

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РЕСУРСУ ПАР ТЕРТЯ СТРУМОЗНІМАННЯ

¹Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна

Запропоновано метод ефективного розташування струмознімальних елементів струмоприймача. Цей метод разом з пристроєм для визначення параметрів вугільних струмознімальних елементів дозволяє досягти підвищення ресурсу контактних проводів та вугільних струмознімальних вставок, зменшити капітальні та експлуатаційні витрати на їх заміну та ремонт шляхом зменшення негативного впливу від розкиду основних фізичних та електричних параметрів струмознімальних елементів, а також досягти підвищення продуктивності праці обслуговуючого персоналу за рахунок усунення необхідності перебирання зношених струмознімальних елементів, для повторного використання та встановлення вставок контактного проводу в місцях його зношування підвищеної інтенсивності.

Ключові слова: ресурс, струмознімання, струмознімальний елемент, контактний провід, струмоприймач, електричний транспорт.

Вступ

Пара тертя «контактний провід—струмознімальний елемент» є однією з найважливіших складових ланки передачі електричної енергії від тягової підстанції до електрорухомого складу. При цьому, вона має відповідати сукупності взаємовиключних вимог, зумовлених зовнішніми факторами впливу, параметрами системи струмознімання та власними фізико-механічними, а також електричними характеристиками.

На сьогодні існує декілька напрямків розвитку матеріалів струмознімальних елементів [1]—[3], але питання вибору оптимального матеріалу для них, дотепер залишається невирішеним. Це пов'язано з тим, що значення твердості струмознімальних елементів та їх питомого електричного опору — двох основних характеристик, які впливають на процес електромеханічного зношування як самих струмознімальних елементів, так і контактних проводів, тісно пов'язані між собою і за покращення, наприклад, електричних характеристик ковзних контактів, їх матеріал втрачає міцність і навпаки.

Досвід експлуатації вуглецевмісних струмознімальних елементів протягом останніх років [4] показує, що нормований інтервал значення їх твердості є невиправдано високим. Максимальне значення твердості перевищує мінімальне в 1,45 разів. Такий значний інтервал розкиду призводить до того, що партії вставок можуть відрізнятися на 45 % одна від одної, а в межах однієї партії можуть траплятися вставки як з мінімальною, так і з максимальною твердістю [5], при цьому, по своїй довжині вставка може мати також різну твердість. Різка структурна неоднорідність та коливання щільності матеріалу по довжині струмознімальних елементів приводить до появи нерівномірного зношування, пропилів та підпалів вставок, особливо у разі дощів чи паморозі. Подібна ситуація приводить до нераціонального використання технічного ресурсу пар тертя струмознімання.

Метою роботи є підвищення технічного ресурсу пар тертя струмознімання та здешевлення витрат на їх обслуговування, шляхом раціонального розташування на полозі струмоприймача струмознімальних елементів за значенням твердості.

Результати дослідження

Основною частиною витрат, пов'язаних з процесом струмознімання, на утримання контактної мережі та струмоприймачів є витрати на заміну контактних проводів та струмознімальних елементів струмоприймачів [2], [4], [6], [7], які обираються у відповідності до роду струму, типу електрорухомого складу та його потужності. Так чи інакше, всі напрямки досліджень процесу струмознімання спрямовані на зменшення капітальних та експлуатаційних витрат на ремонт і утримання

контактної мережі та пристроїв струмознімання. Виходячи з розміру капітальних витрат на заміну елементів пари тертя струмознімання, можна з очевидністю стверджувати, що перспективними напрямками досягнення мінімізації витрат на їх обслуговування є заходи, які пов'язані зі струмознімальними елементами.

Відповідно до існуючих вимог, під час виробництва та вхідного контролю, частина вставок з кожної нової партії проходить нормовані дослідження згідно з [8], які за умови комплексного аналізу можуть дати уявлення про якість кожного конкретного розглядуваного зразка. Але застосування подібних методів для контролю всіх струмознімальних елементів в умовах депо не є раціональним.

Водночас необхідно відмітити, що струмознімальні елементи, які наразі використовуються в експлуатації, мають широкий розкид параметрів, що може призвести до різкого скорочення технічного ресурсу або ж взагалі до втрати їх працездатності. В роботах [4], [9] автором уже проводився аналіз розподілу несправностей струмознімальних елементів, через які необхідно проводити їх заміну. Встановлено, що найбільша частка пошкоджень припадає на нерівномірний знос — близько 28 % (рис. 1) та на пропили — 24 % від загального (рис. 2). Наведені характерні види зношування струмознімальних елементів свідчать про різку структурну неоднорідність їх матеріалу.



Рис. 1. Нерівномірне зношування струмознімальних елементів по довжині полозу



Рис. 2. Пропили струмознімальних елементів в осінньо-зимовий період експлуатації

Проведення експлуатаційних досліджень зношування вставок струмоприймачів типу «А» та «Б» на ділянках змінного та постійного струму, дали змогу встановити залежності виду пошкоджень та місць їх локалізації. Визначено, що для набігаючої частини першого ряду вставок, по ходу струмоприймача, характерна наявність сколів різного розміру та підвищене механічне зношування, а для другого ряду (чи третього, якщо йдеться про трирядний полоз) підвищене електроерозійне зношування крайніх вставок — виявлені локальні лунки з краями неправильної форми діаметром від 1 до 12 мм. Поява подібних пошкоджень може бути викликана ударами об жорсткі точки на контактному проводі, порушенням контакту на спряженнях чи інших перехідних ділянках, помилковими діями машиністів [10]. Негативним результатом появи електроерозійного впливу є не тільки надмірне зношування струмознімальних елементів, а й поява підпалів на поверхні тертя контактної мережі, його знеміцнення та можлива деформація.

Виходячи з існуючого досвіду пошуку оптимальної конструкції вугільних вставок [11]—[13], збільшення їх навантажувальної здатності та зносостійкості шляхом вибору різних матеріалів [1], недоліками чого є ускладнення технологічного процесу та здорожчання кінцевого виробу, пропонується для підвищення технічного ресурсу пар тертя струмознімання та мінімізації витрат на їх обслуговування, запровадити в експлуатацію пристрій [14], який дозволить, шляхом визначення параметрів струмознімальних елементів та їх оптимального розташування, мінімізувати вказані негативні впливи.

В практиці експлуатації, для рішення подібних питань використовують метод непрямих вимірювань, відповідно до якого обирається вихідний параметр, який є найзручнішим для вимірювання та пов'язаний певною залежністю з необхідним структурним параметром, який потрібно визначити. Такий принцип покладений і в основу пристрою для визначення параметрів вугільних струмознімальних елементів, який за допомогою методу амперметра-мілівольтметра, шляхом перерахунку отриманого падіння напруги на струмознімальному елементі в питомий електричний опір, і в подальшому в твердість, разом з використанням методу ефективного розташування струмознімальних елементів струмоприймачів, дозволяє визначити зону на полозі струмоприймача для встановлення конкретної вставки.

Адекватність запропонованого методу ефективного розташування струмознімальних елементів перевірялася за допомогою прогнозної нейромережевої моделі, яка навчена на масиві експериментальних даних, що отримані під час тривалих стендових досліджень на установці [15] в різних режимах роботи пари тертя, а саме: лінійна швидкість коливалась в межах 10...20 м/с, сила притискання одного струмознімального елемента до контактної провуду становила 1,5...8,5 даН, сила постійного струму в контакті змінювалась в межах 0...500 А, вологість коливалась від 40 % до 100 %. Досліджували зношування контактної провуду МФ-100 в парі з вугільними вставками типу «А» та «Б», а також мідними пластинами.

Для перевірки результатів використання запропонованого методу з однієї партії довільно вибрані вісім струмознімальних елементів типу «А», питомий електричний опір та твердість яких визначені за допомогою пристрою [14]. Твердість перевірялась за допомогою твердоміра Брінеля ТШ-2М. Математичне моделювання зношування струмознімальних елементів та контактної провуду проводилось для двох варіантів:

- струмознімальні елементи розміщені довільно на полозі струмоприймача;
- струмознімальні елементи розміщені за значенням твердості.

Схеми розташування вставок типу «А» для двох варіантів на дворядному полозі струмоприймача електрорухомого складу змінного струму показано на рис. 3.

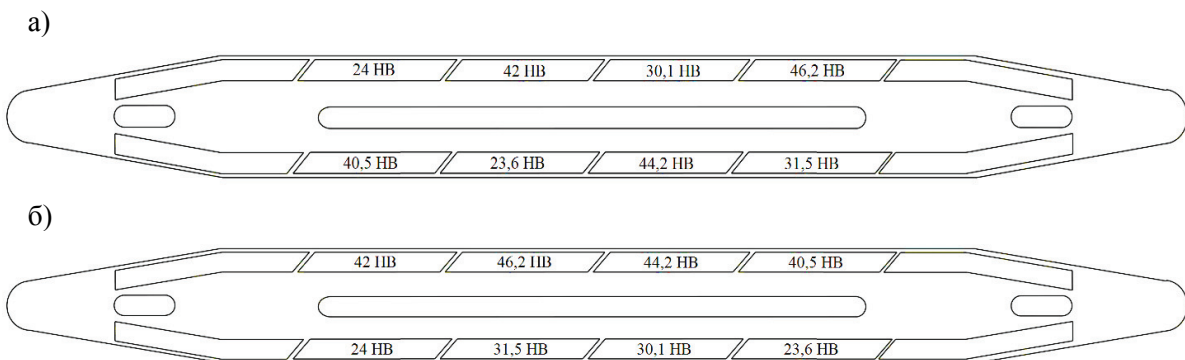


Рис. 3. Схеми розташування вставок типу «А» на полозі струмоприймача:
а — довільне розміщення; б — розміщення за значенням твердості

Для прогнозування, як факторів впливу на процес зношування пар тертя використано: твердість вставок, їх питомий електричний опір, криву натискання струмоприймача ТЛ-13У вздовж прогону контактної підвіски ПБСМ-70-МФ-100 з урахуванням аеродинамічної складової за швидкості 72 км/год, сили струму в контакті 100 А, вологості навколишнього середовища 50 %.

Нижче наведені два варіанти прогнозування зношування струмознімальних вставок типу «А» та контактної провуду — за довільного розташування вставок на полозі та з їх встановленням за значенням твердості (рис. 4, 5).

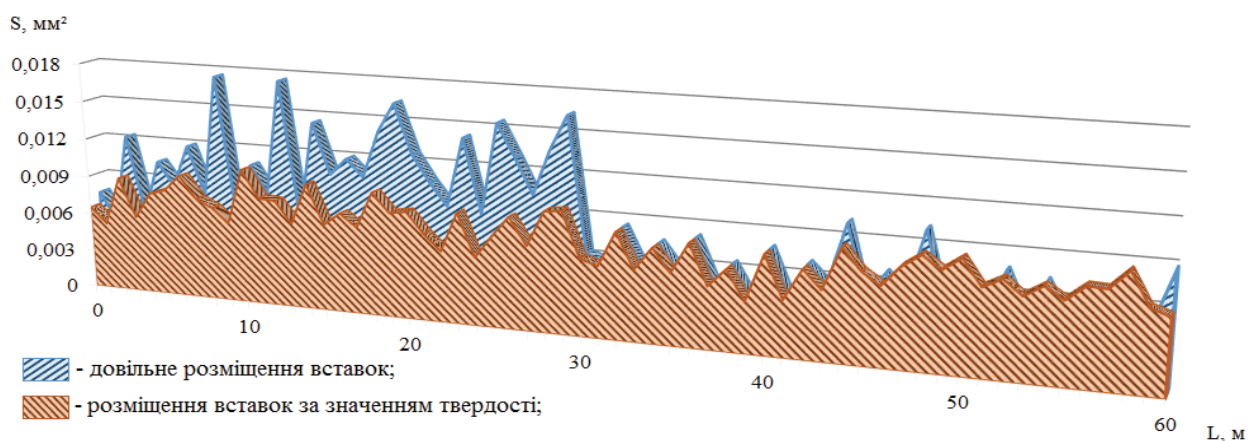


Рис. 4 Зношення контактного проводу МФ-100 по довжині прогону

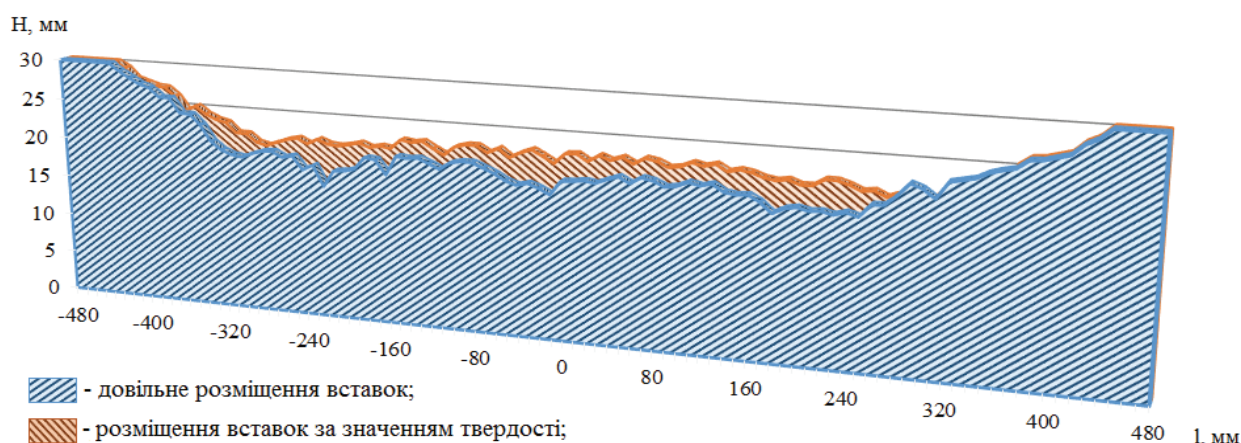


Рис. 5 Зношення вставок типу «А» по довжині полозу струмоприймача

Як можна побачити з графічного зображення результатів моделювання, запропонований метод ефективного розташування струмознімальних елементів дозволяє вирівняти по довжині прогону величину зносу контактного проводу та забезпечити рівномірніше зношення струмознімальних елементів. Аналіз отриманих числових значень показав, що за вказаних умов та спеціально розміщених струмознімальних елементах (див. рис. 3) застосування методу ефективного розташування струмознімальних елементів дозволить досягти збільшення ресурсу контактного проводу більше ніж на 9 %, що в перерахунку на кількість проходів струмоприймачів буде становити 10,9 тис. замість 10 тис, а ресурс струмознімальних елементів за рахунок такої операції може збільшитись на 6 %. Рівномірне зношення контактного проводу дозволить зменшити капітальні та експлуатаційні витрати на заміну і ремонт контактних проводів та полозів струмоприймачів.

Висновки

1. Обґрунтовано негативний вплив розкиду основних фізичних та електричних параметрів вугільних струмознімальних елементів на інтенсивність зношення пар тертя струмознімання в умовах експлуатації та виокремлені негативні наслідки, що впливають з цього.

2. Подані результати математичного моделювання зношення пар тертя в умовах, наближених до експлуатаційних і встановлено можливе збільшення ресурсу контактного проводу на 9 % та струмознімальних елементів на 6 % від застосування в експлуатації пристрою для визначення параметрів вугільних струмознімальних елементів, що разом з розробленим методом ефективного розташування струмознімальних елементів дозволить досягти рівномірного зношення контактного проводу по довжині прогону та струмознімальних елементів струмоприймачів по довжині полозу.

3. Застосування в експлуатації запропонованого технічного засобу дозволить збільшити продуктивність праці обслуговуючого персоналу шляхом усунення необхідності перебирання зношених струмознімальних вставок, для повторного використання та необхідності встановлення вставок контактного проводу в місцях підвищеної інтенсивності зношення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. Берент, *Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта*. М., Россия: Интекст, 2005, 408 с.
- [2] Ю. Купцов, *Беседы о токосъеме и его надежности, экономичности и о путях совершенствования*. М., Россия: Модерн, 2001, 256 с.
- [3] Р. Хольм, *Электрические контакты*. М., Россия: изд-во иностр. лит., 1961, 464 с.
- [4] Ю. Большаков, та А. Антонов, «Підвищення ресурсу вугільних струмознімальних вставок струмоприймачів швидкісного електрорухомого складу в умовах експлуатації», *Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. Нац. ун-ту залізн. трансп.*, № 5, с. 57-70, 2015.
- [5] Ю. Большаков, та А. Антонов, «Дослідження властивостей струмознімальних елементів та їх впливу на ефективність роботи трибосистеми «контактний провід–вугільна вставка», *Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. Нац. ун-ту залізн. трансп.*, № 6, с. 35-44, 2015.
- [6] А. Фрайфельд, и Г. Брод, *Проектирование контактной сети*. 3-е изд., перераб. и доп. М., Россия: Транспорт, 1991, 335 с.
- [7] S. Kubo, and H. Tsuchiya, «Wear properties of metal-impregnated carbon fiber-reinforced carbon composite sliding against a copper plate under an electric current», in *World Tribology Congress III*, 2005.
- [8] ГОСТ 32680-2014, «Токосъемные элементы контактные токоприемников электроподвижного состава. введ.», Москва: Стандартинформ, 2015, 14 с.
- [9] Ю. Большаков, та А. Антонов, «Діагностування вугільних струмознімальних вставок в умовах експлуатації», *Електрифікація транспорту*, № 9, с. 15-22, 2015.
- [10] В. Дьяков, А. Антонов, та С. Малинка, «Захист нейтральних вставок контактної мережі від перепалів», *Електрифікація транспорту*, № 12, с. 64-70, 2016.
- [11] Ю. Большаков, И. Гершман, и В. Сыченко, «К вопросу выбора рациональной формы профиля контактных вставок токоприемников электроподвижного состава», *Залізн. трансп. України*, № 3, с. 53-54, 2007.
- [12] М. Н. Самодурова, и Л. А. Барков. «Токосъемный элемент электрического транспортного средства» *Патент. Российская Федерация 2229395, МПК7 В60L5/08. № 2002135796/282002135795/26*; заявл. 25.10.2002; опубл. 27.05.2004, Бюл. № 15. 2 с.
- [13] С. М. Жуковин, Е. И. Власов. «Токосъемный элемент токоприемника электрического транспортного средства» *Патент. Российская Федерация 2168422, МПК7 В60L5/08. № 2229395*; заявл. 30.12.2002; опубл. 27.05.2004, Бюл. № 16,3 с.
- [14] А. В. Антонов «Пристрій для визначення параметрів вугільних струмознімальних елементів» *Патент. UA 114369, МПК: В60L 5/00. № u201608594* ; заявл. 05.08.2016; опубл. 10.03.2017, Бюл. № 5. 4 с.
- [15] А. В. Антонов «Пристрій для визначення коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування трибопар» *Патент UA 116437, МПК: В60L 5/00, G01N 3/56, G01N 19/02. – № u201610905* ; заявл. 25.05.2017; опубл. 25.05.2017, Бюл. № 10. 4 с.

Рекомендована до друку кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 12.01.2018

Антонов Андрій Владиславович — асистент, аспірант кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання», e-mail: a.v.antonov91@gmail.com .

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, Дніпро

A. V. Antonov¹

Technical Resource Increase of Current-Collecting Friction Pairs

¹Dnipropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazarian

The level of electrified railways reliability depends on the reliability and durability of the individual objects of power supply system and the locomotive facilities, in turn, the current collection quality depends on design of contact network and pantographs, contact wires materials, contact strips and external influencing factors.

Increasing velocity of the electric rolling stock exacerbates the problem of improving the current collection quality, becomes an actual task of increasing the resource friction pair "contact wire—contact strip" for mainline railways.

The most costly in the operation of the electrified railway transport are maintenance and repair of contact networks and pantographs. The costs magnitude depends on the catenary type, electric rolling stock, materials of the friction pair "contact wire—contact strip" and environment parameters. For today there is no consensus regarding the choice of the pantograph contact strips type for the specific operating conditions of the electric rolling stock. Therefore, the resource elements of the friction pair inefficiently are used. A solution to this problem would be to a forecasting method of friction pairs wear of the current collection. Which together with the device for determining the parameters of coal collector elements allows achieving

an increase technical resource of the contact wires and coal contact strips, reduce the capital and operating costs for their replacement and repair by reducing the negative impact of the basic physical and electrical parameters scatter of contact strips. It will also allow increasing the productivity of the maintenance staff by eliminating the need to reassembly worn-out contact strips, for repeated use and installation of inserts of a contact wire in places of its increased intensity of wear.

Keywords: resource, current collecting, contact strips, contact wire, current collector, electric transport.

Antonov Andrii V. — Assistant, Post-Graduate Student of the Chair of Intelligent Power Supply Systems, e-mail: a.v.antonov91@gmail.com

А. В. Антонов¹

Повышение технического ресурса пар трения токосъема

¹Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна

Предложен метод эффективного расположения токосъемных элементов токоприемника, который вместе с устройством для определения параметров угольных токосъемных элементов позволяет добиться повышения ресурса контактных проводов и угольных токосъемных вставок, уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты на их замену и ремонт путем уменьшения негативного влияния разброса основных физических и электрических параметров токосъемных элементов. Метод позволяет добиться повышения производительности труда обслуживающего персонала за счет устранения необходимости переборки изношенных токосъемных вставок для повторного использования и установки вставок контактного провода в местах его износа повышенной интенсивности.

Ключевые слова: ресурс, токосъем, токосъемных элемент, контактный провод, токоприемник, электрический транспорт.

Антонов Андрей Владиславович — ассистент, аспирант кафедры «Интеллектуальные системы электро-снабжения», e-mail: a.v.antonov91@gmail.com