

УДК 629.4: 629.1

ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Фалендиш А.П., Володарець М.В., Артеменко О.В.

PROSPECTS FOR ENERGY SAVING ELECTRIFIED VEHICLES

Falendish A., Volodarets M., Artemenko O.

Проаналізовано існуючий технічний стан електрифікованих транспортних засобів на прикладі маневрових тепловозів, розглянуто режими їх експлуатації та особливості будови, які є недосконалими з цієї точки зору. Виявлено проблеми енергозбереження, які їм притаманні. Проведено аналіз існуючих способів підвищення енергоефективності маневрових тепловозів. Надано рекомендації в цьому напрямку для локомотивів, що експлуатуються на залізницях України. Виявлено, що доволі ефективним є використання накопичувачів енергії у силових ланцюгах маневрових тепловозів.

Ключові слова: енергозбереження, електрифікований транспортний засіб, енергетична установка, накопичувач.

Постановка проблеми. Ефективне енергозбереження припускає не тільки й не стільки економію енергоресурсів, скільки оптимальне їхнє використання.

Сучасний транспорт пред'являє усе більш тверді вимоги до економічних, токсичним і енергетичним показникам поршневого двигуна внутрішнього згорання, але їх поліпшення зустрічає все нові й нові труднощі.

Ефективне використання паливо-енергетичних ресурсів на залізничному транспорті можливо за рахунок збільшення коефіцієнту корисної дії енергетичної системи та зменшення енергетичних втрат.

На залізницях України широке застосування одержали маневрові тепловози. Маневровий локомотив – це локомотив, призначений для маневрових робіт на станціях і під'їзних коліях, тобто для виконання всіх пересувань вагонів по станційних коліях, формування й розформування поїздів, подачі вагонів до вантажних фронтів, на ремонтні колії, перестановки з парку в парк [1].

Згідно наявних даних зі звітів Донецької залізниці, витрата палива на маневрові роботи становить близько 50% загальної витрати дизельного палива локомотивами.

Тому питання підвищення енергоефективності саме маневрових тепловозів є доволі актуальним і потребує негайного вирішення.

Мета. Мета статті полягає в проведенні аналізу існуючого стану енергоефективності маневрових тепловозів, а також заходів для її підвищення.

Результати досліджень. Заходи, що приймалися для стабілізації залізничного комплексу, не змогли зупинити критичний знос основних фондів залізниць України, і, перш за все, рухомого складу, який за період з 1992 р. збільшився з 38% до 80%, а активної частини – до 85% [2]. Тому виникає необхідність у оновленні тягового рухомого складу Укрзалізниці. Це можна зробити наступними способами: шляхом закупки нового рухомого складу або модернізацією існуючого [2-6].

З аналізу розшифрувань БІС-Р виходить, що фактична витрата палива маневровими тепловозами звичайно перевищує витрату, зазначений у техпаспорті локомотива. Це викликано, насамперед, із наступними факторами: тривалим простоем локомотива; частою зміною позицій контролера машиніста; роботою на низьких позиціях тощо.

При виконанні маневрів локомотив по більшій частині працює на несталому режимі. Для частих рушань із місця й прискорень потрібні велика зчіпна вага й більша тягові зусилля, тому маневрові локомотиви мають порівняно більшу силу тяги й відповідно невисокі розрахункові швидкості тривалих режимів. Він повинен забезпечувати максимально можливо за умовами безпеки швидкість руху, плавне гальмування, швидке реверсування, високий середньоексплуатаційний ККД і надійність. Керування маневровим локомотивом повинне бути простим і зручним.

Основний час маневровий тепловози простоюють, тобто проводять в очікуванні чергового завдання. Дизельний двигун у такому режимі роботи є менш підходящим. Реальна необхідність у ньому виникає тоді, коли тепловоз рушає з місця, а далі він працює в самому неекономічному режимі. Висока номінальна потужність необхідна маневровивізним локомотивам, які крім маневрів на станці-

як виконують також передачу составів на сусідні станції й вузли.

Існує багато способів підвищення енергоефективності маневрових тепловозів [7]. Всі їх можна розділити на чотири групи:

- використання локомотивної енергетичної установки нового покоління;
- використання екіпажу нового покоління;
- розробка нового типу передачі потужності;
- використання допоміжного обладнання нового покоління.

Доволі ефективним є використання всіх перелічених вище заходів в комплексі.

Дедалі більших обертів набирає використання для маневрових тепловозів енергетичних установок нового покоління в тому числі з накопичувачами енергії. В цьому напрямку існує багато розробок [8—23].

Так для залізниць Росії в 2008 р. спеціалістами ВАТ «ВНІКТІ» було підготовлено проект, а на Ярославському електровозоремонтному заводі виготовлено опитний дводизельний маневровий локомотив на екіпажній базі тепловоза ЧМЕЗ. Ціль розробки - створення тепловоза, який відповідає сучасним екологічним вимогам, зниження витрати палива. Порівняльні випробування показали, що цей тепловоз забезпечує зниження витрат палива від 0,7 до 9,5 %. Екологічні показники нових дизелів значно кращі за штатний дизель K6S310DR [8].

Відома технічна пропозиція [9], що передбачає використання в силовому ланцюзі маневрового тепловоза конденсаторного накопичувача порівняно невеликої ємності - близько 0,4 – 0,6 кВт·год. Це відповідає 22-30 конденсаторам виробництва ТОВ «ЭКОНД», які можна встановити на маневровому тепловозі без істотних компонувальних переробок. Енергетичний накопичувач через перетворювач напруги включається в силовий ланцюг тепловоза, що живить тягові двигуни. Керування напругою на вході або виході з перетворювача здійснюється за допомогою системи керування, убудованої в електронний регулятор дизель-генератора. Заряд накопичувача може здійснюватися трьома способами: від тягового генератора. Напруга регулюється управлінням збудження тягового генератора; від тягових двигунів у режимі гальмування; від зовнішньої мережі.

Система керування повинна відслідковувати три рівні напруги - тяговий генератор, накопичувач, тягові двигуни.

Застосування на маневрових тепловозах гібридних енергетичних установок з накопичувачами електроенергії дозволяє зменшити експлуатаційну витрату палива і встановлювати дизель-генератори меншої потужності. Завдяки включенню до складу гібридних енергетичних установок накопичувача електроенергії виникає можливість забезпечити роботу дизеля переважно на найбільш економічних режимах з мінімальною питомою витратою палива. Доцільність цих заходів детально розглянуто у літературі [10-16]. Так, наприклад, Фірма Rail Power Technology (Канада) в 2001 р. вперше модернізувала маневровий тепловоз GG20B для США, перетворив його на гібридний локомотив. При модернізації ДГУ

заміняється АБ та дизель-генераторною установкою меншої потужності. ТЕД модернізованого локомотива живляться від АБ, а ДГУ використовується більшу частину часу тільки для підзарядки АБ. Економія палива даними локомотивами складає 40-60 % [16].

Кращі екологічні показники гібридних енергетичних установок можуть бути обумовлені такими факторами : використанням замість базового, часто морально застарілого дизеля, сучасного двигуна іншої моделі, що має малотоксичний робочий процес; застосуванням нейтралізаторів токсичних речовин, що містяться у відпрацьованих газах; зміною режимів навантаження дизеля гібридної енергетичної установки відносно режимів навантаження базового дизеля [17].

Визначення необхідної енергоемності накопичувача енергії та потужності силової установки для маневрового тепловозу із гібридною передачею дуже детально розглянуто у літературі [18-21].

Відома також конденсаторна система пуску дизеля Шевякова [22]. Розроблені на сьогоднішній день конденсаторні системи пуску дизелів зі спільною роботою акумуляторних батарей (АБ) і конденсаторів не збільшили надійність запуску, і можливість відмови цих систем велика.

Основна причина полягає в тому, що пуск дизеля однаково здійснюється від акумуляторної батареї, а конденсатори, поставлені нібито для полегшення пускового режиму її роботи, відбирають частину енергії АБ на свій заряд, і всі проблеми акумуляторного пуску залишаються.

Принципова відмінність цієї системи від інших полягає у роздільній роботі акумуляторної батареї і конденсаторів, де запуск виконується без витрати енергії акумуляторної батареї (вона у пуску не бере участь) і тільки від конденсаторів. Після запуску дизеля АБ і конденсатори автоматично роздільно заряджаються від генератора. У цьому випадку кількість пусків дизеля необмежено без шкоди для АБ і конденсаторів, у яких внутрішній опір у десятки разів менше, ніж у акумуляторної батареї.

У випадку несправності тепловоза (невдалий запуск) передбачений заряд конденсаторів від АБ. І тоді кількість спроб запуску можлива 30...40 разів, до повного виснаження батареї.

Застосування накопичувачів невеликої потужності в силовому ланцюзі тепловоза дозволяє поліпшити його споживчі якості в частині паливної економічності, екологічній ефективності й надійності роботи силової установки.

На тепловозах «Evolution» компанії «General Electric Transportation Systems» (GETS) використовується батарейний накопичувач енергії [23]. Енергія накопичувача, отримана в результаті рекуперативного гальмування, потім використовується на режимі тяги. Використання енергії гальмування на тепловозах «Evolution» дозволить зменшити витрату палива та викид шкідливих речовин у атмосферу на 15 %.

Тому є очевидним, що використання накопичувачів енергії для підвищення енергетичної ефективності маневрових тепловозів є доволі перспективним рішенням, яке активно реалізується на залізницях.

цях закордоном. Але в Україні цей напрямок знаходиться на стадії розробки. Тому вирішення цього питання є доволі актуальним.

Висновки. 1. Проведено аналіз існуючого стану енергоефективності маневрових тепловозів та виявлено слабкі сторони цього питання.

2. Проаналізовано існуючі розробки в області енергозбереження цих локомотивів.

3. Надано рекомендації щодо підвищення ефективності використання маневрових тепловозів.

4. Виявлено, що доволі ефективним є використання накопичувачів енергії у силових ланцюгах маневрових тепловозів.

Л і т е р а т у р а

1. Железнодорожный транспорт. Энциклопедия. Под ред. Конарев Н.С. 1994г.-559 с.
2. Сергиенко Н.И. Решение проблем подвижного состава железных дорог Украины через взаимодействие государственного и частного секторов экономики // Локомотив-информ. - 2010. - №6. -С.40-46.
3. Бірюков О.С., Фалендиш А. П., Володарець М. В., Золотухін І. В. Модернізація маневрового тепловоза ЧМЭЗТ з метою зменшення витрати палива і значного зниження викидів шкідливих речовин / // Зб. наук. праць. –Харків: УкрДАЗТ, 2011. Вип. 126. С. 157-160.
4. Володарець М. В. Аналіз витрат палива тепловозами серії ЧМЕЗ та ЧМЕЗ-П під час виконання маневрової роботи // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. Вип. 27. С. 99-104.
5. Фалендиш А. П., Володарець М. В., Золотухін І. В. Аналіз витрат палива тепловозами серії ЧМЕЗ та ЧМЕЗ-П під час виконання вивізної роботи // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. Вип. 28. С. 196-202.
6. Фалендиш А. П., Володарець М. В., Білецький Ю. В. Розробка методики розрахунку питомих витрат палива модернізованим і базовим маневровими локомотивами при їх роботі по станції // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ : СХУ ім. В. Даля, 2012. №3(174).–С. 217-224.
7. А.Ю. Біда, О.Д. Жалкін, Д.С. Жалкін. Технології підвищення ергетичної ефективності тепловозів // Зб. наук. праць. –Харків: УкрДАЗТ, 2011. Вип. 126. С. 152-155.
8. Бабков Ю. В., Сазонов И. В., Гусев В. Ю., Сергеев В. Л., Будницкий А. А. Два дизеля для тепловоза ЧМЭЗ / Локомотив. – 2010. – № 1. – С. 37–39.
9. Коссов, Е. Е. Применение накопителей малой энергоемкости в силовой цепи тепловоза [Текст] / Е. Е. Коссов, С. О. Никопельный // Локомотив-информ. – 2010. – № 12. – С. 40–42.
10. Фалендыш А.П., Володарец Н.В. Оценка технического уровня маневровых тепловозов с гибридной передачей // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.– №5(147) 2010. – С. 134-141.
11. Фалендыш А.П., Володарец Н.В. Использование гибридных передач на маневровых тепловозах // Локомотив-информ. – 2010. – Декабрь. – С. 4-7.
12. Гулиа Н.В. Накопители энергии. - М.: Наука, 1980, с.137-138.
13. Фалендиш А.П., Володарець М.В. Розробка моделі для вибору потужнісних характеристик маневрового тепловозу із гібридною передачею // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2010. - №24. – С. 122-130.
14. Варакин А.И., Варакин И.Н., Менухов В.В. Маневровый и универсальный локомотив с гибридной силовой установкой и накопителем энергии на базе электрохимических конденсаторов /Наука и техника транспорта, 2007. № 12, с. 34-40, <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=9516479>.
15. Сергієнко М.І., Пелепейченко В.І., Гончарів О.І., Гордієнко Д.О. Оцінка ефективності можливих варіантів модернізації енергетичної установки маневрового тепловоза ЧМЭЗ/Залізнич. транспорт України. № 6 - 2011. - С. 35 - 38.
16. Лувишис, А. Л. Тепловозный парк США [Текст] / А. Л. Лувишис // Железнодорожный транспорт . – 2009. – № 7. – С. 72–77.
17. Щербак В.П., Сергієнко М.І., Каграманян А.О., Пелепейченко В.І. Зменшення викидів оксидів азоту дизелем маневрового тепловозу шляхом застосування гібридної енергетичної установки // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.– №5(176) – Частина 1 – 2012.– С. 173-179.
18. Володарець М. В. Визначення необхідної енергоемності накопичувачів енергії та потужності силової установки маневрового тепловозу із гібридною тягою// Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. Вип. 26. С. 92-95.
19. Сергієнко М.І., Гончарів О.І., Пелепейченко В.І., Гордієнко Д.О. Вибір характеристики керування гібридною енергетичною установкою перспективного маневрового тепловоза/ Вісник Східноукр. над., ун-ту ім. В. Даля. №4 (158). 2011-4.1 -. С. 122- 132.
20. Коссов Е.Е., Азаренко В.А., Комарицкий М.М. К вопросу выбора мощностных характеристик перспективного автономного тягового подвижного состава // Транспорт Российской Федерации. Спецвыпуск: Наука и транспорт. Железные дороги России – 2007. – С. 20-21.
21. Носков В.Н., М.Ю. Пустоветов. Об энергоемкости накопителя энергии для тепловоза // Вестник ВНИИЖТ – №5 – 2008. – С. 42-44.
22. Хайруллин Р. Р., А. В. Шевяков. Перспективная система пуска дизеля // Локомотив. – 2010. – № 12. – С. 19–21.
23. Зайцева Т. Н. Методы сокращения потребления энергии и топлива // Локомотив. – 2010. – № 2. – С. 44–45.

References

1. Zhelezнодороzhnyj transport. Jenciklopedija. Pod red. Konarev N.S. 1994g.-559 s.
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. Birjukov O.S., Falendish A. P., Volodarec' M. V., Zolotuhin I. V. Modernizacija manevrovogo teplovoza ChMJe3T z metoju zmenshennja vitraty paliva i znachnogo znizhennja vikidiv shkidlivih rečovin / // Zb. nauk. prac'. –Harkiv: UkrDAZT, 2011. Vip. 126. S. 157-160.
4. Volodarec' M. V. Analiz vitrat paliva teplovozami serii ChME3 ta ChME3-P pid chas vikonannja manevrovoi roboti // Zb. nauk. prac'. – Donec'k: DonIZT, 2011. Vip. 27. S. 99-104.
5. Falendish A. P., Volodarec' M. V., Zolotuhin I. V. Analiz vitrat paliva teplovozami serii ChME3 ta ChME3-P pid

- chas vikonannya viviznoi roboti // Zb. nauk. prac'. – Donec'k: DonIZT, 2011. Vip. 28. S. 196-202.
6. Falendish A. P., Volodarec' M. V., Bilec'kij Ju. V. Rozrobka metodiki rozrahunku pitomih vitrat paliva modernizovanim i bazovim manevrovimi lokomotivami pri ih roboti po stancii // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja. – Lugans'k : SNU im. V. Dalja, 2012. №3(174). – S. 217-224.
 7. A.Ju. Bida, O.D. Zhalkin, D.S. Zhalkin. Tehnologii pidvishhennja ergetichnoi efekтивности teplovoziv // Zb. nauk. prac'. –Harkiv: UkrDAZT, 2011. Vip. 126. S. 152-155.
 8. Babkov Ju. V., Sazonov I. V., Gusev V. Ju., Sergeev V. L., Budnickij A. A. Dva dizelja dlja teplovoza ChMJе3 // Lokomotiv. – 2010. – № 1. – S. 37–39.
 9. Kossov, E. E. Primenenie nakopitelej maloj jenergoemkosti v silovoj cepi teplovoza [Tekst] / E. E. Kos-sov, S. O. Nikipelyj // Lokomotiv-inform. – 2010. – № 12. – S. 40–42.
 10. Falendysh A.P., Volodarec N.V. Ocenka tehničeskogo urovnja manevrovih teplovozov s gibridnoj peredachej // Visnik shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja.– №5(147) 2010. – S. 134-141.
 11. Falendysh A.P., Volodarec N.V. Ispol'zovanie gib-ridnyh peredach na manevrovih teplovozah // Lokomotiv-inform. – 2010. – Dekabr'. – S. 4-7.
 12. Gulia N.V. Nakopiteli jenerгии. - M.: Nauka, 1980, s.137-138.
 13. Falendish A.P., Volodarec' M.V. Rozrobka modeli dlja viboru potuzhnisnih karakteristik manevrovogo teplovozu iz gibridnoju peredacheju // Zbirnik naukovih prac' DonIZT. – 2010. - №24. – S. 122-130.
 14. Varakin A.I., Varakin I.N., Menuhov V.V. Manevro-vyj i universal'nyj lokomotiv s gibridnoj silovoj ustanovkoj i nakopitelem jenerгии na baze jelektrohi-micheskih kondensato-rov /Nauka i tehnika transporta, 2007. № 12, s. 34-40, <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=9516479>.
 15. Sergienko M.I., Pelepejchenko V.I., Gonchariv O.I., Gordienko D.O. Ocinka efekтивности mozhlivih variantiv modernizacii energetichnoi ustanovki manevrovogo teplovoza ChMJе3//Zalıznich. transport Ukraïni. № b - 2011. - S. 35 - 38.
 16. Luvishis, A. L. Teplovoznij park SSHa [Tekst] / A. L. Luvishis // Zheleznodorozhnyj transport . – 2009. – № 7. – S. 72–77.
 17. Shherbakov V.P., Sergienko M.I., Kagramanjan A.O., Pelepejchenko V.I. Zmshennja vikidiv oksidiv azotu dizelem manevrovogo teplovozu shljahom zastosuvannja gibridnoi energetichnoi ustanovki // Visnik shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja.– №5(176) – Chastina I – 2012.– S. 173-179.
 18. Volodarec' M. V. Viznachennja neobhidnoi energoemnosti nakopichuvachiv energii ta potuzhnosti silovoi ustanovki manevrovogo teplovozu iz gibridnoju tjagoju// Zb. nauk. prac'. – Donec'k: DonIZT, 2011. Vip. 26. S. 92-95.
 19. Sergienko M.I., Gonchariv O.I., Pelepejchenko V.I., Gordienko D.O. Vibir charakteristiki keruvannja gibridnoju energetichnoju ustanovkoju perspektivnogo manevrovogo teplovoza/ Visnik Shidnoukr. nad., un-tu im. V. Dalja. №4 (158). 2011-4.1 - S. 122- 132.
 20. Kossov E.E., Azarenko V.A., Komarickij M.M. K voprosu vybora moshhnostnyh karakteristik perspektivnogo avtonomnogo tjagovogo podvizhnogo sostava // Transport Rossijskoj Federacii. Specvypusk: Nauka i transport. Zheleznye dorogi Rossii – 2007. – S. 20-21.
 21. Noskov V.N., M.Ju. Pustovetov. Ob jenergoemkosti nakopitelja jenerгии dlja teplovoza // Vestnik VNIIZhT – №5 – 2008. – S. 42-44.
 22. Hajrullin R. R., A. V. Shevjakov. Perspektivnaja sis-tema puska dizelja // Lokomotiv. – 2010. – № 12. – S. 19–21.
 23. Zajceva T. N. Metody sokrashhenija potreblenija jenerгии i topliva // Lokomotiv. – 2010. – № 2. – S. 44–45.
- Фалендыш А.П., Володарец Н.В., Артеменко А.В. Перспективы энергосбережения для электрифицированных транспортных средств.**
Проанализировано существующее техническое состояние электрифицированных транспортных средств на примере маневровых тепловозов, рассмотрены режимы их эксплуатации и особенности строения, которые являются несовершенными с этой точки зрения. Выявлено проблемы энергосбережения, которые им присущи. Проведен анализ существующих способов повышения энергоэффективности маневровых тепловозов. Предоставлены рекомендации в этом направлении для локомотивов, которые эксплуатируются на железных дорогах Украины. Выявлено, что довольно эффективным является использование накопителей энергии в силовых цепях маневровых тепловозов.
Ключевые слова: энергосбережение, электрифицированное транспортное средство, энергетическая установка, накопитель.
- Falendysh A., Volodarets M., Artemenko O. Prospects for energy saving electrified vehicles.**
Review current technical condition of electrified vehicles on the example of shunting locomotives is considered to operate them, and the structural features that are deficient in this respect. The problems of energy saving, which they share. The analysis of existing ways to improve energy efficiency of shunting locomotives. Provided recommendations in this direction for the locomotives, which operate on the railways of Ukraine. Found that quite effective is the use of energy storage in power circuits shunting locomotives.
Keywords: energy, electrified vehicle, power plants, storage.
- Фалендыш А.П.** – д.т.н., професор кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДУЗТ, 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.
Артеменко О.В. – аспірант кафедри Експлуатація та ремонт рухомого складу, УкрДУЗТ, м.Харків, Україна.
- Рецензент:* д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**