

Ю. Л. БОЛЬШАКОВ (ТОВ «ГЛОРІЯ»), А. В. АНТОНОВ (ДНУЗТ)

ТОВ «Глорія», пр. Леніна, 108-а, Запоріжжя, Україна, 69004, тел. + 38 (0612) 34 80 45,  
ел. пошта [jurij.bolshakov@gmail.com](mailto:jurij.bolshakov@gmail.com), ORCID: [orcid.org/0000-0002-1513-2992](http://orcid.org/0000-0002-1513-2992)

Кафедра «Електропостачання залізниць», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010,  
тел. +38 (056) 373 15 25, ел. пошта [a.v.antonov91@gmail.com](mailto:a.v.antonov91@gmail.com), ORCID: [orcid.org/0000-0001-5701-6087](http://orcid.org/0000-0001-5701-6087)

## ДІАГНОСТУВАННЯ ВУГІЛЬНИХ СТРУМОЗНІМАЛЬНИХ ВСТАВОК В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

### Вступ

Головною задачею системи «контактна мережа – струмоприймач» є надійна передача електричної енергії від стаціонарних пристроїв тягового електропостачання до електрорухомого складу залізниць через ковзний контакт. В умовах підвищення швидкостей руху поїздів, особливо актуальною постає проблема підтримання в працездатному стані контактної мережі та струмоприймачів електрорухомого складу.

Забезпечення якісного струмознімання, в складних режимах експлуатації, пов'язане з контролем експлуатаційного стану елементів контактної мережі і струмоприймачів. При розгляді процесів, які протікають в області контакту, дуже часто нехтують впливом, що створюється одним із двох елементів контактної пари – вугільною вставкою. Її стан та процеси, що протікають в області контакту, безпосередньо впливають на міцнісні властивості проводу [1].

Вивчення механізмів руйнування вугільних струмознімальних вставок в умовах експлуатації, дозволить виявити причини пошкоджень контактної мережі. Струмознімальні елементи та контактний провід, в процесі експлуатації піддаються механічному, електричному та електромеханічному зношуванню. Механічний знос виникає в процесі тертя контактуючих поверхонь і залежить від контактної напруги [11 – 14], а електрична складова зносу з'являється при появі відривів.

Пошкодження поверхні вугільної вставки, призводить до збільшення густини струму в локальних місцях контакту і, як наслідок, до перегріву контактної мережі. В залежності від тривалості термічного впливу на контактний провід, можлива різна ступінь його локального знеміцнення. Знеміцнений шар міді буде піддаватись більш інтенсивному механічному зношуванню, таким чином, структурні зміни металу контактної мережі, викликані електричним зношуванням, підсилюють інтенсивність механічного зносу. В зв'язку з цим, про-

блема підвищення надійності контактної пари «струмознімальний елемент – контактний провід» відноситься до числа пріоритетних.

При виборі матеріалу струмознімальних елементів та контактних проводів, перш за все, виходять із міркувань доведення їх строку експлуатації до максимально можливого, при якомога менших витратах на обслуговування та ремонт. Такі вимоги до вибору матеріалу контактної пари являються досить жорсткими та суперечливими, через це, різні країни використовують ті чи інші матеріали для струмознімальних елементів.

Якщо для діагностування контактної мережі в експлуатації в останні роки повсюдно впроваджуються методи неруйнуючого контролю, то для вугільних вставок такі роботи виконувались епізодично [6, 7]. Реалізація заходів по підвищенню надійності роботи струмознімальних вставок можлива за рахунок створення високоефективних засобів їх діагностування, що дозволяють знизити витрати на забезпечення необхідного рівня надійності.

### Мета

Метою даної статті є визначення основних залежностей між діагностичними та структурними параметрами вугільних струмознімальних елементів струмоприймачів електрорухомого складу, а також розробити та обґрунтувати можливість застосування неруйнуючих методів діагностування вугільних струмознімальних вставок електрорухомого складу.

### Методика

На базі локомотивних депо, обслуговуючих електрорухомий склад змінного та постійного струму, проводились експлуатаційні дослідження вставок типу А та Б, які вже були в експлуатації та нових.

Для встановлення залежності виду пошкоджень та місць їх розташування на полозі струмоприймача, проводився огляд поверхні вставок в локомотивному депо Знам'янка, Київ-Пас. та

Дніпропетровськ-Пас. Оцінці піддавались усі вставки струмоприймачів локомотивів, але без урахування пробігу та струмового навантаження.

При аналізі характеру зносу вставок, були виявлені два різних види зносу їх поверхні. Перший та третій ряди вставок трирядного полозу мають сколи різної площі. Для першого ряду – сколи в основному розташовуються ближче до передньої (по відношенню до руху локомотива) частини вставки, а для третього – до задньої. Причина появи сколів на передній, набігаючій частині вставки першого ряду полягає в ударному впливі на це місце вставки контактного проводу [2]. Відколи на збігаючій частині вставки третього ряду в основному викликані іскровим і дуговим впливом (рис. 1). Вставки другого ряду мають найменше бічних сколів, поверхня на більшій частині вставок шліфувана проводом.



Рис. 1. Види зношування вставок полозів струмоприймачів: а) сколи вставок першого ряду; б, в) електро-дуговий вплив на вставки третього ряду; г) підпали підшви вставок

При дослідженні вставок, що були в експлуатації різний час, на їх поверхні поряд з ознаками зносу від тертя (різного характеру) виявлені локальні лунки з краями неправильної форми та діаметром від 1 до 12 мм. Причиною появи цього виду зносу можуть бути удари, які з'являються при русі та порушення контакту, що супроводжуються іскрінням та появою електричної дуги. Відомий досвід розробки вставок з трапецеїдальною формою профілю [8, 9]. Профіль вставки [8], виконаний з кутом нахилу  $30...60^\circ$  прямолінійної ділянки до основи, а профіль вставки [9] має криволінійну форму контактуючої поверхні, що описується віткою параболі. Такі профілі дозволяють знизити динамічні удари на бокову поверхню вставки, але не вирішують проблему аеродинамічних властивостей полоза струмоприймача в цілому.

Авторами [2], запропонована вставка з профілем випуклої форми, яка показала кращий результат під час дослідних випробувань, в порівнянні зі вставками з трапецеїдальним та стандартним профілем. Випукла форма профілю вставки, позитивно впливає на аеродинамічні властивості полозу струмоприймача, при цьому, вага полозу зменшується на  $6...11\%$ .

Окремо необхідно відзначити наявність на нижній частині цілого ряду вставок ерозійних лунок невеликої глибини і слідів оксидів заліза. Причиною появи ерозії в цьому місці являється поганий контакт вставки і корпусу полоза струмоприймача [3].

Як зазначалося, електродуговий вплив на вставку призводить не тільки до її власного руйнування, але й впливає на знеміцнення контактного проводу з можливою пластичною деформацією, що може викликати обрив останнього під дією робочого натягу [1].

Досягти зменшення електричного та механічного зносу вугільних вставок, можливо, розробивши та впровадивши систему діагностування вугільних вставок в експлуатації, що безпосередньо є ефективним та економічно-доцільним підходом при вирішенні вказаних вище проблем. Впровадження такої системи дозволить збільшити міжремонтний пробіг полозів струмоприймачів та збільшити строк служби вставок, контактного проводу.

Аналіз пошкоджуваності елементів та конструкцій об'єктів струмознімання електрифікованих залізниць, а також застосування різноманітних матеріалів в пристроях контактної мережі та струмоприймачах електрорухомого складу, способів виробництва та обробки, методів оцінки якості та придатності для конкретних випадків

практичного застосування – все це визначає нагальну необхідність в комплексному вивченні властивостей матеріалів та виробів і їх поведінку при різноманітних навантаженнях, близьких до умов експлуатації. У відповідності до існуючих вимог, під час виробництва та вхідного контролю, частина вставок з кожної нової партії проходить нормовані дослідження [3], які, за умови комплексного аналізу, можуть дати уявлення про якість кожного конкретного розглядуваного зразка. Але застосування подібних методів для вхідного контролю в депо різко обмежена, внаслідок вимогливості їх до точного і, відповідно, дорогого вимірювального обладнання. Також, як недолік, можна відзначити значний час, необхідний для проведення всіх досліджень зазначеними методами.

Відповідно до цього, постає важливе питання вибору та застосування економічно-доцільного методу неруйнуючого контролю, як нових, так і експлуатованих струмозмінальних елементів.

У відповідності до загальноприйнятої класифікації, всі методи неруйнівного контролю поділяють на дев'ять різних видів: магнітний, електричний, вихреструмний, радіохвильовий, тепловий, оптичний, радіаційний, акустичний та проникаючими речовинами.

В практиці експлуатації використовується метод непрямих вимірів, відповідно до якого, обирається вихідний параметр, який є найзручнішим для виміру та зв'язаний певною залежністю з необхідним структурним параметром. Знаючи взаємозв'язок вихідного та структурного параметрів, можна визначити технічний стан об'єкту. Вихідні параметри, що використовуються для оцінки технічного стану об'єкту, прийнято називати діагностичними. При проведенні оцінки технічного стану об'єктів може використовуватись велика кількість діагностичних параметрів, їх можна прокласифікувати наступним чином, приведеним на рис. 2.



Рис. 2. Класифікація діагностичних параметрів

Зв'язок між структурними та діагностичними параметрами може бути як однофакторним, так і багатфакторним. Останній представляє собою зміну одного чи декількох діагностичних параметрів, що відповідають зміні одного чи декількох структурних параметрів.

Найбільш часто використовуваними неруйнуючими методами контролю внутрішньої структури матеріалу є: рентгенографія і ультразвукові дослідження [3]. Ці методи частково перекривають області застосування один одного і частково розширюють їх.

Відомий досвід використання ультразвукових методів дослідження для визначення стану струмозмінальних елементів та експлуатаційного контролю за ними [7]. Зв'язок між власти-

востями матеріалу вставки та характером акустичного сигналу був встановлений експериментальним шляхом, на основі чого розроблена методика відбраковування та сортування вставок за якістю виготовлення методом ультразвукового зондування, блок-схема методики приводиться нижче (рис. 3).

Для адекватності методу, він був додатково проконтрольований вимірами електропровідності вставок.

Значна складність при роботі з пристроями ультразвукового контролю, висока вартість та низькі показники надійності результатів вимірювання унеможливають використання подібних систем для контролю якості виготовлення вугільних вставок в умовах депо [3].

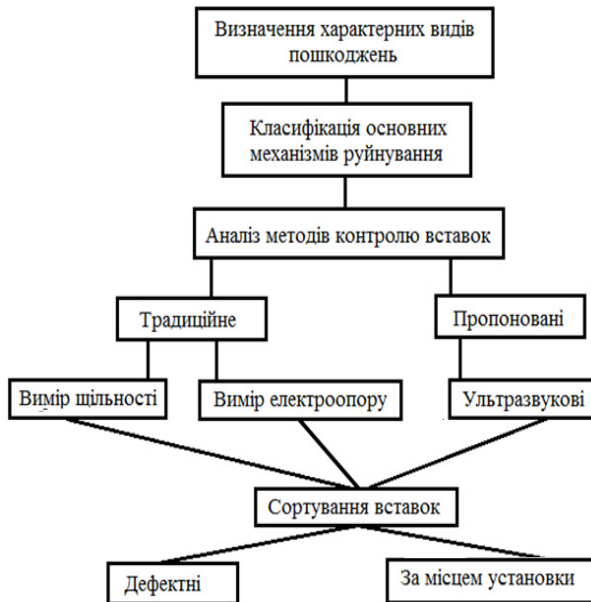


Рис. 3. Блок-схема методики дослідження вугільних вставок

Метод вихрових струмів, поряд з ультразвуковими і рентгеноскопічними дослідженнями, є одним з основних неруйнівних методів контролю та діагностики дефектів в різних матеріалах і виробках. Інформативним параметром в цьому методі є напруга у вимірювальній обмотці первинного датчика-перетворювача. Її величина залежить від складу і структури матеріалу, виду і параметрів дефектів його будови, частоти змінного електромагнітного поля, що збуджує вихрові струми, а також від технологічних факторів – конструкції і параметрів датчика, величини зазору між датчиком і поверхнею матеріалу. В силу цього, залежно від конкретних умов діагностування та контролю доводиться змінювати конструкцію і технологічні характеристики датчика. Такі зміни покликані забезпечити високу чутливість виявлення тих чи інших видів дефектів в конкретному матеріалі.

В силу складності обслуговування та роботи з системою, її вартістю, метод вихреструмовеого контролю являється недоцільним для вирішення поставлених цілей діагностування вугільних вставок. Найбільш ефективним є використання стенду для виміру питомого електричного опору вугільних струмознімальних вставок методом амперметра-мілівольтметра, розробленого на мікропроцесорній базі, який дозволить оцінити величину питомого електричного опору струмознімальних вставок, їх загальний фізичний стан, а також відсортувати за місцем встановлення. Визначення питомого електричного опору на струмознімальній частині вставки проводиться у відповідності до ГОСТ – 23776-79. Потенціальні проводи мають загострені

штирі на кінцях довжиною 30 мм, а відстань між ними становить 150 мм, розташовуються на рівній відстані від торців вугільної вставки. Струмові затискачі фіксують вставку з обох сторін, стэнд розрахований на струм до 30 А, а його структурна схема приводиться на рис. 4.

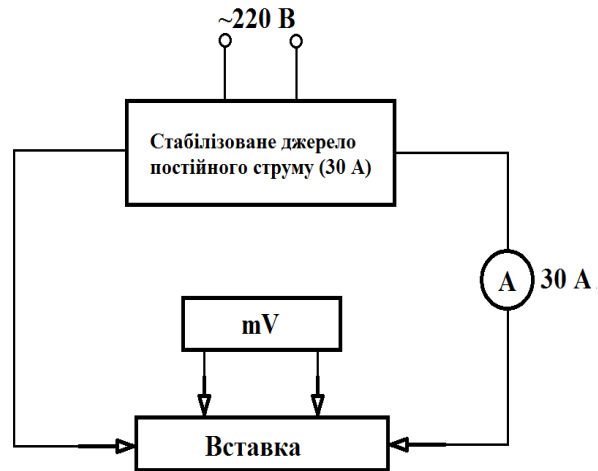


Рис. 4. Структурна схема стенду для діагностування вставок

Сутність методу виміру питомого електричного опору вугільних вставок полягає в пропусканні через них постійного стабілізованого струму, з вимірюванням падіння напруги на контактній поверхні вставки, площа поперечного перерізу якої відома, за формулою, що витікає з закону Ома:

$$\rho = \frac{\Delta U \cdot S}{I \cdot l} \quad (1)$$

де  $\Delta U$  – падіння напруги між штирями, розміщеними на відстані  $l$  один від одного, мВ;  $l$  – відстань між штирями потенціальних проводів, мм;  $S$  – площа поперечного перерізу вставки, мм<sup>2</sup>;  $I$  – струм підведений до торців вставок, А.

У відповідності до теорії технічної діагностики, для якісної оцінки технічного стану об'єкту, необхідно знати початкове та гранично-допустиме значення діагностичного параметру – питомого електричного опору вугільної вставки, максимально допустиме значення якого нормується діючим нормативним документом [4] і становить 30 мкОм·м.

На теренах України та країн СНД вставки типу А та Б виготовляються з питомим електричним опором не більшим 30 та 15 мкОм·м відповідно (розрахункове значення для яких приймається 28,5 та 13,5 мкОм·м). Не зважаючи на це, питомий електричний опір вугільних вставок з однієї партії може кардинально відрізнитися.

В ході проведення експлуатаційних досліджень на базі локомотивних депо, зібрано статистичні дані про пошкодження полозів струмоприймачів, проведені дослідження вугільних вставок та встановлено, що значна частина пошкоджень тісно пов'язана з якістю вставок [3].

На стенді для визначення питомого електричного опору вугільних вставок було проведено дослідження нових та експлуатованих вугільних вставок типу А, отримані залежності приведені на рис. 5 та 6. Рівняння регресії для трьох наборів значень деяких вугільних вставок отримані і приведені на рис.5, вони являються адекватними та можуть з 95 % вірогідністю передбачати експериментальні результати. Значення коефіцієнтів детермінації для трьох побудованих кривих показують наявність позитивної кореляційної залежності між діагностичними та структурними параметрами і, відповідно, це вказує на ефективність моделі процесу.

$\rho$ , мкОм·м

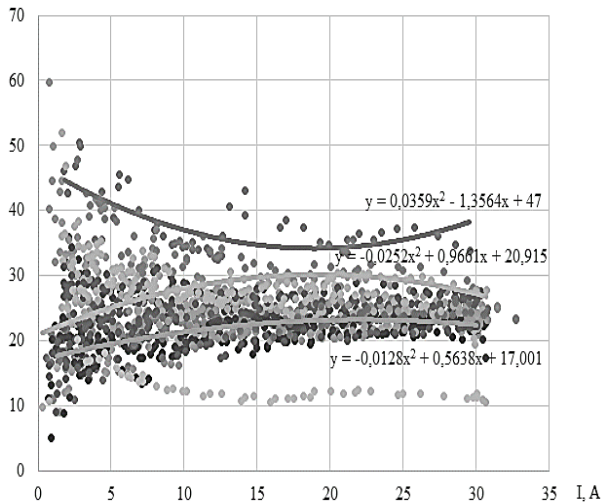


Рис. 5. Розкид значень питомого електричного опору бувших в експлуатації вугільних вставок

Для кожної окремої вставки визначався поперечний переріз із урахуванням його складної форми.

На рис. 7 приведена залежність температури нових вугільних струмознімальних вставок від величини струму. Для її визначення, в вугільну вставку на глибину 15 мм був поміщений датчик температури, витримка часу між контрольними точками складала 10 хв. Паралельно проводився вимір параметрів для розрахунку значення питомого електричного опору.

$\Delta U$ , мВ

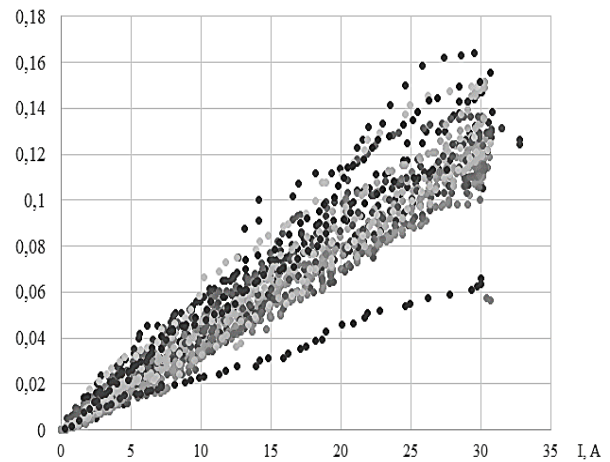


Рис. 6. Розкид значень падіння напруги на бувших в експлуатації вугільних вставках

В результаті дослідження встановлено, що питомий електричний опір вугільної вставки не змінюється при збільшенні температури, що узгоджується з відомим твердженням про високу термічну стійкість та низький коефіцієнт температурного розширення вугільних матеріалів, який є від'ємним до температури 700 К.

$T$ , °C

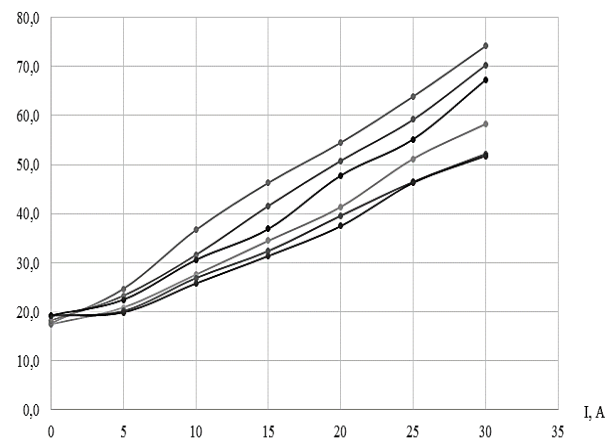


Рис. 7. Залежність температури вугільної вставки від величини струму, що протікає через неї

Зіставивши результати проведених стендових досліджень з результатами отриманими під час оцінки полозів струмоприймачів в локомотивних депо розроблені рекомендації про необхідність розділення струмознімальних елементів по групам за питомим електричним опором та використання спеціальної схеми монтажу вставок при експлуатації полозу.

Відомо, що існує залежність твердості та питомого електричного опору вставок [5], яка полягає в наступному: чим більша твердість вугільних струмознімальних елементів, тим нижча їх електропровідність (більше значення питомого електричного опору) – відповідно

більше значення електричної складової зносу та менше механічної.

У відповідності до приведеного вище, пропонується встановлювати вставки з більшим питомим електричним опором на перший ряд полозу струмоприймача, а з меншим на останній. Це дозволить зменшити кількість сколів на набігаючій частині вставок першого ряду та зменшити вплив від появи електричної дуги на вставках третього ряду.

Для підтвердження адекватності запропонованої пропозиції необхідно провести додаткові випробування для комплекту вугільних вставок типу А та Б на твердість струмознімальної частини та випробування екіпрованого полозу на кільцевому стенді лабораторії струмознімання.

### Наукова новизна та практична значимість

На основі отриманих результатів експлуатаційних досліджень полозів струмоприймачів електрорухомого складу в умовах локомотивних депо постійного та змінного струму, встановлені місця та причини появи пошкоджень вугільних струмознімальних вставок, в залежності від місця розташування на полозі струмоприймача. В ході стендових досліджень встановлені залежності між діагностичними та структурними параметрами вугільних струмознімальних вставок. Керуючись отриманими результатами в експлуатаційних та лабораторних умовах запропонована схема розміщення вугільних струмознімальних елементів на полозах струмоприймачів.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Берент, В. Я. Исследование прочностных и структурных изменений эксплуатируемых контактных проводов / В. Я. Берент, А. А. Порцелан // Труды ЦНИИ МПС. – М., 1968. – Вып. 337. – С. 69 – 76.
2. Большаков, Ю.Л. К вопросу выбора рациональной формы профиля контактных вставок токоприемников электроподвижного состава / Ю.Л. Большаков, И.С. Гершман, В. Г. Сыченко // Заліз. трансп. України. – 2007. – № 3. – С. 53 – 54.
3. Большаков, Ю. Л. Підвищення ресурсу вугільних струмознімальних вставок струмоприймачів швидкісного електрорухомого складу в умовах експлуатації / Ю. Л. Большаков, А. В. Антонов // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. Нац. ун-ту заліз. трансп. – 2015. – № 4. – С.
4. ГОСТ 32680 – 2014 Токосъемные элементы контактные токоприемников электроподвижного состава. – М. Изд-во Стандартиформ, 2015. – 14 с.
5. Купцов, Ю. Е. Беседы о токосъеме и его надежности, экономичности и о путях совершенствования / Ю. Е. Купцов. – М: «Модерн – А», 2001. – 256 с.

Застосування в експлуатації високоефективних засобів діагностування вугільних вставок електрорухомого складу та використання запропонованої схеми розподілення вугільних струмознімальних елементів на полозі струмоприймача в процесі його екіпировки, яка розроблена базуючись на отриманих результатах експлуатаційних та стендових досліджень вугільних вставок, дозволить зменшити електричну та механічну складову зносу контактного проводу та вугільних вставок і тим самим підвищити ефективність їх використання.

### Висновки

1. Досягти найбільшої економічності струмознімання, при забезпеченні необхідного рівня надійності, можливо, при досягненні особливо високої довговічності контактного проводу та при забезпеченні необхідної довговічності вугільних вставок.
2. Встановлений характер пошкодження вугільних струмознімальних вставок в залежності від місця їх встановлення на полозі струмоприймача, встановлені залежності між діагностичними та структурними параметрами струмознімальних елементів.
3. Використання в експлуатації високоефективних засобів для діагностування вугільних струмознімальних вставок електрорухомого складу дозволить підвищити ефективність їх використання, зменшити вплив електричної та механічної складової зносу.

### REFERENCES

1. Berent, V. Ya. Issledovanie prochnostnykh i strukturnykh izmenenii ekspluatiruemykh kontaktnykh provodov / V. Ya. Berent, A. A. Portselan // Trudy TsNII MPS. – M., 1968. – Вып. 337. – С. 69 – 76.
2. Bolshakov, Yu.L. K voprosu vybora ratsionalnoy formy profilya kontaktnykh vstavok tokopriemnikov elektropodvizhnogo sostava / Yu.L. Bolshakov, I.S. Gershman, V. G. Sychenko // Zalizn. transp. Ukraini. – 2007. – № 3. – С. 53 – 54.
3. Bolshakov, Yu. L. Pidvyshchennia resursu vuhilnykh strumoznimalnykh vstavok strumopryimachiv shvydkisnoho elektrorukhomoho skladu v umovakh ekspluatatsii / Yu. L. Bolsha-kov, A. V. Antonov // Nauka ta prohres transp. Visn. Dnipropetr. Nats. un-tu zalizn. tra-nsp. – 2015. – № 5. – С.
4. GOST 32680 – 2014 Tokosemnye elementy kontaktnye tokopriemnikov elektropodvizhnogo sostava. – M. Izd-vo Standartinform, 2015. – 14 s.
5. Kuptsov, Yu. Ye. Besedy o tokoseme i ego nadezhnosti, ekonomichnosti i o putyakh sovershenstvovaniya / Yu. Ye. Kuptsov. – M: «Modern – A», 2001. – 256 s.

6. Ли, В. Н. О механизмах разрушения угольных вставок токоприемников / В. Н. Ли, С. Н. Химухин // Мир Транспорта. – 2005. – № 3. – С. 80 – 82.
7. Ли, В. Н. Разработка методов контроля угольных вставок токоприемников / В. Н. Ли, П. В. Костюк, С. Н. Химухин // Контроль. Диагностика. 2006 г. – № 6 (96) – С. 20 – 23.
8. Пат. 2229395 Российская Федерация, МПК7 B60L5/08. Токосъемный элемент электрического транспортного средства / М.Н. Самодурова, Л.А. Барков. – № 2002135796/282002135795/26; заявл. 25.10.2002; опубл. 27.05.2004, Бюл. № 15 - 2 с.
9. Пат. 2168422 Российская Федерация, МПК7 B60L5/08. Токосъемный элемент токоприемника электрического транспортного средства / С.М. Жуковин, Е.И. Власов. – № 2229395; заявл. 30.12.2002; опубл. 27.05.2004, Бюл. № 16. - 3 с.
10. Поляков, В. В. Моделирование пластической деформации и разрушения пористых материалов / В. В. Поляков, А. В. Егоров, А.А. Лепендин // Письма в Журнал технической физики. – 2005. – Т. 31. – Вып. 4. – С. 17 – 22.
11. Яндович, В.Н. Сравнительный анализ контактных подвесок в странах Евросоюза и Украины: организация належного токосяема / В.Н. Яндович, В.Г. Сыченко, А.В. Антонов // Електрифікація транспорту. - 2014. - №7. - С. 67-77.
12. Auditeau, G. Carbon of high destiny for current collection / G. Auditeau // Revue Generale des Chemins de Fer. – 2010. – № 200. – P. 9–19.
13. Auditeau, G. Wearout current collection contact / G. Auditeau // Elektrische Bahnen. – 2013. – № 3. – P. 186–194.
14. Lee, J. H. Development and Verification of a Dynamic Analysis Model for the Current-Collection Performance of High-Speed Trains Using the Absolute Nodal Coordinate Formulation / J. H. Lee, T. W. Park // Trans. Of the KSME. 2012. – № 36(3), P. 339-346.
6. Li, V. N. O mekhanizmaxh razrusheniya ugolnykh vstavok tokopriemnikov / V. N. Li, S. N. Khimukhin // Mir Transporta. – 2005. – № 3. – S. 80 – 82.
7. Li, V. N. Razrabotka metodov kontrolya ugolnykh vstavok tokopriemnikov / V. N. Li, P. V. Kostyuk, S. N. Khimukhin // Kontrol. Diagnostika. 2006 g. – № 6 (96) – S. 20 – 23.
8. Pat. 2229395 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 B60L5/08. Tokosemnyy element elektri-cheskogo transportnogo sredstva / M.N. Samodurova, L.A. Bar-kov. – № 2002135796/282002135795/26; zayavl. 25.10.2002; opubl. 27.05.2004, Byul. № 15 - 2 s.
9. Pat. 2168422 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 B60L5/08. Tokosemnyy element tokopri-emnika el-ektricheskogo transportnogo sredstva / S.M. Zhukovin, Ye.I. Vlasov. – № 2229395; zayavl. 30.12.2002; opubl. 27.05.2004, Byul. № 16. - 3 s.
10. Polyakov, V. V. Modelirovanie plasticheskoy de-formatsii i razrusheniya poristykh ma-terialov / V. V. Polyakov, A. V. Yegorov, A.A. Lependin // Pisma v Zhurnal tekhnicheskoy fiziki. – 2005. – T. 31. – Vyp. 4. – S. 17 – 22.
11. Yandovich, V.N. Sravnitelnyy analiz kontaktnykh podvesok v stranakh Yevrosoyuza i Uk-rainy: organizatsiya nalezhnogo tokosema / V.N. Yandovich, V.G. Sychenko, A.V. Antonov // Yelektrifikatsiya transportu. - 2014. - №7. - S. 67-77.
12. Auditeau, G. Carbon of high destiny for current collection / G. Auditeau // Revue Generale des Chemins de Fer. – 2010. – № 200. – P. 9–19.
13. Auditeau, G. Wearout current collection contact / G. Auditeau // Elektrische Bahnen. – 2013. – № 3. – P. 186–194.
14. Lee, J. H. Development and Verification of a Dynamic Analysis Model for the Current-Collection Performance of High-Speed Trains Using the Absolute Nodal Coordinate Formulation / J. H. Lee, T. W. Park // Trans. Of the KSME. 2012. – № 36(3), P. 339-346.

Надійшла до друку 10.06.2015.

Внутрішній рецензент *Гетьман Г. К.*

Зовнішній рецензент *Сасенко Ю. Л.*

Метою статті є визначення основних залежностей між діагностичними та структурними параметрами вугільних струмоznімальних елементів струмоприймачів електрорухомого складу, а також розробка та обґрунтування можливості застосування неруйнуючих методів діагностування вугільних струмоznімальних вставок електрорухомого складу.

Методика статті ґрунтується на використанні положень теорії діагностики, статистики, положень теорії надійності технічних систем та електромеханічних процесів.

В роботі досліджена проблема взаємодії контактної підвіски зі струмоприймачем електрорухомого складу залізниць, розглянуті існуючі методи неруйнуючого контролю, виділені їх переваги та недоліки, визначені найбільш ефективні та відповідні поставленій задачі методи діагностування вугільних струмоznімальних елементів електрорухомого складу. Проведені експлуатаційні дослідження вугільних струмоznімальних елементів на базі локомотивних депо постійного та змінного струму, встановлений характер їх пошкодження в залежності від місця встановлення. На стенді для діагностування вугільних струмоznімальних елементів проведені дослідження їх стану та встановлені залежності між діагностичними та структурними параметрами.

На основі отриманих результатів експлуатаційних досліджень полозів струмоприймачів електрорухомого складу в умовах локомотивних депо постійного та змінного струму, встановлені місця та причини появи пошкоджень вугільних струмоznімальних вставок, в залежності від місця розташування на полозі струмоприймача. В ході стендових досліджень встановлені залежності між діагностичними та структурними параметрами вугільних струмоznімальних вставок. Керуючись отриманими результатами в експлуатаційних та лабораторних умовах запропонована схема розміщення вугільних струмоznімальних елементів на полозах струмоприймачів.

Застосування в експлуатації високоефективних засобів діагностування вугільних вставок електрорухомого складу та використання запропонованої схеми розподілення вугільних струмознімальних елементів на полозі струмоприймача в процесі його екіпіровки, яка розроблена базуючись на отриманих результатах експлуатаційних та стендових досліджень вугільних вставок, дозволить зменшити електричну та механічну складову зносу контактного проводу та вугільних вставок і тим самим підвищити ефективність їх використання.

**Ключові слова:** струмознімальні елементи; вставки; графіт; зносостійкість; ресурс; технічне діагностування; полоз струмоприймач.

УДК 629.423.33 : 621.336.2

Ю. Л. БОЛЬШАКОВ (ООО «ГЛОРИЯ»), А. В. АНТОНОВ (ДНУЖТ)

ООО «Глория», пр. Ленина, 108-а, Запорожье, Украина, 69004, тел. +38(0612)34-80-45, эл. почта: [jurij.bolshakov@gmail.com](mailto:jurij.bolshakov@gmail.com), ORCID: [orcid.org/0000-0002-1513-2992](http://orcid.org/0000-0002-1513-2992)

Кафедра «Электроснабжение железных дорог», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел.: +38(056)373-15-25, эл. почта: [a.v.antonov91@gmail.com](mailto:a.v.antonov91@gmail.com), ORCID: [orcid.org/0000-0001-5701-6087](http://orcid.org/0000-0001-5701-6087)

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ УГОЛЬНЫХ ТОКОСЪЕМНЫХ ВСТАВОК В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Целью статьи является определение основных зависимостей между диагностическими и структурными параметрами угольных токосъемных элементов токоприемников электроподвижного состава, а также разработка и обоснование возможности применения неразрушающих методов диагностики угольных токосъемных вставок электроподвижного состава.

Методика статьи основывается на использовании положений теории диагностики, статистики, положений теории надежности технических систем и электромеханических процессов.

В работе исследована проблема взаимодействия контактной подвески с токоприемником электроподвижного состава железных дорог, рассмотрены существующие методы неразрушающего контроля, выделены их преимущества и недостатки, определены наиболее эффективные и соответствующие поставленной задаче методы диагностирования угольных токосъемных элементов электроподвижного состава. Проведенные эксплуатационные исследования угольных токосъемных элементов на базе локомотивных депо постоянного и переменного тока, установлен характер их повреждения в зависимости от места установки. На стенде для диагностирования угольных токосъемных элементов проведены исследования их состояния и установлены зависимости между диагностическими и структурными параметрами.

На основе полученных результатов эксплуатационных исследований полозов токоприемников электроподвижного состава в условиях локомотивных депо постоянного и переменного тока, установленные места и причины появления повреждений угольных токосъемных вставок, в зависимости от местоположения на полозе токоприемника. В ходе стендовых исследований установлены зависимости между диагностическими и структурными параметрами угольных токосъемных вставок. Руководствуясь полученными результатами в эксплуатационных и лабораторных условиях, предложенная схема размещения угольных токосъемных элементов на полозах токоприемников.

Применение в эксплуатации высокоэффективных средств диагностирования угольных вставок электроподвижного состава и использования предложенной схемы распределения угольных токосъемных элементов на полозе токоприемника в процессе его экипировки, которая разработана основываясь на полученных результатах эксплуатационных и стендовых исследований угольных вставок, позволит уменьшить электрическую и механическую составляющую износа контактного проводу и угольных вставок и тем самым повысить эффективность их использования.

**Ключевые слова:** токосъемные элементы; вставки; графит; износостойкость; ресурс; техническое диагностирование; токоприемник

Внутренний рецензент *Гетьман Г. К.*

Внешний рецензент *Саенко Ю. Л.*



UDC 629.423.33 : 621.336.2

Y. L. BOLSHAKOV (GLORIYA LLC), A. V. ANTONOV (DNURT)

GLORIYA LLC, Lenin Av., 108-a, Zaporizhzhia, Ukraine, 69004, tel.: +38 (0612)34-80-45,  
e-mail: [jurij.bolshakov@gmail.com](mailto:jurij.bolshakov@gmail.com), ORCID: [orcid.org/0000-0002-1513-2992](https://orcid.org/0000-0002-1513-2992)

Department «Power Supply of Railways», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after  
Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel.: +38(056)373-15-25,  
e-mail: [a.v.antonov91@gmail.com](mailto:a.v.antonov91@gmail.com), ORCID: [orcid.org/0000-0001-5701-6087](https://orcid.org/0000-0001-5701-6087)

## DIAGNOSTIC OF CURRENT COLLECTOR ELEMENTS IN EXPLOITATION

The aim of the article is to define the relationships between the major diagnostic and structural parameters of coal-fired current collector pantographs of electric rolling elements, and the development and study the possibility of using non-invasive methods of diagnosis coal inserts current collecting electric rolling stock.

Methodology of article based on the use the theory of diagnostics, statistics, the theory of reliability of technical systems and electromechanical processes.

We have studied problem of interaction with the overhead catenary pantograph electric rolling stock of railways, discussed the existing methods of nondestructive testing, highlight them advantages and disadvantages, identified the most effective methods of diagnosing current collecting elements of electric rolling stock. Carried out operational research based on the current collecting elements of locomotive depot of AC and DC, established the character of damage depending on the installation location. On the stand for diagnosing carbon current collecting elements investigated their condition and established dependencies between diagnostic and structural parameters.

Based on the results operational research pantographs of electric rolling stock in a locomotive depot AC and DC, established the place and cause of the damage to carbon inserts current collector, depending on the location on pantograph. The studies established dependence between diagnostic and structural parameters of carbon current collector inserts. Being guided by the results obtained in the laboratory and operational conditions, the proposed the scheme of distribution the elements carbon current collector pantographs.

The use in operation highly effective means of diagnosing carbon inserts electric rolling stock and the use of the proposed scheme of distribution of elements on the current collector carbon pantograph in the process of equipment, which is developed based on the results research carbon inserts would reduce electrical and mechanical constituent wear and tear of contact wires and carbon inserts and thereby increase the effectiveness of their use.

**Keywords:** current collector elements; inserts; graphite; wear resistance; resources; technical diagnostics; pantograph.

Internal reviewer *Getman G. K.*

External reviewer *Saenko Yu. L.*