

УДК 621.336

А. М. МУХА – д. т. н., професор, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, andremu@i.ua, ORCID: 0000-0002-5629-4058

Д. В. УСТИМЕНКО – к.т.н., доцент, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, ustimenko.1979@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2984-4381

О. Ю. БАЛІЙЧУК – к.т.н., Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, baliichukaleksei@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0119-1446

О. Я. КУРИЛЕНКО – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, elena.kyrylenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2045-917X

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЩОРІЧНОЇ КІЛЬКОСТІ ЗАМІН НАКЛАДОК ПОЛОЗІВ СТРУМОПРИЙМАЧІВ, ЯК ОСНОВА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ

Вступ

Знос контактного проводу та контактних накладок струмоприймачів електрорухомого складу є однією з найактуальніших проблем для залізниць України.

Залізничний транспорт являється одним із найбільших і стабільних споживачів електричної енергії: залізницями України, наприклад, у 2009 році на електротягу поїздів і нетягові потреби витрачено 5,4 млрд. кВт·год, що складає біля 4,2% від загального споживання електроенергії в державі [1, 2]. При цьому із всієї спожитої електроенергії 80...84% використовується власне на електричну тягу [3].

Електровози та електропоїзди отримують електричний струм завдяки ковзному контакту "Полоз струмоприймача - контактний провід" який характеризується відносно невисокими показниками надійності. Одним із шляхів підвищення надійності цього сполучення є впровадження новітніх матеріалів при виготовленні полозів струмоприймачів. Одним з таких перспективних матеріалів є композитні матеріали, наприклад "Романіт-УВЛШ" [4, 5, 6].

Серед наукових публікацій, за тематикою щодо визначення надійності вузла "струмоприймач-контактний провід" [4, 5, 6] представлені розрахункові моделі, які

перевірені на підставі дослідження відносної невеликої партії накладок. Автори, цієї роботи за основи прийняли результати експлуатаційних випробувань, в період зима-літо 2015-2016 років, дослідної партії накладок "Романіт-УВЛШ", відсоткова доля якої склала 76,25% від загальної кількості електровозів та електропоїздів, які працювали на дослідній ділянці "Городок-Затока-Мшана" Львівської залізниці. Тобто майже 3/4 всього електрорухомого складу, який приймав участь в експерименті, був обладнаний дослідними накладками, що обумовлює адекватність отриманих експериментальних даних.

У порівнянні з мідно-графітовими накладками, які характеризуються відносно високою струмопровідністю та відносно високим коефіцієнтом тертя (0,2...0,54), накладки з композитного матеріалу "Романіт-УВЛШ" характеризуються низьким коефіцієнтом тертя (0,005-0,008) при збереженні високого значення струмопровідності, що дозволяє значно скоротити знос контактного проводу. Експериментальні дослідження на ділянках постійного струму Львівської залізниці дозволи встановити, що знос контактного проводу при використанні накладок полозів з "Романіту-УВЛШ" в 29,8 разів менший у порівнянні з використанням мідного-графітових накладок [7].

Мета

Метою роботи є проведення порівняльного аналізу кількості щорічної заміни накладок полозів струмоприймачів електровазів та електропоїздів постійного струму із різних матеріалів, використовуючи реальні експлуатаційні дані для умов Львівської залізниці.

Методика

Вихідні передумови наступні. Розрахунки виконувались без урахування зростання цін на матеріальні та трудові ресурси, без урахування зміни вартості грошей у часі. Отримані відносні одиниці при зміні інших умов не будуть мати суттєвих коливань. Числові параметри та характеристики визначені під час експлуатаційних випробувань накладок з матеріалу "Романіт-УВЛШ" на базі депо "Львів-Захід" Львівської залізниці.

Кількість електровазів постійного струму, що знаходиться "у роботі": 18 од. ВЛ10 та 50 од. ВЛ11 разом "у роботі" - 68 одиниць. Кількість електропоїздів постійного струму, що знаходиться "у роботі" складатиме 157 секцій. Середній місячний пробіг для електровазів постійного струму 8 000...12 000 км, для електропоїздів постійного струму 14 000 км.

Експлуатаційні показники накладок першого типу: середній ресурс при встановленні на електровазах - 17 000 км; при встановленні на електропоїздах 3500...4000 км. Спостерігається сезонність середнього ресурсу: у зимовий час (грудень - лютий) заміна накладок на електровазах здійснюється кожні 4 доби, а на електропоїздах кожні 300 км. Середній знос контактного проводу 0,08...0,18 кв.мм/10 тис. проходів. Вартість комплексу накладок приведених к довжині полоза 1200 мм складатиме 2 652 грн., без ПДВ.

Експлуатаційні показники накладок другого типу (Романіт-УВЛШ): Середній ресурс при встановленні на електровазах в період з 28 грудня 2015 року по 27.07.2016

року - 45 949 км, при цьому накладки продовжують працювати. Експертна оцінка середнього ресурсу експериментальних накладок - 70 000 км, при встановленні на електропоїздах - 14 423 км. Сезонність роботи накладок не зафіксовано. Середній знос контактного проводу 0,01...0,023 кв.мм/10 тис. проходів. Вартість комплексу накладок приведених к довжині полоза 1200 мм складатиме 12 000 грн., без ПДВ.

Експлуатаційні показники накладок третього типу: Середній ресурс при встановленні на електропоїздах - 300 км. Спостерігається сезонність середнього ресурсу: у зимовий час (грудень - лютий) на електропоїздах -150 км. Середній знос контактного проводу на 10 тис. проходів - дані відсутні.

Вартість комплексу накладок приведених к довжині полоза 1200 мм складатиме 628 грн., без ПДВ.

Проводимо розрахунок кількості заміни накладок першого типу для електровазів.

Середньомісячний пробіг електровазів постійного струму складатиме:

$$\frac{8000 + 12000}{2} = 10000 \text{ км.}$$

Середньодобовий пробіг електровазів постійного струму складатиме:

$$\frac{10000}{31} = 322 \text{ км.}$$

Середньорічний пробіг електровазів постійного струму складатиме:

$$10000 \cdot 12 = 120000 \text{ км.}$$

Кількість заміни накладок першого типу за період: весна-літо-осінь (9 місяців) дорівнює:

$$\frac{10000 \cdot 9}{17000} = 5,3 \text{ замін.}$$

Кількість заміни накладок першого типу за зимовий період (90 діб) дорівнює:

$$\frac{90}{4} = 22,5 \text{ замін.}$$

Середньорічна кількість замін накладок: $5,3 + 22,5 \approx 28$ замін.

Проводимо розрахунок кількість замін накладок першого типу для електропоїздів.

Середньодобовий пробіг електропоїздів постійного струму складатиме:

$$\frac{14000}{31} = 451 \text{ км.}$$

Середньорічний пробіг поїздів постійного струму складатиме:

$$14000 \cdot 12 = 168000 \text{ км.}$$

Кількість замін накладок першого типу за період: весна-літо-осінь (9 місяців) дорівнює:

$$\frac{14000 \cdot 9}{(3500 + 4000)/2} = 33,6 \text{ замін.}$$

Кількість замін накладок першого типу за зимовий період (90 діб) дорівнює:

$$\frac{90 \cdot 451}{300} = 135,3 \text{ замін.}$$

Середньорічна кількість замін накладок першого типу на електропоїздах складає: $33,6 + 135,3 \approx 170$ замін.

Проводимо розрахунок кількість замін накладок "Романіт-УВЛШ" для електровозів.

Середньорічна кількість замін накладок: $\frac{120000}{70000} \approx 2$ заміни.

Проводимо розрахунок кількість замін накладок "Романіт-УВЛШ" для електропоїздів.

Середньорічна кількість замін накладок: $\frac{168000}{14423} \approx 12$ замін.

Проводимо розрахунок кількість накладок третього типу для електропоїздів.

Кількість замін накладок третього типу за період: весна-літо-осінь (9 місяців) дорівнює:

$$\frac{14000 \cdot 9}{300} = 420 \text{ замін.}$$

Кількість замін вугільних накладок третього типу за зимовий період (90 діб) дорівнює:

$$\frac{14000 \cdot 3}{150} = 280 \text{ замін.}$$

Середньорічна кількість замін накладок: $420 + 280 \approx 700$ замін.

Порівняльні результати представимо у таблицях 1 та 2.

Наукова новизна та практична цінність

Отримані результати дозволили оцінити рівень порівняльної експлуатаційної надійності трьох типів накладок на базі реальних експериментальних даних, що на відміну від існуючих аналітичних способів розрахунку показників надійності, дозволяє представити техніко-економічної доцільності впровадження накладок типу "Романіт-УВЛШ".

Таблиця 1

Результати розрахунків щорічної кількості замін накладок електровозів

№	Показник	Тип накладки	
		Першого типу	Романіт-УВЛШ
1	Щорічна кількість замін	28	2
2	Вартість однієї заміни трирядного струмоприймача (полоз 1200 м), тис. грн. (без ПДВ)	$3 \cdot 2,652 = 7,956$	$3 \cdot 12,0 = 36$
3	Щорічні витрати, тис. грн	$28 \cdot 7,956 = 222,768$	$2 \cdot 36 = 72$
4	Співвідношення витрат (до мінімального зі значень)	3,09 рази	1

Таблиця 2

Результати розрахунків щорічної кількості заміни накладок електропоїздів

№	Показник	Тип накладки		
		Першого типу	Романіт-УВЛШ	Третього типу
1	Щорічна кількість заміни	170	12	700
2	Вартість однієї заміни дворядного струмоприймача (полоз 1200 м), тис. грн. (без ПДВ)	$2 \cdot 2,652 = 5,304$	$2 \cdot 12,0 = 24$	$2 \cdot 0,628 = 1,256$
3	Щорічні витрати, тис. грн	$170 \cdot 5,304 = 901,68$	$12 \cdot 24 = 288$	$700 \cdot 1,256 = 879,2$
4	Співвідношення витрат (до мінімального зі значень)	3,13 рази	1	3,05 рази

Висновки

1. Використання полозів з матеріалу "Романіт-УВЛШ" в умовах Львівської залізниці дозволить зменшити щорічні витрати на придбання накладок для електровозів у порівнянні накладками першого типу у 3,09 рази.

2. Використання полозів з матеріалу "Романіт-УВЛШ" в умовах Львівської залізниці дозволить зменшити щорічні витрати на придбання накладок для електропоїздів у порівнянні накладками першого типу у 3,13 рази, а в порівнянні з накладками третього типу у 3,05 рази.

Библиографический список

1. Сергієнко, М. І. Основні напрямки роботи Укрзалізниці з енергозбереження та її результати / М. І. Сергієнко // Локомотив-інформ. – 2010. – №4. – С. 24-28.
2. Лашко, А. Д. Енергозбереження на залізничному транспорті України / А. Д. Лашко, М. І. Сергієнко // Залізничний транспорт України. – 2001. – №4. – С. 7-11.
3. Мальшко, І. В. Основные направления энергосбережения на железнодорожном транспорте Украины / И. В. Мальшко // Локомотив-інформ. – 2007. – №1. – С. 12-14.
4. Муха, А.М. Контактні вставки полозів струмоприймачів електрорухомого складу з покращеними показниками / А.М. Муха, Д.В. Устименко, О.Я. Куриленко, О.Ю. Балійчук, І.В. Малишко, Ю.О. Адамович //

«Залізничний транспорт України». м. Київ, Вип. 2, 2018. – С. 33-39.

5. Гершман, И.С. Токосяемные углеродно-медные материалы / И.С. Гершман // Вестник ВНИИЖТ, 2002. – №5. С.15-20.
6. Берент, В.Я. Перспективы улучшения работы сильноточного скользящего контакта «контактный провод – токосяемный элемент полоза токоприемника» / В.Я. Берент // Железные дороги мира, 2002. – № 10.
7. Муха, А.М. Результати замірів зносу контактного проводу на експериментальних ділянках змінного струму львівської залізниці / А.М. Муха, Д.В. Устименко, О.Ю. Балійчук, О.Я. Куриленко // «Електрифікація транспорту». м. Дніпро, Вип. 13, 2017. – С. 15-19.

Ключові слова: витрати, ресурс, накладка полоза, струмоприймач, електровоз, електропоїзд.

Ключевые слова: затраты, ресурс, накладка полоза, токоприемник, электровоз, электропоезд.

Keywords: costs, resource, skid pad, current collector, electric locomotive, electric train.

Рецензенты:

д.т.н., проф. А. Б. Бойник,
д.ф.-м.н., проф. В. І. Гаврилук.

Надійшла до редколегії 21.05.2019.
Прийнята до друку 27.05.2019.