**Брагін М.І., Володарець М.В., Фалендиш А.П.****ANALYSIS OF THE WORKS OF SCIENTISTS TO DETERMINE THE TECHNICAL AND ECONOMIC PARAMETERS OF TRACTION VEHICLES****Bragin N., Volodarets M., Falendish A.**

Проведено аналіз досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених, які проводились протягом багатьох років, по визначенню показників тягових транспортних засобів. З аналізу виходить, що деякі методи та моделі підходять до гібридних. Виявлено, що для вирішення задачі визначення техніко-економічних показників гібридних засобів є необхідним комплексний підхід, який має пов'язувати між собою технічні параметри, показники експлуатації і вартісні показники. Також запропоновано шляхи для обґрунтування вибору цих показників.

Ключові слова: тяговий транспортний засіб, показник, математична модель, енергетична установка, накопичувач, оптимізація.

Постановка проблеми. Технічна база і технологічний рівень організації перевезень по багатьом параметрам не відповідає потребам суспільства і європейським стандартам якості транспортних послуг. Проблема ускладнюється катастрофічною нехваткою фінансових засобів на оновлення тягового рухомого складу, термін експлуатації якого складає 25-30 років.

В умовах дефіциту, зменшення вантажообігу, старіння локомотивного парку і, виходячи з цього, зниження рівня його експлуатаційної надійності необхідно вирішувати задачу забезпечення його ефективної роботи. Отже, виникає необхідність у оновленні тягового рухомого складу Укрзалізниці.

Одним з напрямків підвищення ефективності локомотивної тяги є вирішення питань, які пов'язані з вибором типів і характеристик локомотивів. Ці питання завжди знаходили відображення у дослідженнях вчених і спеціалістів залізничного транспорту і є дуже актуальними, особливо в наш час.

Мета. Мета статті полягає у аналізі праць вчених по визначенню техніко-економічних показників локомотивів і обґрунтуванні шляхів щодо їх визначення.

Результати досліджень. Визначенню та обґрунтуванню основних показників локомотивів присвя-

чено багато наукових досліджень. Це роботи таких вітчизняних вчених: В.Н. Іванова, В.Д. Кузьміча, Н.А. Фурьянського, Н.Є. Борового, Є.Є. Коссова, Л.В. Одінцева, М.Л. Забелло, А.З. Хомича, А.І. Володіна, Н.Н. Заліта, П.А. Шелеста, Г.В. Попова, В.П. Казанцева, Г.С. Міхальченко і багатьох інших [1-21]. Розглянемо їх більш детально.

Рациональні ваги маневрових складів були встановлені Л.В. Одінцовим у 40-х роках минулого сторіччя [1]. Ним було розроблено методику розрахунку витрат часу на виконання маневрів, досліджено рациональні режими роботи маневрового локомотиву, надано рекомендації щодо вибору його типу. Також він займався вибором оптимальної потужності і маневрових локомотивів під час виконання роботи [2]. Л.В. Одінцовим запропонував використовувати середню вагу потягу для повного використання сили тяги локомотива, визначив область використання потужних локомотивів. Але він проводив розрахунки для локомотивів, що використовуються на маневровій роботі і на поїзній, а так як ці види работ мають принципові відмінності, то визначення параметрів локомотиву необхідно проводити окремо для кожного з них. Боровий Н.Є. запропонував в залежності від кількості відчеплень і вагонів у складі визначення витрат умовного палива, а також отримав формули витрат палива для окремих видів маневрових работ [3].

М.Л. Забелло разом із А.М. Барановим в своїх роботах навели теоретичне обґрунтування вибору необхідних маневрових тягових засобів та виявили умови застосування різних видів тяги на маневрах, що дало можливість визначити загальні експлуатаційні вимоги до параметрів маневрових локомотивів [4,5]. Згодом, у 1962 р. було розроблено і затверджено типаж маневрових і промислових тепловозів, що визначило шляхи реконструкції тяги на промислового транспорту – заміну паровозної на тепловозну [5].

В.П. Казанцев визначив вплив на рівень оптимальної потужності маневрових локомотивів і тривалості виконання розрахункової маневрової операції наступних факторів: маса складу, довжина і уклон елементів маневрового району, способи виконання маневрів [1.3-6,7]. Також він визначив групу факторів, серед яких й вартість палива, що не впливають на оптимальне значення потужності маневрових локомотивів.

В роботах Н.С. Гончарова було проведено ряд досліджень щодо визначення величини питомої гальмівної сили під час гальмування маневрового тепловозу і його сили тяги [7,8].

Комплексно до визначення типу локомотива для роботи на витяжний коліях станцій підійшов В.П. Амелін [9]. В своїй роботі з основних параметрів локомотивів він враховував лише потужність і осьову формулу, а також встановив, що оптимальні параметри локомотиву не залежать від способу виконання маневрів, довжини вільних кінців колій сортувального парку та повздожнього профілю витяжної колії.

Режими експлуатації і деякі параметри маневрового тепловоза із гідропередачею (к.к.д., потужність, що витрачається на допоміжне обладнання, витрати палива) розглянуто в роботах Н.С. Іванова [10] і А.А. Лабути [11].

В роботі А.П. Кудряша, Е.Д. Созаєва, Е.Д. Тартаковського [12] розраховується експлуатаційні витрати палива за к.к.д. тепловоза як відношення сумарної витрати палива до тягової роботи тепловоза на колесі:

$$W = g_{em} = \frac{\sum_1^n b_i \cdot N_{ki} \cdot \tau_i}{\sum_1^n N_{ki} \cdot \tau_i} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де b_i – питома витрата палива на і-ому режимі експлуатації, $\frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$,

N_{ki} – дотична потужність тепловоза на і-ому режимі експлуатації,

τ_i – час роботи на і-ому режимі експлуатації, год.

Вибір характеристик тепловозів Е.Е. Коссов і В.А. Старовойт пропонують на основі розв'язання задач оптимізації [13]. При цьому визначається цільова функція або критерій якості, в якості якого приймається мінімум витрат палива:

$$W = B \rightarrow \min, \text{ при } n = \text{const}. \quad (2)$$

В розглянутих вище методах пропонується визначати технічні і експлуатаційні параметри тепловозів (потужність, витрату палива, осьову формулу, масу складу, зчпну вагу, профіль маневрового району тощо), але для визначення основних параметрів гібридних локомотивів необхідно враховувати одночасно особливості експлуатації, технічні параметри локомотива, вартісні показники його використання, а також особливості гібридного приводу і його показників.

Міхальченко Г.С. стверджує, що вибір основних параметрів локомотивів залежить від мас і швидкостей руху потягів за умови мінімальних річних витрат на освоєння заданого об'єму перевезень [14]. Він пропонує під час проектування нових локомотивів і проведенні техніко-економічного аналізу тих, що експлуатуються, використовувати такі показники: питомий показник маси, питому потужність, коефіцієнт тяги тощо.

В.О. Воронько було розроблено ряд моделей для визначення показників маневрових і промислових локомотивів [15]. При розробці математичні моделі енергетичної мережі тепловоза з гідравлічною передачею, електричною передачею постійного струму і передачею змінно-постійного струму для визначення тягово-економічних показників на стадії розрахунку враховано тягово-енергетичні характеристики, які визначаються залежністю дотичної сили тяги і витрат енергоресурсів від режимів роботи тепловозів..

К.А. Неревяткін в роботі [16] пропонує методику попереднього визначення технічних характеристик грузових тепловозів, в основі якої лежать методи розв'язання оптимізаційних задач. Було розроблено алгоритм техніко-економічних розрахунків. Його основою стали циклічні обчислення приведеної собівартості вантажних перевезень C при зміні вагової норми складу Q_{en} і розрахункової швидкості тепловозу v_p . Тобто, розрахунок залежності

$$C = f(Q_{en}, v_p) \rightarrow \min, \quad (3)$$

складає умови для вибору раціональних сполучень взаємопов'язаних один з одним технічних і експлуатаційних параметрів.

В роботі [17] розглянуто можливість використання накопичувачів енергії на локомотивах, представлені попередні оцінки технічних характеристик і економічні переваги локомотивів з накопичувачем енергії, надані рекомендації щодо вибору параметрів накопичувачів на основі середніх показників роботи локомотивів.

В роботі [18] на основі даних про режими роботи автономного тягового рухомого складу розраховано необхідні потужності накопичувачів з урахуванням і без урахування рекуперації енергії під час гальмування і середні встановлені потужності силових установок локомотивів при застосування накопичувачів енергії.

С. О. Нікіпелій в роботі [19] вирішував задачу підвищення якості робочого процесу дизеля в нестабільних режимах за рахунок використання накопичувачів енергії у силовій мережі тепловозу. Було теоретично обґрунтовано спосіб керування силовою установкою тепловоза з накопичувачем енергії у силовій мережі з метою зменшення необхідної розрахованої енергоємності накопичувача.

У роботі [20] розглянуто п'ять можливих варіантів модернізації енергетичної установки маневрового тепловоза ЧМЕЗ і виконано попередню оцінку ефективності кожного з них за такими показниками: вартість основних агрегатів, які мають бути застосо-

вані (дизель-генератори, накопичувач електроенергії); відносно, в порівнянні з базовою енергетичною установкою тепловоза ЧМЕЗ, зменшення експлуатаційної витрати палива; складова загального терміну окупності витрат на модернізацію енергетичної установки, яка враховує лише витрати на основне обладнання.

В роботі [21] розглянуто оцінку ефективності застосування накопичувачів електроенергії в енергетичній установці дизель-поїзда ДЕЛ-02, при цьому обґрунтовано вибір режиму роботи, типу та основних параметрів накопичувача, а також визначено вплив параметрів обраного накопичувача на досяжні показники економії палива та на необхідні зміни у режимі навантаження існуючої установки.

Отримано умову ефективного використання накопичувача, що отримує електроенергію від дизель-генератора:

$$\eta_{AB} > \left(\frac{\sum_{i=1}^n \bar{N}e_i \cdot \bar{\tau}_i}{k_n \cdot \sum_{i=1}^z \bar{N}e_i \cdot \bar{g}_{e,i} \cdot \bar{\tau}_i} \right)_B, \quad (4)$$

де η_{AB} – коефіцієнт корисної дії накопичувача енергії;

$\bar{N}e_i$ – відносна потужність базового двигуна;

$\bar{\tau}_i$ – відносний час роботи на певному режимі;

k_n – коефіцієнт, що враховує збільшення експлуатаційних витрат палива внаслідок зміни режимів роботи, $k_n > 1$;

$\bar{g}_{e,i}$ – відносна витрата палива, яка характеризує перевищення питомої витрати палива на даному режимі роботи над мінімально можливою питомою витратою палива в силовій установці.

Нерівність (4) дає можливість сформулювати вимоги до ККД накопичувача електроенергії: якщо він буде недостатнім, то система з накопиченням енергії, отриманої від первинного джерела буде неефективною або навіть програвати існуючій базовій системі передачі енергії.

Подібні до розглянутих вище методів і методик були розглянуті і застосовані у роботах закордонних вчених, таких як: П.Вольф, Ф.В. Донеллі, Р.Л. Коусіньо, Р.Н.М. Хослей, К.Р. Аклі, Б. Сарені, Х. Робоам, А. Джейніс, Л. Людвінавічус, Л. П. Лінгайтис тощо [22-25]. В них наведено багато принципових схем гібридних локомотивів з різними приводами та структурними елементами. Також розглянуті питання як модернізації існуючих локомотивів гібридним приводом, так і створенням нових гібридних локомотивів.

Розрахунок терміну служби накопичувачів енергії в силовій мережі маневрового тепловозу з урахуванням різних параметрів було розглянуто у [22].

У роботі [23] було створено оригінальний комплексний дизайнерський підхід для розробки гібридного локомотиву, призначеного для використання в неелектрифікованих районах. Цей підхід засновано на багатокритеріальній оптимізації з генетичними алгоритмами і направлено на оптимізацію одночас-

но архітектури системи, розмірного елементу і стратегії керування енергією замість роз'єднання глобальної задачі оптимізації на місцеві задачі, які можуть бути послідовно вирішені. Також він виконує декілька неоднорідних задач (кліматичні і економічні витрати, час життя) із урахуванням декількох обмежень (об'єму, дотримання умов руху). Цей підхід показав свою ефективність при знаходженні гібридних конфігурацій локомотивів, які домінують над тими, які було отримано із використанням традиційних методологій, заснованих на спрощенні задачі оптимізації.

В роботі [24] розглянуті нові можливості економії енергії, повністю використовуючи кінетичну енергію. Запропоновано нетрадиційні системи керування кінетичної енергії локомотивів із передачею потужності постійно-постійного, постійно-змінного, змінно-постійного та змінно-змінного струму для запуску тепловозних дизельних двигунів від накопичувальних батарей.

В роботі [25] наведені рівняння, які дозволяють оцінити ефективність рекуперативного гальмування для різних варіантів гібридного приводу, а також представлено різні типи енергозберігаючих енергетичних систем локомотивів, які використовують енергію рекуперативного гальмування, різноманітні системи гібридного тягового рухомого складу, схеми і електричні криві.

З огляду методів та моделей виходить, що різні вчені із різних країн протягом багатьох років проводили дослідження, спрямовані на визначення техніко-економічних параметрів рухомого складу. Деякі з яких підходять і до гібридних локомотивів. Але для вирішення задачі визначення техніко-економічних показників гібридних локомотивів є необхідним комплексний підхід P , який має пов'язувати між собою технічні параметри локомотиву P_1 , показники експлуатації P_2 і вартісні показники P_3 , тобто:

$$P = \{P_i\} = \{P_1, P_2, P_3\}. \quad (5)$$

Для обґрунтування вибору техніко-економічних показників гібридних локомотивів необхідне розв'язання наступних задач:

1) розробка математичної моделі гібридного маневрового тепловозу і оцінка його тягово-економічних показників;

2) моделювання умов експлуатації маневрових локомотивів;

3) визначення показників якості гібридних маневрових локомотивів і визначення вартості їх життєвого циклу.

Такий підхід має базуватися на математичному моделюванні і дозволить обґрунтувати вибір основних техніко-економічних показників тепловозу при найменшій вартості життєвого циклу за певних умов експлуатації.

Висновки. 1. Проведено аналіз праць вчених по визначенню техніко-економічних показників локомотивів.

2. Виявлено, що для вирішення задачі визначення цих показників є необхідним комплексний підхід, який

має пов'язувати між собою технічні параметри локомотиву, показники експлуатації і вартісні показники

3. Вказано напрямки, які дозволять обґрунтувати вибір цих показників.

Л і т е р а т у р а

- Одинцов, Л. В. Вопросы теории маневровой работы [Текст] : учебное пособие / Л. В. Одинцов. - М. : Трансжелдориздат, 1947. - 204 с.
- Одинцов, Л. В. Организация движения на железнодорожном транспорте [Текст] : учебное пособие. Вып. 2 / Л. В. Одинцов. - М. : ВЗИИТ, 1963. - 151 с.
- Боровой, Н.Е. Влияние веса поездов на объем маневровой работы [Текст] / Н.Е. Боровой // Труды МИИТ. - М.: Трансжелдориздат, 1962. - Вып. 137. - 384с.
- Забелло, М. Л. Маневровые локомотивы электрифицированных железных дорог [Текст] / М. Л. Забелло, А. М. Баранов. - М. : Транспорт, 1967. - 150 с.
- Типаж маневровых и промышленных тепловозов [Текст]/ ЦБТИ, М., 1962.
- 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.
- Гончаров, Н. Е. Маневровая работа на железнодорожном транспорте [Текст] / Н. Е. Гончаров, В. П. Казанцев - М.: Транспорт, 1978. - 183 с.
- Гончаров, Н. Е. Повышение качества и эффективности управления транспортными средствами [Текст] / Н. Е. Гончаров - К.: Будівельник, 1976. - 152 с.
- Амелин В.П. Выбор типа маневрового локомотива для работы на вытяжных путях станции [Текст]: дис. канд. техн. наук./В.П. Амелин.-М., 1973.- 186с.
- 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.
- Лабут А.А. Исследования вопросов эксплуатации и ремонта маневрового тепловозов с гидropередачей [Текст]: дис. на соискание к.т.н./ А.А. Лабут / М.: МИИТ, 1969.-173с.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal; Sep2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
- 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

- Odincov, L. V. Voprosy teorii manevrovoj raboty [Tekst] : uchebnoe posobie / L. V. Odincov. - M. : Transzheldorizdat, 1947. - 204 s.
- Odincov, L. V. Organizacija dvizhenija na zheleznodorozhnom transporte [Tekst] : uchebnoe posobie. Vyp. 2 / L. V. Odincov. - M. : VZIIIT, 1963. - 151 s.
- Borovoj, N.E. Vlijanie vesa poezdov na ob'em manevrovoj raboty [Tekst] / N.E. Borovoj // Trudy MIIT. - M.: Transzheldorizdat, 1962. - Vyp. 137. - 384s.
- Zabello, M. L. Manevroye lokomotivy jelektrificirovannyh zheleznyh dorog [Tekst] / M. L. Zabello, A. M. Baranov. - M. : Transport, 1967. - 150 s.
- Tipazh manevrovyyh i promyshlennyh teplovozov [Tekst]/ CBTI, M., 1962.
- Kazancev V.P. Vybor optimal'noj moshhnosti manevrovogo lokomotiva dlja raboty na vytjazhke v tekushhih jekspluatacionnyh uslovijah i na perspektivu[Tekst]: dis. kand. tehn.nauk./V.P. Kazancev.-M.;1966.-156s.
- Goncharov, N. E. Manevrovaja rabota na zheleznodorozhnom transporte [Tekst] / N. E. Goncharov, V. P. Kazancev - M.: Transport, 1978. - 183 s.

8. Goncharov, N. E. Povyshenie kachestva i jeffektivnosti upravlenija transportnymi sredstvami [Tekst] / N. E. Goncharov – K.: Budivel'nik, 1976. – 152 s.
 9. Amelin V.P. Vybory tipa manevrovogo lokomotiva dlja raboty na vytyazhnyh putjah stancii [Tekst]: dis. kand. tehn. nauk./V.P. Amelin.-M., 1973.- 186s.
 10. Ivanov N.E. Issledovanie nadezhnosti i dolgovechnosti manevrovych 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.
 11. Labut A.A. Issledovanija voprosov jekspluatacii i remonta manevrovogo teplovozov s gidroperedachej [Tekst]: dis. na soiskanie k.t.n./ A.A. Labut / M.: MIIT, 1969.-173s.
 12. Kudrjash, A.P. Povyshenie jeffektivnosti teplovoznih dizel'-generatorov v jekspluatacii [Tekst] / A.P. Kudrjash, V.T. Sozaev, Je.D. Tartakovskij // Zheleznodo-rozhnyj transport. – 1972. – № 10. – S. 38-40.
 13. Kossov, E.E. Vybory harakteristik magistral'nyh i manevrovych teplovozov [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Starovojt // Povyshenie toplivnoj jekonomicnosti teplovozov, Trudy VNIIZhT. – M.: Transport, 1991.– 238 s.
 14. Mihal'chenko, G.S. Teorija i konstrukcija lokomotivov: 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.
 15. Voron'ko, V. A. Obosnovanie vybora parametrov manevrovych i promyshlennyh teplovozov s uchetoj uslovij jekspluatacii [Tekst]: diss. kand. tehn. nauk / V.A. Voron'ko.-M., 2005g. 148 s.
 16. Nerevjatkin K.A. Sovershenstvovanie metodiki opredelenija tehniceskix harakteristik proektiruemyx lokomotivov na osnove matematicheskogo modelirovanija [Tekst]: avtoref. diss. na soisk uchen. step. kand. tehn. nauk / K.A. Nerevjatkin. – M.: MGUPS, 1998g. – 23s.
 17. Varakin, A.I. Manevrovyj i universal'nyj lokomotiv s gibridnoj silovoj ustanovkoj i nakopitelem jenergii na baze jelektrohimijskix 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>.
 18. Kossov, E.E. K voprosu vybora moshhnostnyh harakteristik perspektivnogo avtonomnogo tjagovogo podvizhnogo sostava [Tekst] / E.E. Kossov, V.A. Azarenko, M.M. Komarickij // Nauka i transport. -2007.-S. 20-21.
 19. Nikipelyj, S. O. Povyshenie jeffektivnosti raboty teplovozov pri primenenii nakopitelja jenergii v si-lovoj cepi [Tekst]: dis... kand. tehn. nauk / S. O. Ni-kipelyj. - M., 2011. - 167 s.
 20. Sergienko, M.I. Ocinka jeffektivnosti mozhlivih variantiv modernizacii energetichnoj 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.
 21. Sergienko, M.I. Ocinka jeffektivnosti zastosuvannja nakopichuvachiv elektroenergii v energetichnij ustanovci dizel'-poizda DEL-02 [Tekst] / M. I. Sergienko, M.V. Panasenko, V.I. Pelepejchenko, D.O. Gordienko // Zaliznichnij transport Ukraini. - 2011. - № 4. - S. 29-35.
 22. Wolfs, P. 2005. Energy Storage Options for Hybrid Diesel Electric Shunting Locomotives, in Negnivitsky, M. (ed), Australasian Universities Power Engineering Conference AUPEC 2005, Sep 25 2005, pp. S123-S123. Hobart, Tasmania: University of Tasmania.
 23. 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.
 24. Liudvinavičius, L. Lingaitis, L.P. Locomotive kinetic energy management. // Transport Problems: an International Scientific Journal; Sep2011, Vol. 6 Issue 3, pp. 135-142.
 25. 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.
- Брагин Н.И., Володарец Н.В., Фалендыш А.П. Анализ работ ученых по определению технико-экономических показателей тяговых транспортных средств.**
- Проведен анализ исследований отечественных и зарубежных ученых, которые проводились в течение многих лет, по определению показателей тяговых транспортных средств. Из анализа следует, что некоторые методы и модели подходят к гибридным. Выявлено, что для решения задачи определения технико-экономических показателей гибридных средств является необходимым комплексный подход, который должен связывать между собой технические параметры, показатели эксплуатации и стоимостные показатели. Также предложены пути по обоснованию выбора этих показателей.*
- Ключевые слова:** тяговое транспортное средство, показатель, математическая модель, энергетическая установка, накопитель, оптимизация.
- Bragin N., Volodarets M., Falendysh A. Analysis of the works of scientists to determine the technical and economic parameters of traction vehicles.**
- The analysis of national and foreign research scientists who conducted over the years by determination of the parameters of traction vehicles. From the analysis it appears that some of the methods and models suited to hybrid. We found that to solve the problem of determining the technical and economic performance of hybrid traction vehicles comprehensive approach is required, which has to relate technical parameters, operating performance and cost parameters. To justify the selection of technical and economic parameters of hybrid traction vehicles is necessary to solve the following problems: the development of a mathematical model of hybrid shunting locomotive and evaluation of its trailer and economic indicators; modeling operating conditions of shunting locomotives; determination of quality hybrid shunting locomotives and value of their life cycle under certain operating conditions.*
- Keywords:** traction vehicle, index, mathematical model, power plant, storage, optimization.
- Фалендыш А.П.** – д.т.н., професор кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДАЗТ, м.Харків, Україна, e-mail: fap_hiit@ukr.net.
- Володарець М.В.** – к.т.н., старший викладач кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДУЗТ, м.Харків, Україна, e-mail: volodarets.nikita@yandex.ru.
- Брагин М.І.** – аспірант СЧУ ім.В.Даля, м.Сєвєродонецьк, Україна.

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

Стаття подана 27.03.2017