

А.М. Муха, д-р. тех. наук., Д.В. Устименко, канд. техн. наук, О.Ю. Балійчук, канд. техн. наук, О.Я. Куриленко

(Україна, Дніпро, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна)

ПОРІВНЯННЯ ТЕПЛОВИХ ПОКАЗНИКІВ СИЛЬНОСТРУМОВИХ КОВЗНИХ КОНТАКТІВ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ, ЯК КРИТЕРІЙ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Анотація. Показано, що на підставі результатів стендових випробувань сильнострумових ковзних контактів електрорухомого складу залізниць постає можливість визначення типів накладок, які забезпечують відносно низькі втрати потужності у системі "Контактний провід-накладка струмоприймача". Проведені тепловізійні дослідження системи контактний провід-накладка струмоприймача, при встановленні різних типів накладок, але однакових початкових умовах - струм навантаження, швидкість ковзання та сила притискання, дозволяють кількісно оцінити енергоефективність ковзного контакту та визначити тип накладок, який забезпечує мінімальні втрати енергії. Крім того, отримані результати, дозволяють наочно підтвердити ефективність та необхідність проведення стендових випробувань, як обов'язкового елементу процесу прийняття рішення, щодо впровадження накладок в експлуатацію.

Ключові слова: стендові випробування, тепловізійні дослідження, ковзний контакт, контактний провід, накладка струмоприймача, перегрів.

Аннотация. Показано, что на основании результатов стендовых испытаний сильнотоковых скользящих контактов электроподвижного состава железных дорог возникает возможность определения типов накладок, которые обеспечивают относительно низкие потери мощности в системе "Контактный провод-накладка токоприемника". Проведенные тепловизионные исследования системы контактний провод-накладка токоприемника, при установке различных типов накладок, но одинаковых начальных условиях - ток нагрузки, скорость скольжения и сила прижима, позволяют количественно оценить энергоэффективность скользящего контакта и определить тип накладок, который обеспечивает минимальные потери энергии. Кроме того, полученные результаты позволяют наглядно подтвердить эффективность и необходимость проведения стендовых испытаний, как обязательного элемента процесса принятия решения, по внедрению накладок в эксплуатацию.

Ключевые слова: стендовые испытания, тепловизионные исследования, скользящий контакт, контактный провод, накладка токоприемника, перегрев.

Abstract. It is shown that, based on the results of bench tests of high-current sliding contacts of electric rolling stock of railways, it is possible to determine the types of linings that provide relatively low power losses in the system "Contact wire-pad of current collector". Thermal imaging studies of the contact wire-lining system of the current collector, when installing various types of lining, but the same initial conditions - load current, slip speed and pressing force, allow us to quantify the energy efficiency of the sliding contact and determine the type of lining that provides minimal energy loss. In addition, the results obtained make it possible to visually confirm the effectiveness and necessity of carrying out bench tests, as an obligatory element of the decision-making process, for the introduction of overlays into operation.

Keywords: bench tests, thermal imaging studies, sliding contact, contact wire, current collector pad, overheating.

Вступ

Безумовно, будь-який електричний контакт, особливо ковзні електричні контакти, визначають показники надійної роботи електроенергетичної, електромеханічної або електротехнічної системи у цілому. Для електрорухомого складу залізниць, на сучасному етапі його розвитку, постає задача збільшення швидкості руху, що вимагає відповідного збільшення і потужності, що споживається з контактної мережі. Але зі збільшенням струмового навантаження контакту та швидкості ковзання струмоприймаючої накладки по контактному проводу, як відомо, різко погіршуються умови струмознімання, значно збільшуються комутаційні втрати електричної енергії, внаслідок нестабільно значення перехідного опору системи. Вирішити проблему стабільності контактному перехідного опору можливо за рахунок збільшення сили притискання струмоприймача до контактного проводу, збільшення площі притискання у контакті та інші засоби, але всі вони лімітуються властивостями матеріалу накладок струмоприймача. Кожен з типів

накладок струмоприймачів виготовляється за своєю, як правило унікальною технологією, що надає накладкам особливих якостей, відповідних переваг та недоліків, тому єдиним економічно обґрунтованим шляхом визначення раціонального типу накладок, залишаються порівняльні стендові випробування, які дозволять рекомендувати до подальших експлуатаційних випробувань ті типи накладок, які відповідають чинним вимогам, зокрема ГОСТ 32680-2014 "Токоъемные элементы контактные токоприемников электроподвижного состава. Общие технические условия" [1].

Аналіз існуючих досягнень та публікацій

Проблематикою ковзного контакту в системах електричної тяги присвячено значна кількість робіт, серед яких "класичні труди", які присвячені як правило дослідженню графітних, вуглецевих накладок [2-6], так і більш сучасних матеріалів [7-9], серед яких окремим класом виділяємо композитні матеріали, наприклад "Романіт-УВЛШ" [10, 11]. Більшість представлених досліджень пов'язані з трибологічними аспектами ковзного контакту, та їх покращенню за рахунок домішок до вихідних матеріалів, технології виготовлення та інших факторів, які більше відносяться до питань фізико-хімічних властивостей речовин та технології їх виготовлення. Автори "класичних" праць приділяли увагу питанню розсіювання теплової енергії у місці контакту, але це призводило до створенню великої кількості моделей, які базувались на масивах значної кількості величин, які мали імовірнісний характер. На сучасному етапі розвитку безконтактних технологій контролю теплових процесів, зокрема за допомогою тепловізорів, з'явилась можливість впровадження створення узагальнених критеріїв, які базуються саме на реальних експериментальних значеннях. Однією з таких величин, є температура у місці ковзного контакту, яку пов'язують, як правило, зі значенням контактного перехідного опору, але значення ці залежить від сили натиснення у місці контакту, швидкості ковзання і безпосередньо від значення сили струму, тобто це є нелінійна, імовірнісна величина. Виходячи з вище представленого доцільним є проводити стендові випробування накладок струмоприймачів з різних матеріалів, в однакових початкових умовах, та на підставі отриманих значень температурних та інших нормативних показників рекомендувати, чи не рекомендувати проводити експлуатаційні випробування накладок струмоприймачів у реальних умовах на електрорухомому складі.

Мета досліджень

Метою досліджень є аналіз порівняльних результатів, щодо значень температури у місці ковзного контакту, під час проведення стендових випробувань накладок струмоприймачів різних типів, з подальшим визначення накладок, які б забезпечували найменші втрати потужності, під час передачі електричної енергії до споживача, тобто характеризуються найкращими показниками енергоефективності.

Основна частина

Стендові випробування проводилися на базі галузевої науково-дослідної лабораторії "Надійність та уніфікація електрообладнання рухомого складу" Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна з використанням спеціалізованого стенду з дослідження зносу контактного проводу (рис.1). Початкові умови: струм ковзного контакту 300 А, сила притискання накладки 40 ± 8 Н, кількість проходів 10 тис., час випробувань 50 хв.

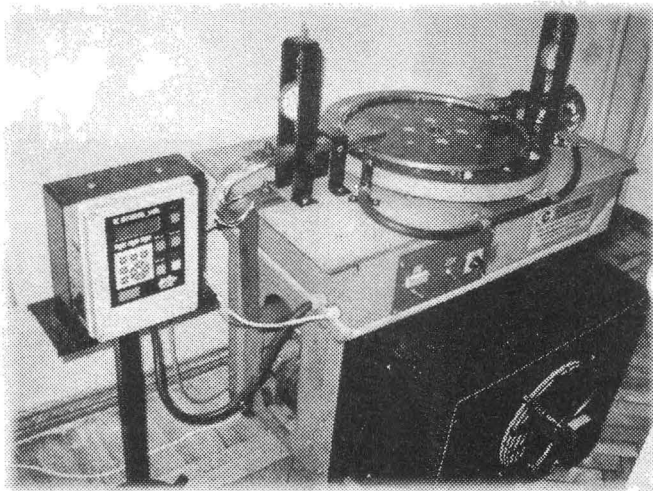


Рис. 1. Загальний вигляд стенду з дослідження зносу контактного проводу.

Для визначення рівня теплових втрат у зоні ковзного контакту під час випробувань було застосовано безконтактний метод з використання тепловізора "Testo 875" (рис.2). Отримані під час досліджень різних типів накладок теплограми (рис. 3...12) у подальшому аналізувались за допомогою відповідного програмного забезпечення, з метою встановлення максимального значення температури у місці ковзного контакту. Дослідженню проводились для усталених теплових режимів.

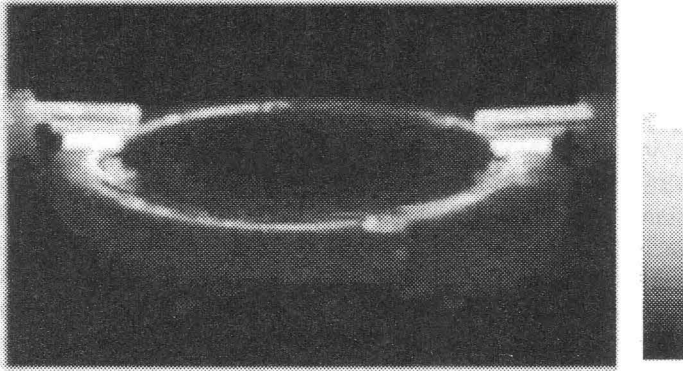


Рис. 2. Теплограма випробувального стенду під час випробувань.

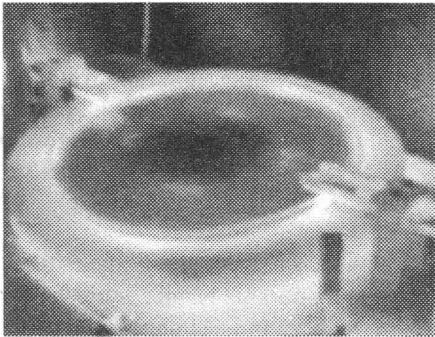


Рис.3. Теплограма зразка №1.

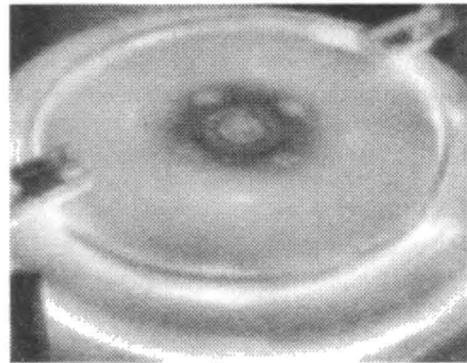


Рис.4. Теплограма зразка №2.

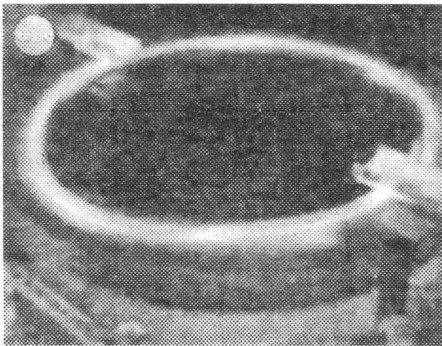


Рис.5. Теплограма зразка №3.

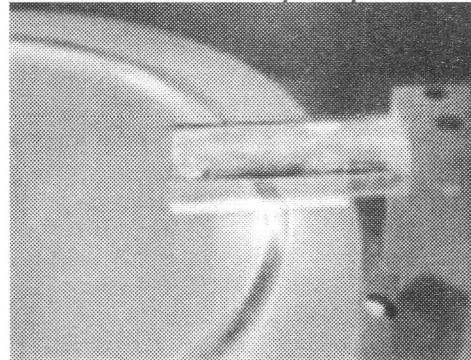


Рис.6. Теплограма зразка №4.

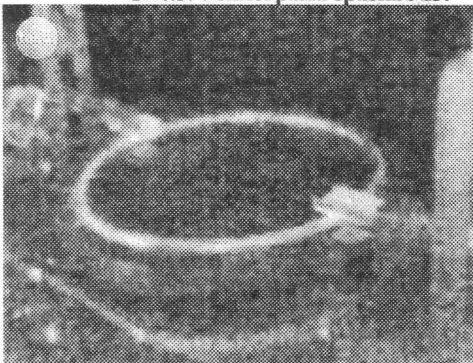


Рис.8. Теплограма зразка №6.

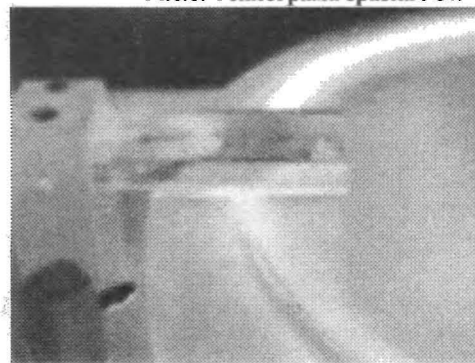


Рис.7. Теплограма зразка №5.

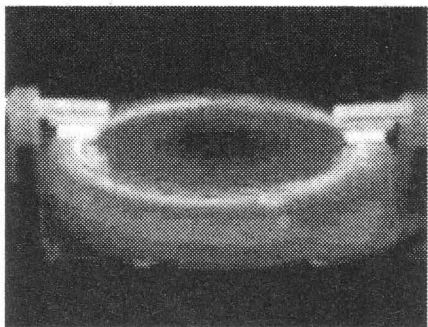


Рис.9. Теплограма зразка №7.

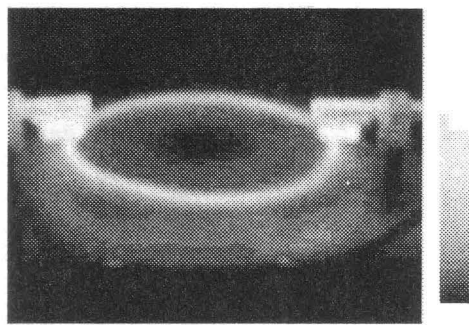


Рис.10. Теплограма зразка №8.

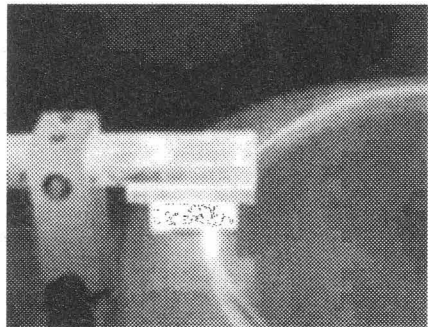


Рис.11. Теплограма зразка №9.

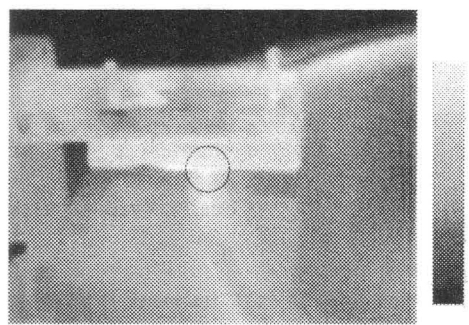


Рис.12. Теплограма зразка №10.

При дослідженнях зразків №4 та №6 випробувальний стенд заклинило, тобто випробування були припинені, тому у подальшому ці зразки не перевірялись оскільки не виконуються вимоги ГОСТ 32680-2014. При дослідженнях зразків №5 розпочались інтенсивні вібрації зразків накладок, тому випробування припинено передчасно.

Гістограма максимальних значень температур в зоні ковзного контакту різних зразків накладок представлені на рис.13.

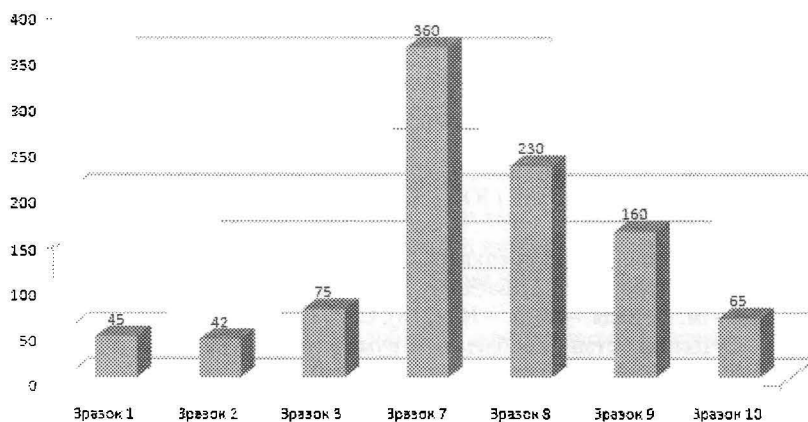


Рис. 13. Максимальні температури в зоні ковзного контакту.

Виходячи з твердження, що теплові втрати в зоні ковзного контакту не виконують корисної роботи, а лише нагрівають контактний провід та накладку, тобто ці втрати безповоротні та знижують енергоефективність системи, приймаємо, що зразок при дослідження якого зафіксовано найнижчу температуру є найбільш енергоефективним. Такий зразок на 100% реалізує свій енергетичний потенціал, тобто втрати потужності на нагрівання серед досліджених зразків є мінімальними. Таким зразком є накладки з матеріалу "Романіт-УВЛШ", які обрані з партії з твердістю поверхні 70...74 HRB. Енергоефективність інших зразків представимо у відносних одиницях, використовуючи пропорції. Результати представимо на рис.14.

Як бачимо з рис.14 зразок 7 (вугільно-графітні накладки) споживає більше на $100-12=88\%$ енергії, яку витрачає на власне нагрівання, він має найгірші показники енергоефективності. Наближеним до найкращого показника, є зразок №1 - накладки з матеріалу "Романіт-УВЛШ", які обрані з партії з твердістю поверхні 34...49 HRB.

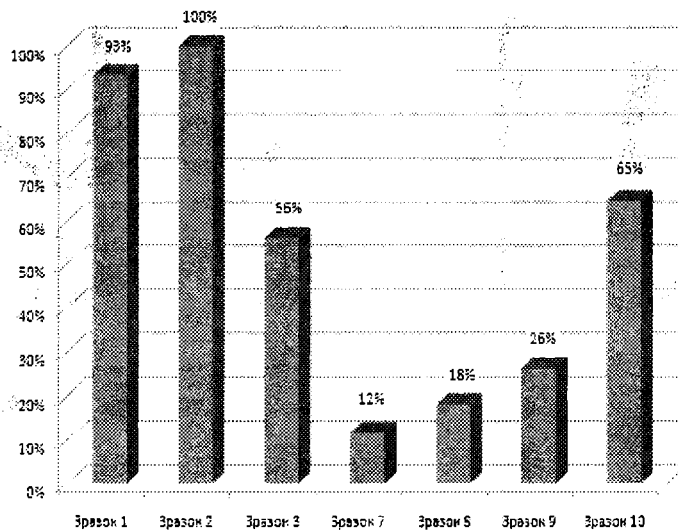


Рис.14. Енергоефективність різних типів накладок

Висновки

1. Автори пропонують на етапі стендових випробувань, контролювати значення температури у місці ковзного контакту, визначати зразки накладок, які мають мінімальне значення цієї температури і тим самим рекомендувати зразки які забезпечують передачу енергії до споживача (транспортного засобу) з мінімальними втратами, тим самим підвищуючи коефіцієнт корисної дії електротранспортного засобу.

2. Серед досліджених зразків мінімальні втрати енергії при передачі енергії за допомогою ковзного контакту, тобто мають найбільшу енергоефективність, забезпечують накладки з матеріалу "Романіт-УВЛШ", а найгірші показники мають класичні вугільно-графітні накладки (витрати енергії на власні потреби більше на 88% ніж у базового зразку).

Список літератури

- ГОСТ 32680-2014 "Токосяемные элементы контактные токоприемников электроподвижного состава. Общие технические условия". Межгосударственный стандарт.
- Большаков, Ю. Л. Дослідження властивостей струмознімальних елементів та їх впливу на ефективність роботи трибосистеми «контактний провід – вугільна вставка» / Ю. Л. Большаков, А. В. Антонов // Наука та прогрес транспорту. – 2015. – № 6(60), С. 35–44.
- Большаков, Ю. Л. Підвищення ресурсу вугільних струмознімальних вставок струмоприймачів швидкісного електрорухомого складу в умовах експлуатації / Ю. Л. Большаков, А. В. Антонов // Наука та прогрес транспорту. – 2015. – № 4(58), С. 57–70.
- Горобец, В.Л. Методология комплексной оценки эксплуатационных качеств накладок токоприемников электроподвижного состава / В.Л. Горобец, Н.А. Бабяк, А.Я. Ярмач, А.М. Бондарев // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2015. – №1(218), С. 297-302.
- Устименко, Д. В. Сучасний стан проблеми струмознімання на електрифікованих залізницях / Д. В. Устименко // Електрифікація транспорту. – 2016. – №12, С.71-75.
- Кончиц В.В., Мешков В.В., Мышкин В.В. Триботехника электрических контактов. Минск: Наука и техника. 1986.
- Evolution of the electrical contact of dynamic pantograph–catenary system / G. Wu, Wenfu Wei, Guoqiang Gao [et al.] // Journal of Modern Transportation. – June 2016. – Vol. 24. – Iss. 2. – P. 132–138. doi: 10.1007/s40534-016-0099-1.
- Гершман И.С. Токосяемные вставки для токоприемников железнодорожного транспорта / И.С. Гершман, Н.В. Миронос, М.А. Мельник, Е.И. Гершман, – М.: Вестник ВНИИЖТ, Вып. 4, 2012. – с. 3-10.
- Берент, В.Я. Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта [Текст] В.Я. Берент. – М.: Интекст. 2005. – 408 с.
- Тартаковский, Э. Д. Токосяемные вставки из нового фуллерено-углеродного материала «Романит-УВЛШ» [Текст] / Э.Д. Тартаковский, С.М. Романов, Д.С. Романов // Залізничний транспорт України. - 2007. - № 3. - С. 41-44.
- Пат. на корисну модель 109205 Україна, МПК7 В22F 7/00, В22F 9/00, С22С 1/04, F16С 33/04. Матеріал струмознімального елемента РОМАНІТ-УВЛШ / Романов С.М., Давлекутаєв Р.М., Давлекутаєв А.А., Себієв Т.Х., Романов Д.С.; заявник і власник Романов С.М., Давлекутаєв Р.М., Давлекутаєв А.А., Себієв Т.Х., Романов Д.С. – № u201603430; заяв. 04.04.2016; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15.

Рекомендовано до друку к-том техн. наук, проф. Івановим О.Б.