

УДК 629.47.004.18

ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ

Канд. техн. наук А.Ф. Агулов, І.А. Петрова

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ

Канд. техн. наук А.Ф. Агулов, И.А. Петрова

REDUCED COSTS ENERGORESURSOV FOR TRACTION

Candidate tehn. sciences A.F. Agulov, I.A. Petrova

У даній статті виконано аналіз заходів з економії енергоресурсів на тягу поїздів, наведено основні чинники, які впливають на витрату енергоресурсів у тязі поїздів і запропоновано основні напрямки робіт і пристрої для подальшого вдосконалення систем нормування, обліку та економії енергоресурсів. Проведено аналіз різних технічних рішень за значущістю для поліпшення взаємодії колеса і рейки з метою зниження опору руху та підвищення безпеки роботи системи колесо-рейка. Викладено особливості роботи пристроїв для зменшення сил взаємодії колеса з рейкою і проаналізовано їхню ефективність.

Ключові слова: енергетичний баланс, питомі витрати, тяга поїздів, енергоресурси, колісна пара, гребнезмащувач, опір руху, рекуперація, економія, режим руху, сили взаємодії, мастило.

В данной статье выполнен анализ мероприятий по экономии энергоресурсов на тягу поездов, приведены основные факторы, которые влияют на расход энергоресурсов в тяге поездов и предложены основные направления работ и устройства для дальнейшего совершенствования систем нормирования, учета и экономии энергоресурсов. Проведен анализ различных технических решений по значимости для улучшения взаимодействия колеса и рельса с целью снижения сопротивления движению и повышения безопасности работы системы колесо-рельс. Изложены особенности работы устройств для уменьшения сил взаимодействия колеса с рельсом и проанализирована их эффективность.

Ключевые слова: энергетический баланс, удельные затраты, тяга поездов, энергоресурсы, колесная пара, гребнесмазыватель, сопротивление движению, рекуперация, экономия, режим движения, силы взаимодействия, смазка.

This article gives an analysis of measures to save energy for traction, are the main factors that affect the energy consumption in the deadlift trains and the basic directions of work and equipment to further improve the system of rationing, accounting, and energy savings. The analysis of the different technical solutions leading to better interaction wheel and rail in order to reduce resistance to movement and improving the safety of the wheel-rail system. Outlined the features of the device to reduce the forces of interaction between wheel and rail and analyze their effectiveness.

Keywords: energy balance, unit costs, draft of trains, energy, wheelset, grebnesmazыvatel, resistance to movement, recovery, economy, driving mode, the interaction force lubrication.

Вступ. За 2013 рік підприємствами залізничного транспорту використано близько 369 тис. тонн дизельного палива, у тому числі близько 304 тис. тонн на тягу поїздів; 5885,1 млн кВт год електроенергії, у тому числі 4887,9 млн кВт год на тягу поїздів; 2,8 тис. тонн мазуту топкового; 134,4 млн м³ природного газу; 70,2 тис. тонн вугілля та 17,4 тис. тонн олив і мастил [1]. Тому зниження витрат

енергоресурсів для підприємств залізничного транспорту, особливо для локомотивних депо, є головним завданням на сучасному етапі розвитку локомотивного господарства країни.

Постановка проблеми. Зниження витрат енергоресурсів на тягу поїздів є актуальним завданням, успішному вирішенню якого сприяє правильне розуміння чинників, що впливають на витрату електроенергії, і можливостей

впливу на них з метою зниження витрат енергоресурсів [2, 3]. Повне й всебічне поняття про це дає енергетичний баланс руху поїздів, отриманий на підставі закону збереження й перетворення енергії, який описується системою лінійних алгебраїчних рівнянь, показники якого перевіряються при тягово-експлуатаційних випробуваннях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині широко ведуться численні дослідження з проблеми зниження силової та фрикційної взаємодії «колесо-рейка», яка окрім чисто економічного аспекту (втрати ресурсів на подолання опору руху, зносу коліс і рейок та ін.) тісно пов'язана з безпекою руху на залізничному транспорті [4, 5].

Актуальність проблеми визначається великими експлуатаційними витратами, пов'язаними зі зносом рейок і коліс рухомого складу. За оцінками експертів, щодня у світі обточується близько 70 тисяч колісних пар. Починаючи з 1985 року, фактична інтенсивність зносу в 3-6 разів перевищувала передбачену нормами експлуатації шляху і рухомого складу. Якщо на початку 1980-х років термін служби бандажів колісних пар локомотивів складав 6-7 років, то в 1990-ті роки він скоротився до 2-3 років. Вихід рейок через граничний бічний знос збільшився за 10 років більш ніж у 3 рази [6].

Мета статті. Метою статті є аналіз існуючих заходів і пристроїв для зниження витрат енергоресурсів на тягу поїздів у локомотивному депо, а також впровадження сучасних заходів з метою економії енергоресурсів.

Основна частина дослідження. Аналіз енергетичного балансу руху поїздів показує, що можна використати такі напрямки зниження витрати електроенергії на тягу поїздів [1]:

- підвищення експлуатаційного коефіцієнта корисної дії (ККД) електрорухомого складу (ЕРС) і пристроїв тягового електропостачання;
- зменшення крутості й кривизни траси колії, тобто випрямлення профілю й плану колії;
- зниження основного опору руху рухомого складу;
- зниження витрат енергії в гальмах поїздів;
- зниження витрат енергії на власні потреби поїздів.

Для практичного застосування зазначених заходів на мережі залізниць доцільно рекомендувати таке:

- підвищення маси поїздів і завантаження вагонів, застосування енергооптимальних значень маси й швидкості руху поїздів;
 - застосування енергооптимальних режимів водіння поїздів, що передбачають максимальне корисне використання накопиченої механічної енергії (потенційної й кінетичної);
 - підвищення ефективності рекуперативного гальмування на ЕРС постійного і змінного струму;
 - удосконалення обліку, аналізу, нормування й прогнозування витрат електроенергії на тягу;
 - підвищення енергетичної ефективності електричної тяги шляхом удосконалення конструкції рухомого складу, електричних схем і електроустаткування ЕРС, пристроїв тягового електропостачання, сигналізації й зв'язку;
 - модернізація експлуатованого ЕРС із метою підвищення його економічності, ККД, зниження енерговитрат на власні потреби;
 - розширення полігону застосування рекуперації на електрифікованих лініях шляхом оснащення ЕРС новими системами рекуперативного гальмування, відновлення несправних схем рекуперації;
 - застосування перспективних електровозів змінного струму й пасажирських електровозів постійного струму з рекуперативним гальмуванням, а також ЕРС подвійного живлення, у тому числі з безколекторними тяговими двигунами.
- Аналіз основних експлуатаційних чинників, що впливають на витрату електроенергії в тязі поїздів показує, що при одній і тій самій масі електровоза зі збільшенням маси складу вагонів коефіцієнт впливу маси локомотивів на питому витрату енергії зменшується, отже, знижується питома витрата електроенергії на тягу. Якщо при збільшенні маси складу вагонів пропорційно зростає маса електровоза, то питома витрата електроенергії на тягу, як правило, знижується в меншому ступені. Більш повне й наочне подання про чинники, від яких залежить витрата електроенергії на тягу поїздів, дають такі напрямки роботи:

- розроблення принципів модернізації експлуатованого ЕРС із метою підвищення його економічності, ККД, зниження енерговитрат на власні потреби;

- обстеження полігону електрифікованих залізниць змінного струму з метою розширення полігону застосування рекуперативного гальмування;

- розроблення методики встановлення енергооптимальних значень маси й швидкості руху поїздів;

- розроблення методики складання енергооптимальних графіків руху й режимів водіння поїздів, у тому числі підвищеної маси й довжини;

- розроблення методики обліку, аналізу, нормування й прогнозування витрати електроенергії на тягу поїздів з урахуванням застосування рекуперативного гальмування й електроопалення пасажирських вагонів і електропоїздів на основі методу енергетичного балансу;

- проведення енергетичного обстеження головних напрямків залізниць із метою виявлення найбільше енерговитратних місць і розроблення заходів з їхнього усунення.

Опір руху локомотива залежить від характеру взаємодії колеса і рейки.

Аналіз взаємодії колеса та рейки показує, що на взаємний знос гребеня колеса і бічної робочої грані головки рейки істотно впливають напрямлені сили в місці контакту. На цей процес впливають кути набігання коліс на рейки, кількість набігаючих коліс, наявність абразивних частинок та інші чинники [1]. У якості одного з критеріїв зносу С.М. Андрієвським запропоновано використати так званий чинник зносу

$$\hat{O} = Y_f \alpha, \quad (1)$$

де Y_H – напрямлена сила;

α – кут набігання гребеня колеса на рейку.

Оскільки напрямлена сила в кривій залежить від кута набігання колісної пари $Y_H \equiv \alpha$, можна говорити про те, що чинник зносу приблизно пропорційний квадрату кута набігання.

Значно зменшити чинник зносу можна введенням мастила в зону тертя. Тоді у формулі (1) необхідно врахувати коефіцієнт

тертя ковзання [2]. Формула (1) набуває вигляду

$$\hat{O} = Y_f \alpha f, \quad (2)$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання.

Аналізуючи формулу (2), можна виділити чотири основні аспекти зниження зносу:

- зниження рівня поперечних сил;

- зниження статичних і динамічних (у тому числі ударних) вертикальних навантажень;

- зниження контактної напруги в системі колесо - рейка;

- поліпшення динамічних характеристик рухомого складу [7].

Використання наявних у розпорядженні залізниць технічних нововведень або їх поєднань у будь-якому з цих аспектів різною мірою змінює енергетичну картину контакту і відповідно зносу контактуючих тіл. У таблиці показано, як використання того або іншого нововведення є позитивним в одному або декількох аспектах даної проблеми, що пояснює більший або менший інтерес, який проявляється до цих нововведень [8].

За даними теоретичних досліджень можливо досягнути зменшення величини опору рухомого складу при інших рівних умовах на величину до 15% за рахунок змащення зони тертя гребеня колісної пари та бокової грані рейки, а також інших заходів, які зменшують величину енергії, що витрачені на подолання опору від тертя поверхонь.

Якість змащення впливає на ефективність пристроїв, що змащують. Воно визначає умови тертя в контакті, знос і рівень генеруючого шуму. Останні дослідження показали, що мастило для гребеня бандажа має містити певну кількість твердих частинок, необхідних для того, щоб забезпечувався знос гребеня в певних рамках. Це необхідно для підвищення безпеки руху, тому що при небажаному стовщенні гребеня різко зростає небезпека сходу рухомого складу з рейок. Гранулометричний склад твердих компонентів мастила повинен бути таким, щоб виключалася можливість засмічування сопла й виходу з ладу пристрою, що змащує. Крім того, мастило такого складу оптимально вирівнює поверхні контакту з мінімальним зносом.

Таблиця

Значення різних технічних рішень для поліпшення взаємодії рухомого складу та шляху

Технічне рішення	Зниження поперечних навантажень	Зниження вертикальних навантажень	Зниження контактних навантажень	Поліпшення динаміки рухомого складу
Вдосконалення ресорного підвішування	+		+	
Змащування рейок і коліс	+		+	+
Змащування шкворневого вузла	+		+	
Оптимізація профілю рейок	+		+	+
Оптимізація профілю коліс	+	+	+	+
Моніторинг взаємодії рухомого складу та шляху	+	+	+	+
Поліпшення геометрії шляху		+		
Поліпшення стану візків	+		+	

Існує кілька варіантів пристроїв залежно від типу рухомого складу. Основне призначення пристрою, що змащує, полягає в тому, щоб під час руху поїзда в результаті точного нанесення на гребені бандажів дозованої кількості мастила був досягнутий бажаний ефект зниження тертя й зносу без погіршення умов тяги або гальмування, а також без забруднення мастилом елементів ходової частини й колії. Це може бути забезпечено лише правильним вибором пристрою, що змащує.

На рухомому складі Укрзалізниці застосовується українська конструкція локомотивного гребенезмащувача СПП 12-5, який являє собою пристрій з електропневматичним керуванням для подачі мастила на певну зону гребенів бандажів передньої по ходу колісної пари [9, 10].

Застосування її на рухомому складі дозволяє одержати такі переваги:

- істотно знизити інтенсивність зносу гребенів коліс (бандажів) і збільшити їхній ресурс;
- зменшити бічний знос рейок і збільшити їхній термін служби;
- знизити опір руху й зменшити витрати електроенергії (дизпалива) на тягу;
- зменшити ймовірність сходу з рейок завдяки зниженню коефіцієнта тертя;

- знизити невиробничі витрати, пов'язані із простоем рухомого складу при заміні й обточуванні коліс (бандажів) і шліфуванні рейок.

Система являє собою пристрій з електропневматичним керуванням для періодичного змащення гребенів коліс локомотивів. Подача мастильного матеріалу здійснюється у функції пройденого часу й залежить від швидкості руху. Змащення здійснюється консистентним водостійким мастильним матеріалом, стійким до дії низьких температур, що за допомогою стисненого повітря наноситься на поверхні, що набігають, гребенів коліс. Звідси він контактним способом переноситься на бічні поверхні головок рейок, а з них - на гребені бандажів наступних колісних пар, що під'їжджають [9, 10].

Окремі цикли роботи системи здійснюються із установленою періодичністю у функції часу. У заданий момент часу електричний імпульс від електронного блока керування відкриває електропневматичний вентиль. Починається подача й розподіл стисненого повітря з живлячої магістралі на пневмопривод насоса і форсунки (розпилювачі). Насос спрацьовує й подає мастило до дозуючих пристроїв форсунок, а стиснене повітря, що надходить у змішувальні камери форсунок, у цей час захоплює мастильний матеріал і розпорошує його на

гребені бандажів коліс. Робочий цикл закінчується відключенням електропневматичного вентиля й поверненням пневмопривода насоса у вихідний стан. Після завершення кожного робочого циклу змащення насос захоплює з бака мастильний матеріал, а дозуючими пристроями форсунок формується порція для чергового робочого циклу.

При роботі системи звичайно здійснюється змащення гребенів бандажів

тільки передньої по ходу руху колісної пари. Із цією метою електронним блоком керування включається електропневматичний вентиль, що викликає спрацювання насоса, що подає мастильний матеріал на форсунки відповідного напрямку руху.

Схема гребенезмащувача наведена на рисунку.

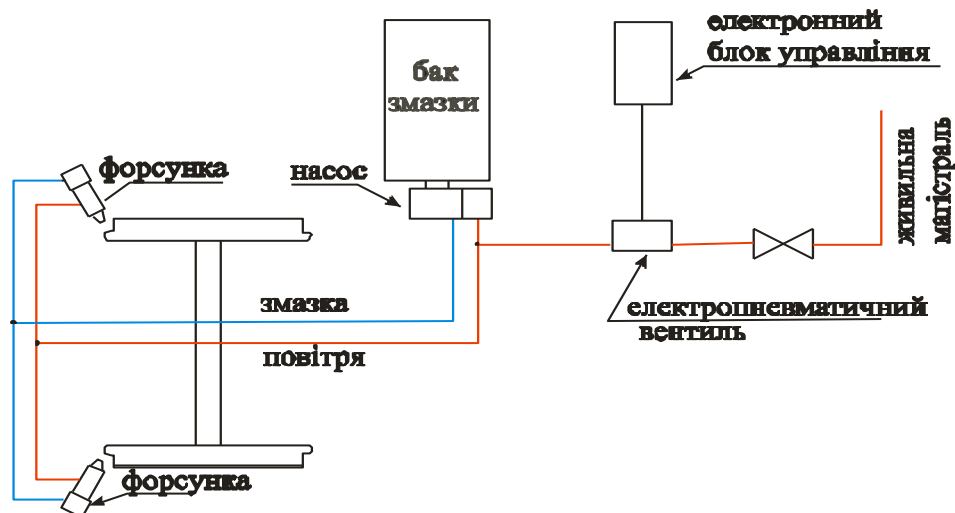


Рис. Схема гребенезмащувача

Очевидна ефективність цих пристроїв сприяла тому, що в цей час технічні вимоги на новий рухомий склад майже завжди містять пункт про їхню наявність. Виконання вимог експлуатаційних служб щодо пробігу колісних пар, терміну служби рейок і рівня випромінюваного шуму було б неможливим без пристроїв, що змащують. Статистика показує, що у випадку їхнього застосування цілком реальне збільшення пробігу колісних пар між переточуваннями до 500 тис. км.

Цими пристроями оснащується не тільки новий тяговий рухомий склад, але й більш старий у ході ремонту. Завдяки високій надійності пристроїв, що змащують, а також

досконалості системи керування й контролю вони можуть бути встановлені на рухомому складі всіх типів.

Висновки. В умовах дефіциту паливно-мастильних матеріалів, постійного зростання цін на енергоносії питання їхньої економії і раціонального використання є надзвичайно актуальним. Локомотивне господарство є найбільшим енергоємним на залізничному транспорті, оскільки несе витрати енергоресурсів на тягу поїздів. Зниження енергоємності може бути досягнуто за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів і посилення контролю за використанням паливно-енергетичних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Аналіз використання паливно-енергетичних ресурсів та роботи по енергозбереженню на залізницях України за 2013 рік [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2014. – 56 с.
2. Програма енергозбереження на залізничному транспорті [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 1997. – 30 с.
3. Сергієнко, М.І. Основні напрямки роботи Укрзалізниці з енергозбереження та її результати [Текст] / М.І. Сергієнко // Локомотив-інформ. – 2010. - №4. – С. 24-26.

4. Комплексна Державна програма енергозбереження. Міністерство економіки України [Текст] / Національна академія наук України. – К.: Держком-енергозбереження України, 1996. – 234 с.
5. Гриценко, Н.В. Економічні аспекти впровадження ресурсозберігаючих технологій на залізничному транспорті [Текст] / Н.В. Гриценко, Ю.О. Крихітіна // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2010. - №32. – С. 89-93.
6. Механическая часть тягового подвижного состава [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / И.В. Бирюков, А.Н. Савоськин, Г.П. Бурчак [и др.]; под ред. И.В. Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. - 440 с.
7. Пути снижения износа колесных пар и рельсов [Текст] // Железные дороги мира. – 2001. – №4. – С. 48-57.
8. Оценка износа колесных пар грузового тепловоза с радиальной установкой колесных пар [Текст] / Г.С. Михальченко, А.С. Юршин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2007. – №2. – С. 39-43.
9. Устройство для смазывания гребня бандажа и головки рельса [Текст] // Железные дороги мира. – 2000. – №9. – С. 54-63.
10. Системы смазки гребней колес СПП 12-5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uttm.com.ua/products-2.html>.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.П. Фалендиш

Агулов Анатолій Федорович, канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Української державної академії залізничного транспорту. Тел. 057-730-1999 (19-99).
Петрова Ірина Анатоліївна, слухач групи МЗ-Л-Б-12 НН ІППК Української державної академії залізничного транспорту. Тел. 0506928248

Agulov Anatoly, Ph.D., Associate Professor Associate Professor of "Operation and maintenance of rolling stock" UkrDAZT. TEL. 057-730-1999 (19-99).
Iryna Petrova, sluhach groupies MZ- L-B-12 NN IPPK. TEL. 0506928248.