

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

Барановський Денис Миколайович

УДК 621.332.3

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНТАКТУ "СТРУМОПРИЙМАЧ
ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ – КОНТАКТНА ПІДВІСКА"**

Спеціальність 05.22.09 – Електротранспорт

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2007

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Кіровоградському національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат фізико-математичних наук, доцент
АУЛІН Віктор Васильович,
Кіровоградський національний технічний університет
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри "Експлуатація та ремонт машин".

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кузьменко Анатолій Григорович,
Хмельницький національний університет
Міністерства освіти і науки України, завідувач
кафедри "Зносостійкість та надійність машин"

кандидат технічних наук, доцент
Баб'як Микола Олександрович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Міністерства транспорту та зв'язку України, Львівська
філія, доцент кафедри "Транспортні технології"

Захист відбудеться 29.11.2007 р. о 14-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.01 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Акад. В.А. Лазаряна, 2, ауд. 314.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Автореферат розісланий 25.10.2007 року.

В. о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради
доктор ф.-м. наук, професор

В.І. Гаврилюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Надійність контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" передусім визначається його терміном служби та безвідмовністю в процесі експлуатації і залежить від стану спрацювання взаємодіючих елементів. На залізничних електрифікованих лініях, саме знос контактного проводу є найбільшою витратою. При цьому витрати складають біля 516 тис. грн.

Зносостійкість контакту суттєво залежить від фізико-механічних, електро- та триботехнічних властивостей матеріалів його взаємодіючих елементів. Щоб підвищити ці характеристики, треба застосовувати ефективні методи та технології виготовлення, зміцнення чи модифікації сполучених елементів контакту "струмоприймач – контактна підвіска". Але відомі методи та технології дають можливість поліпшити одну чи декілька необхідних властивостей матеріалу, знижуючи при цьому інші властивості.

На стан робочих поверхонь мідних контактних проводів та вуглецевих вставок ефективно впливають концентровані потоки енергії, підвищуючи фізико-механічні, електро- та триботехнічні властивості взаємодіючих матеріалів контакту. Це можна пояснити специфікою впливу концентрованих потоків енергії на матеріали контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска". Підвищення надійності електротранспорту подовженням терміну служби та зменшенням кількості відмов сполучених елементів контакту при їх лазерному модифікуванні є найважливішим напрямком, що пов'язаний з розвитком високошвидкісного руху на залізницях України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась у відповідності з пріоритетним напрямком розвитку науки і техніки в Україні "Енергетика та енергозбереження" Міністерства освіти і науки України, а також планом науково – дослідних робіт Кіровоградського національного технічного університету за тематикою "Розробка енергозберігаючих режимів та енергетичного контролю для промисловості", на протязі 2003-2005р.р. держреєстрація №0103U006105.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" зменшенням зношення його взаємодіючих елементів при лазерному модифікуванні. Для реалізації поставленої мети необхідне розв'язання наступних задач:

- проаналізувати умови роботи, характер, види та механізми спрацювання контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска";
- обґрунтувати можливість підвищення надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" зменшенням зношення його елементів при лазерному модифікуванні;
- теоретично визначити залежність величини зношування сполучених елементів контакту від експлуатаційних параметрів електрорухомого складу, властивостей матеріалу та режимів лазерної обробки;

- експериментально дослідити вплив лазерного модифікування на зміни фізико-механічних, електро- та триботехнічних властивостей матеріалів контактного проводу та вставок;

- провести стендові та експлуатаційні випробування контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" з модифікованими елементами;

- дати оцінку техніко-економічної ефективності запропонованого методу підвищення надійності електротранспорту.

Об'єкт дослідження – надійність контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска".

Предмет дослідження – властивості взаємодіючих елементів контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска".

Методи дослідження. Під час проведення теоретичних досліджень були використанні основні положення теорій термодинаміки, неврівноваженої термодинаміки, електромеханічних процесів, фізики твердого тіла, синергетики, теорії взаємодії лазерного випромінювання з речовиною, теорії тертя та зношування, теорії надійності систем електрорухомого складу.

В лабораторних умовах стан спрацювання контакту, а також зміни триботехнічних властивостей досліджували на модернізованій машині СМЛМ. Вимірювання величини зношування проводу проводили методом штучних баз, а вставок – ваговим методом. Властивості робочих поверхневих шарів контактної проводу досліджували фізичними методами аналізу: фазовий склад – рентгеноструктурним аналізом; хімічний склад – оже-електронною та рентгенівською фотоелектронною спектроскопією; структуру та тонку структуру поверхні – оптичною та електронною растровою мікроскопією. Фізико-механічні властивості досліджували на розривній машині УИМ – 50М, мікротвердомірі ПМТ-3, температуру рекристалізації визначали посереднім методом, електроопір виміряли компенсаційним методом.

Перевірку доцільності лазерного модифікування контактної проводу та вставок для підвищення надійності контакту електрорухомого складу, а також оцінку техніко-економічних показників здійснювали шляхом стендових і експлуатаційних випробувань в реальних умовах.

Теоретичні розрахунки та статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням прикладних програм на ПЕОМ.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

- вперше одержано аналітичний вираз функції надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" з врахуванням інтенсивності його експлуатаційної роботи та структурної організації елементів;

- вперше отримано функціональну залежність величини зношування елементів контакту від сили натиснення, температури, електричних характеристик, швидкості електрорухомого складу, твердості, шорсткості, коефіцієнту тертя, щільності рухомих дислокацій матеріалів, а також режимів лазерного модифікування;

- експериментально доведено ефективність впливу лазерного модифікування контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" на підвищення зносостійкості, твердості, границі міцності, температури рекристалізації і зниження величини контактного електроопору, коефіцієнту тертя та температури в зоні контакту;

- встановлено закономірність зношування контактного проводу та вставок в реальних умовах експлуатації електрорухомого складу від його пробігу і спрогнозовано термін їх служби та скорочення річних експлуатаційних витрат при лазерному модифікуванні.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

- на базі результатів експлуатаційних випробувань контактного проводу та вставок струмоприймача відпрацьовано і надано Знам'янській дистанції електропостачання та локомотивному депо ст. Знам'янка Одеської залізниці рекомендації щодо раціональних режимів лазерного модифікування мідного контактного проводу та вугільних вставок;

- розроблено методику оцінки надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" зменшенням інтенсивності зношування її взаємодіючих елементів;

- показано можливість керування терміном служби і показниками безвідмовності контакту електротранспорту зміною технологічних параметрів лазерного модифікування;

- за результатами теоретичних та експериментальних досліджень, експлуатаційних випробувань вугільних струмознімальних вставок електрорухомого складу після лазерної модифікації надано рекомендації ВАТ "Червона зірка" м. Кіровоград по удосконаленню технології їх виготовлення;

- скорочення експлуатаційних витрат при заміні контактного проводу на модифікований лазерним випромінюванням та з подачею вуглекислого газу в зону лазерного опромінення в залежності від пробігу електрорухомого складу складе 1000...4000 грн/км. При переході електрорухомого складу на модифіковані вугільні вставки типу "А" лазерним випромінюванням скорочення експлуатаційних витрат складе 500...2300 грн/км.

Особистий внесок здобувача. Автор самостійно сформулював мету, задачі досліджень, наукові положення. Крім цього, в публікаціях, в яких відображено основні результати дисертації та які написані у співавторстві, автору належать: в [1,2] – математико-статистична обробка величин зносу контактного проводу; [3,4,8] – виконання експериментальних досліджень, визначення властивостей матеріалів, систематизація результатів; [5,7,8] – теоретична оцінка величини зношення та надійності контакту; [9-15] – основні положення для підвищення надійності контакту. Робота [6] написана автором самостійно.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати досліджень доповідалися: на наук.-техн. конференціях викладачів, аспірантів та співробітників Кіровоградського національного техн. університету (2003-2006 р.р.) та Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна (2005-2006р.р.); 3-ій міжнародній наук.-

практ. конференції "Нові технології, методи обробки та зміцнення деталей енергетичних установок" (Запоріжжя-Алушта, 20-26 вересня 2004 р.); 65 та 67-й міжнародних наук.-практ. конференціях "Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту" (м. Дніпропетровськ, 19-20 травня 2005 р., 24-25 травня 2007р.); 7-й міжнародній наук.-практ. конференції "Інженерія поверхні і реновація виробів" (м. Ялта, 29-31 травня 2007р.).

Публікації. Результати досліджень опубліковано у 8 наукових працях, у тому числі, 5 – у наукових фахових виданнях, 3 – тезах матеріалів міжнародних наукових конференцій; крім цього одержано 7 деклараційних патентів України.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розкрита сутність дисертаційної роботи і обґрунтована актуальність її теми, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі дано аналіз робіт вітчизняних та зарубіжних вчених у напрямку підвищення надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска". Показано, що надійність контакту визначається його терміном служби та безвідмовністю в процесі експлуатації і залежить від стану спрацювання взаємодіючих елементів. Знос струмознімальних вставок і контактного проводу відбувається з протіканням складних електромеханічних процесів під впливом експлуатаційних чинників та напряму залежить від фізико – механічних, електро- та триботехнічних властивостей матеріалів сполучених елементів.

Надійність контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" можна підвищити конструкційними, технологічними і експлуатаційними методами, або застосуванням їх комбінацій. Серед них перспективним є технологічний метод.

Аналіз технологічних методів свідчить про складність та невирішеність проблеми вибору оптимального матеріалу для струмознімальних вставок. Такий матеріал повинен забезпечувати надійність струмознімання та не викликати інтенсивного зношування контактного проводу. Для цього необхідно, щоб він володів рядом суперечливих несумісних властивостей. При цьому повинні забезпечуватися: високі механічні та триботехнічні властивості, низькі питомий та перехідний електроопір, висока електроерозійна стійкість і висока надійна робота в різних кліматичних умовах. Підвищення надійності проводу технологічними методами теж невирішена проблема.

Одночасне покращення сукупності властивостей неможливе існуючими традиційними технологічними методами, оскільки підвищуючи фізико – механічні властивості чи триботехнічні властивості знижуються електричні.

Показано, що останнім часом для підвищення фізико – механічних і триботехнічних властивостей матеріалів застосовують технологічні процеси лазерного зміцнення. В результаті лазерного впливу на поверхні металу утворюються специфічні структури з підвищеною твердістю і зносостійкістю, які неможливо отримати традиційними технологічними способами. Фізико –

механічні та триботехнічні властивості металів, зміцнених лазерним променем підвищуються у 2..8 разів в порівнянні з традиційними методами зміцнення, а електричні не знижуються. Тому лазерне модифікування є перспективним методом для підвищення надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска".

У другому розділі наведено програму, методи та методики теоретичних і експериментальних досліджень. Обґрунтовано вибір поверхонь модифікування та наведено схеми лазерного модифікування контактної провладу та струмозмінальних вставок і опис лазерного технологічного комплексу "Комета-2", на якому проводилось модифікування зразків. Дано опис спеціальної модернізованої лабораторної машини та методику дослідження триботехнічних характеристик контакту "провід – вставка". Наведено методики визначення складу, структури, електротехнічних та фізико-механічних властивостей. Дано обґрунтування використання металографічного, рентгеноструктурного, дюрOMETричного, рентгенівського мікроспектрального, оже-спектрального аналізів, вимірювання твердості вставок по глибині, мікротвердості і шорсткості робочої поверхні контактної провладу, розподілу мікротвердості за глибиною та щільності дислокацій, а також температури рекристалізації та границі міцності.

Експлуатаційні випробування досліджуваних модифікованих контактних провладів та вставок, встановлених відповідно в підвісці та на електрорухомому складі, виконували за загальновідомою методикою.

Обробка та аналіз результатів експериментальних досліджень здійснювали математико-статистичними методами з використанням пакетів прикладних програм на ПЕОМ.

У третьому розділі розглянуто термодинамічний аспект підвищення надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска". Виявлено, що для підвищення надійності контакту шляхом зменшення величини зношування необхідно, щоб в ньому спостерігалась анігіляція конфігураційної ентропії. Цього можна досягти, якщо поверхні матеріалів взаємодіючих елементів будуть знаходитися в невривноваженому стані. Такий стан забезпечується наданням матеріалам комплексу необхідних властивостей, з певними градієнтами напружень, температури, щільності дислокацій та ін., при виникненні дисипативних структур.

Отримано вираз для визначення надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" з врахуванням інтенсивності його експлуатаційної роботи та структурної організації елементів:

$$P(t) = \exp\left(-k_e \int_0^t D \left[\sum_{i=1}^m v_i z^i \right] dt\right) \cdot \exp\left(-k_e \int_0^t D \left[\sum_{j=1}^n v_j z^j \right] dt\right), \quad (1)$$

де перший співмножник характеризує надійну роботу контактної провладу, а другий – вставок електрорухомого складу; $z^i = \sum_{k=1}^i y_{ij}^k$ - інтенсивність функціонування ансамблю $\varepsilon_i = (i = 1, \bar{n})$; i - кількість однотипних елементів,

кожний з яких знаходиться в j -ому стані, $i = 1, \bar{m}$; j – енергетичний стан, $j = 1, \bar{n}$; n – число можливих станів в залежності від величин поглинутої енергії; де $v_i(t)$ – число однакових ансамблів ε_i в кожний момент часу t ; y_{ij}^k - випадкова величина, що визначає інтенсивне функціонування k -го елемента ($k = \bar{1}, i$), що входить в ансамбль $\varepsilon_i = (i = 1, \bar{n})$.

Реорганізація ансамблевих структур матеріалів елементів контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" дозволяє досягти найвищого рівня впорядкованості структур матеріалів взаємодіючих елементів та відповідає найвищому ступеню його надійності.

Для ковзного контакту електрорухомого складу, використавши теорії необоротних процесів Онзагера та еволюції систем Пригожина, отримано аналітичні залежності величини зношування елементів з врахуванням сили натиснення, температури, електричних характеристик, швидкості електрорухомого складу, твердості, шорсткості, коефіцієнту тертя, щільності рухомих та нерухомих дислокацій матеріалів, а також режимів лазерного модифікування:

$$u = \frac{t}{n} \sqrt{\frac{\lambda^*}{T} \sum_{i=0}^k a_i \delta^i} \left(\frac{(kPv)^2}{\lambda} + \phi L_{en} grad \phi - \left(\frac{\chi^2 q_0^2 K_n^2 m^2}{\eta^2 \bar{m}^2 b^2 \lambda^2 k_0^2 \left(1 - \frac{2,5kT}{Gb^3} \ln \frac{\dot{\varepsilon}_0}{\dot{\varepsilon}_i} \right)^2} \times \right. \right. \\ \times \left\{ \frac{1 + \mu}{3\chi \sqrt{\pi\chi t}} {}_2F_1\left(\frac{3}{2}; 2; \frac{5}{2}; -\frac{1}{4k_0\chi t}\right) - \sqrt{\frac{t}{\chi\pi}} \frac{2k_0}{1 + 4k_0\chi t} - \frac{\mu - 1}{2\chi} \times \right. \\ \left. \left. \times \left[\sqrt{\pi k_0} - \frac{1}{\sqrt{\pi\chi t}} {}_2F_1\left(\frac{1}{2}; 1; \frac{3}{2}; -\frac{1}{4k_0\chi t}\right) \right] \right\}^2 v_{gs} - \rho_s \cdot v_{sg} \right) grad \rho \quad (2)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності; k – коефіцієнт тертя; P – сила тиску в контакт; n – об'ємна концентрація частинок; v – швидкість ковзання; T – абсолютна температура; ϕ – електричний потенціал; L_{en} – коефіцієнт пропорційності; ρ_s, ρ_g – середні за об'ємом щільності нерухомих та рухомих дислокацій; v_{sg}, v_{gs} – середні швидкості ковзання дислокацій; ρ – потенціал щільності дислокацій; λ^* – середня відстань, яку проходить частинка зносу; δ – безрозмірний малий параметр, що включає твердість та шорсткість поверхні; χ – коефіцієнт температуропровідності; k_0 – коефіцієнт, $k_0 = 8/d^2$; q_0 – густина потужності лазерного випромінювання, що падає на поверхню матеріалу; m – коефіцієнт, $m = \alpha \frac{1 + \mu}{1 - \mu}$; α – коефіцієнт температурного лінійного розширення; μ – коефіцієнт Пуассона; G – модуль зсуву матеріалу;

${}_2F_1(\alpha, \beta, \gamma, \sigma)$ – гіпергеометрична функція; b – модуль вектору Бюргерса; $\dot{\varepsilon}_i$ – інтенсивність швидкості деформації; t – час; k – постійна Больцмана; T – абсолютна температура; z – параметр міждислокаційної взаємодії; $\bar{m} = 3,1$ – фактор Тейлора.

Даний вираз показує, що збільшення густини потужності лазерного випромінювання при модифікуванні поверхні контактного проводу приведе до значного зменшення величини зношування контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" в процесі експлуатації.

У четвертому розділі наведено експериментальні результати фізико-механічних, електро- та триботехнічних властивостей модифікованих контактних проводів МФ-100 та вугільних вставок типу "А" лазерним випромінюванням.

Результати досліджень величини зносу наведені в табл.1.

Показано, що при наявності струму майже у всіх контактах підвищується зношення елементів. Разом з тим 4 та 6-й контакти поведуть себе навпаки – при поступовому підвищенні сили струму зменшується питомий знос обох елементів. В цьому випадку електричний струм виступає в ролі "каталізатору" для більш інтенсивного проходження невірноважених процесів [12,31].

При моделюванні іскрового зносу на лабораторній машині СМЛМ було виявлено, що величина зносу контактних проводів та вставок дещо вище, а для модифікованих контактних проводів та вставок – це значення майже не змінюється.

Порівняння питомих зносів контактних проводів та вставок, модифікованих та в стані поставки свідчить про поступове зменшення спрацювання від 1 до 6-го контакту, тобто в залежності від варіантів взаємодії елементів. Деформація, що відбувається при терті утворює в поверхневому шарі запас надмірної енергії у вигляді порушення однорідності матеріалу. Можна вважати, що підсилюються релаксаційні процеси на поверхнях модифікованих контактних проводів та вставок, обумовлені взаємодією електронів між собою та з дислокаціями кристалічної ґратки, а також підсилюються всі види розсіяння енергії, а невпорядкований рух атомів, лінійних, точкових та інших дефектів стає впорядкованим.

Показано, що питомий знос контактного проводу з подачею води у контакт дещо вищий в порівнянні з експериментами без води. Подача води у контакт на питомий знос вставок суттєво не впливає. Спостерігаються випадки, коли величина зношування зменшується.

Після лазерного опромінення контактного проводу запропонованим способом знос струмознімних вставок стає усталеним, а знос контактного проводу практично не залежить від величини струму.

Показники характеристик зносу елементів контакту "провід – вставка" на машині СМЛМ (P=60 Н, V=2,3 м/с, полярність проводу додатна, без подачі води)

№ контакту	Контакт "провід-вставка" (марка контактного проводу та тип вставок)	Умови досліду	Кількість обертів диску в досліді N, тис. об.	Зменшення перерізу проводу DS, мм ²	Середня втрата ваги однієї вставки, г	Питомий знос проводу, $\frac{\Delta S}{2N \cdot 10^{-6}}$, мм ² /1млн. обертів диску	Середній питомий знос однієї вставки, в г на 100 тис. км
1	МФ-100 та "А"	I=200А	450	0,0683/0,0737	0,083/0,086	0,076 / 0,082*	8,659/8,989*
		Без струму	500	0,0675	0,089	0,067	8,357
2	МФ-100 (модифікований) та "А"	I=200А	500	0,0554/0,0564	0,065/0,066	0,055 / 0,056*	6,103/6,214*
		Без струму	500	0,0534	0,055	0,053	5,164
3	МФ-100 та "А" (модифікована)	I=200А	500	0,0564/0,0574	0,054/0,054	0,056 / 0,057*	5,070/5,070*
		Без струму	500	0,0554	0,059	0,055	5,540
4	МФ-100 та "А" обидва модифіковані	I=200А	500	0,0322/0,0322	0,023/0,023	0,032 / 0,032*	2,160/2,160*
		Без струму	500	0,0332	0,033	0,033	3,099
5	МФ-100 (модифікований з введенням СО ₂ в зону лазерного опромінення) та "А"	I=200А	500	0,0201/0,0202	0,025/0,026	0,020 / 0,020*	2,347/2,458*
		Без струму	500	0,0191	0,050	0,019	4,694
6	МФ-100 (модифікований з введенням СО ₂ в зону лазерного опромінення) та "А" (модифікована)	I=200А	500	0,0081/0,0081	0,013/0,013	0,008/0,008*	1,221/1,221*
		Без струму	500	0,0171	0,016	0,017	1,502

* – в чисельнику вказані значення при електромеханічному зносі, в знаменнику – значення при моделюванні іскрового зносу

Показано, що контактний електроопір всіх контактів з подачею води дещо вищий ніж без води.

Залежність контактного опору від струму (рис.1) при вугільних вставках нелінійна, що пояснюється напівпровідниковими властивостями окисної плівки на контактному проводі.

Рис. 1. Залежності середнього контактного опору від сили струму (а) між проводом і кареткою з двома рядами вставок з подачею води у контакт ($P=60\text{Н}$, $V=2,3\text{ м/с}$, $N=2000\text{ об.}$) та коефіцієнту тертя від кількості обертів диску (б) з подачею води ($P=60\text{Н}$, $I=200\text{А}$, $V=2,3\text{м/с}$) в контакті "провід - вставка": 1 – МФ-100 та "А"; 2 – МФ-100 модифікований та "А"; 3 – МФ-100 та "А" модифікована; 4 – МФ-100 та "А" обидва модифіковані; 5 – МФ-100 модифікований з введенням CO_2 в зону лазерного опромінення та "А"; 6 – А модифікована та МФ-100 модифікований з введенням CO_2 в зону лазерного опромінення

Найнижчий контактний опір має 4-й контакт при модифікованих контактному проводі та вугільних вставках в області струму, що розглядається. Ця величина в 1,2...2,0 рази нижче ніж в інших контактах.

Зазначені результати приведуть до зменшення втрат електроенергії в контакті "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" й до можливості знімання електричного струму більшого за величиною.

В деяких випадках спостерігається зниження коефіцієнту тертя при випробуваннях з подачею води в контакт (рис.1) в порівнянні з експериментами без подачі води. Для 1-го контакту значення коефіцієнту тертя дещо вище при випробуваннях з подачею води у контакт, але в деяких випадках спостерігається зниження коефіцієнту тертя. В 4 – 6-му контактах, які мають найнижчі коефіцієнти тертя, спостерігаються майже усталені значення. Тривалість випробувань практично не впливає на зміну коефіцієнту тертя.







Показано, що температура в зоні контакту для всіх контактів, при підвищенні сили струму зростає; тривалість випробувань, тобто кількість обертів диску, практично не змінюють значення T , а якщо і змінюють, то на $1...10^\circ\text{C}$. Температура в контакті з подачею води в залежності від кількості обертів диску лабораторної машини СМЛМ декілька нижче ніж без води.

Структура поверхні тертя контактного проводу, модифікованого лазерним випромінюванням відрізняється від структури віддалених шарів більш дрібнозернистою будовою, що вказує на подрібнення зерен міді, збільшення густини дислокацій та на текстурованість структури.

Після лазерного модифікування з введенням вуглекислого газу в зону опромінення глибина зануреного вуглецю досягала $0,1\text{ мм}$, а площа заповнення ним – до 80%. Цей вуглець разом з мідною матрицею виступають у ролі вторинних структур. Зазначимо, що в процесі лазерної модифікації контактних проводів інтенсивність окислення поверхневих шарів не підвищувалась.

Показано, що мікротвердість поверхневих шарів контактних проводів після лазерного опромінення в 1,4...1,8 рази вище мікротвердості контактного проводу в стані поставки (рис. 2). Щоб визначити, як змінюється метал в результаті процесів тертя, була перевірена мікротвердість по перерізу зразків контактних проводів. Дослідження показали, що мікротвердість шарів проводу в стані поставки поблизу поверхні тертя і віддалених шарів приблизно однакова та коливається в границях $105 - 120\text{ НВ}$, для модифікованого проводу лазерним випромінюванням – $170...180\text{ НВ}$, а для модифікованого проводу з введенням вуглекислого газу в зону лазерного випромінювання – $160...175\text{ НВ}$.

Користуючись склероскопічним методом, було визначено твердість вставок типу "А" як в стані поставки, так і модифікованих. Результати показані на діаграмі (рис. 3).

<p>2. Діаграма залежності мікротвердості зразків контактного проводу за глибиною:  – МФ-100 у стані поставки;  – МФ-100 після лазерного опромінення (P=1000 Вт; d=10 мм, v=8 мм/с);  – МФ-100 з введенням у зону лазерного випромінювання вуглекислого газу (тиск CO₂ – 0,1 МПа; P=800 Вт; d=8 мм; v=15 мм/с); 1 – на робочій поверхні; 2 – на глибині 0,1мм; 3 – на глибині 2мм; 3 – на глибині 2мм; 4 – на глибині 3мм; 5 – на глибині 4мм</p>	<p>Рис. 3. Діаграма залежності твердості вугільних зразків за глибиною від поверхневого шару вставок:  – у стані поставки;  – після лазерного модифікування (P=1кВт; d=28мм, v=14мм/с);  – після лазерного модифікування (P=0,8кВт; d=28 мм; v=17,5мм/с); 1 – на робочій поверхні; 2 – на глибині 2мм; 3 – на глибині 4мм; 4 – на глибині 8мм.</p>

Спостерігається підвищення твердості вставок після лазерного модифікування як на робочій поверхні, так і на глибині до 8 мм. Виявлено, що вона у 1,2...1,4 рази більша в порівнянні з твердістю вставок у стані поставки. Було зафіксовано, що чим "жорсткіші" режими випромінювання, тим вищі показники твердості.

Показано (табл. 2), що границя міцності контактного проводу після лазерного модифікування в 1,2...1,4 рази, а модифікованого, з введенням вуглекислого газу в зону лазерного випромінювання – в 1,1...1,3 рази вище за значення σ_m проводу в стані поставки. Відносне подовження модифікованого контактного проводу на 0,3...0,7% менше, ніж в стані поставки.

Середні значення границі міцності та відносного подовження контактних проводів

№ п/п	Контактний провід МФ-100	Кількість випробувань	Границя міцності, σ_m , МПа	Відносне подовження, д, %
1	у стані поставки	4	377	5,5
2	після лазерного модифікування ($P=0,8...1$ кВт, $d=10...12$ мм, $v=8...12$ мм/с)	7	449	4,8
3	модифікований з введенням CO_2 в зону лазерного випромінювання (тиск $CO_2 - 0,1$ МПа, $P=0,7...1$,кВт, $d=8...12$ мм; $v=8...19$ мм/с)	6	408	5,1

Температура початку рекристалізації модифікованих контактних проводів лазерним випромінюванням складає $350...400^\circ C$. Характерним є те, що на контактних проводах після лазерної обробки не спостерігається відпалу зміцненої поверхні.

Дослідження електропровідності контактного проводу показали, що її зміна є незначною. Електропровідність вугільних вставок при високих режимних показниках лазерної обробки підвищується майже в 2,5 рази.

Зазначені результати свідчать про те, що відкривається можливість знизити втрати електроенергії в контакті "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" при експлуатації.

П'ятий розділ містить результати експлуатаційних випробувань, розрахунок техніко-економічності доцільності застосування лазерного модифікування контактних проводів та вставок, а також рекомендації до впровадження розроблених технічних заходів. Ефективність лазерного модифікування оцінювали за критерієм зносу.




Експлуатаційні дослідження зносу контактного проводу впродовж 2003-2006рр. проводили в Знам'янській дистанції електропостачання Одеської залізниці.

Висота перерізу модифікованого контактного проводу лазерним випромінюванням за три роки експлуатації майже не змінилась. Знос у фіксаторів, у струнних та живильних затискачів приблизно однаковий, тобто спрацювання проводу відбувається рівномірно. Величина зносу в 3...4 рази менше за знос контактного проводу в стані поставки.





Середній питомий знос контактного проводу в стані поставки при взаємодії з модифікованими вугільними вставками типу "А" знижується, а спрацювання контактного проводу розподіляється більш рівномірно.

Експлуатаційні дослідження зносу вугільних вставок на протязі 2003-2006рр. проводили в Знам'янському локомотивному депо Одеської залізниці. Модифіковані вугільні вставки лазерним випромінюванням були встановлені на електровози ВЛ-60^к та ВЛ-80^т.

Середній знос модифікованих вставок типу "А" в 2...4 рази нижче зносу вставок у стані поставок (рис. 4), а їх спрацювання рівномірно розподілено.

 Рис. 4. Середній знос по висоті за довжиною після середнього пробігу електровозів ВЛ-80^Т 50 тис. км для вставок типу "А":  – у стані поставки;  – модифікованих лазерним випромінюванням.






Після 100 тис. км пробігу електровозів ВЛ-80 величина середнього зносу практично постійна для всіх видів вставок (рис. 5).

 с. 5. Гістограма середнього зносу за кожні 100 тис. км. пробігу електровозів ВЛ-80^Т для вставок:  – типу "А" в стані поставки;   – типу "А" модифікованих лазерним випромінюванням.

При експлуатаційних випробуваннях, особливу увагу приділяли стану і характеру спрацювання контактної провідності на дільницях, де обертається електрорухомий склад, на який встановлено модифіковані вугільні вставки. Було встановлено, що за час досліджень, величина зносу провідності не підвищилась в порівнянні з минулими роками. Характер зносу не змінився.

Середньорічні питомі витрати вставок по локомотивному депо ст. Знам'янка в 2003-2006рр. складала 220...240 шт. на 1млн. км пробігу електровозів ВЛ-80^Т. Якщо ж перейти на модифіковані вставки, то питомі витрати значно знизяться до 40...100 шт. на 1млн. км пробігу.

За результатами середнього питомого зносу контактної провідності було спрогнозовано термін служби провідності в залежності від кількості проходів електрорухомого складу (рис. 6).

 с. 6. Залежність терміну служби контактної провідності МФ-100 від кількості проходів електрорухомого складу в наступних станах:  – поставки;  – модифікований лазерним випромінюванням;  – модифікований з введенням СО₂ в зону лазерного опромінення;  – при взаємодії з модифікованими вставками.

Можна бачити, що термін служби модифікованих контактних провідностей МФ-100 лазерним випромінюванням в 6...7 разів вище в порівнянні з терміном служби провідності в стані поставки.

В результаті заміни вугільних струмознімальних вставок типу "А" на модифіковані лазерним випромінюванням на всіх смугах змінного струму мережі залізниць проблему зносу контактної провідності на таких лініях можна вважати вирішеною, адже середній строк служби провідності підвищиться в 1,3...2,0 рази, навіть з урахуванням підвищеного зносу.

Експлуатаційні дослідження поведінки модифікованих вугільних вставок показують, що наряду з найвищою економічністю вони забезпечують також високу надійність експлуатації контактної підвіски і струмоприймачів. Кількість обривів контактної провідності по граничному зносу при модифікованих вугільних вставках буде в декілька разів нижча, ніж при

вставках в стані поставки, що пояснюється збільшенням ресурсу проводу завдяки зменшенню інтенсивності його зношуваності.

Показано, що скорочення експлуатаційних витрат досягається за рахунок зниження величини зносу контактного проводу та вставок.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень вирішена важлива науково-технічна задача підвищення надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска". Основні наукові результати, висновки та практичні рекомендації дисертації полягають у наступному.

1. Теоретично обґрунтовано підвищення надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска", з врахуванням інтенсивності його експлуатаційної роботи та структурної організації елементів, заміною контактних проводів та вставок на модифіковані лазерним випромінюванням.

2. Для ковзного контакту електрорухомого складу на основі теорій необоротних процесів Онзагера та еволюції систем Пригожина, вперше отримано аналітичні залежності величини зношування елементів з врахуванням сили натиснення, температури, електричних характеристик, швидкості електрорухомого складу, твердості, шорсткості, коефіцієнту тертя, щільності рухомих та нерухомих дислокацій матеріалів, а також режимів лазерного модифікування.

3. Експериментально, на лабораторній машині СМЛМ, виявлено, що питомий знос контактного проводу при лазерній модифікації зменшується в 1,3...9,5 рази, а модифікованих вугільних вставок зменшується в 1,4...7,0 рази в порівнянні із елементами в стані поставок. Модифіковані контактні проводи більш стійкі до електроерозійного зносу в порівнянні з немодифікованими проводами. Середній контактний електроопір модифікованих елементів в 1,2...2,0 рази нижче ніж для інших контактів.

4. Триботехнічні характеристики модифікованих елементів контакту "провід – вставка" зменшуються: коефіцієнт тертя в 1,2...5,0 рази, а температура в зоні контакту в 1,2 рази в порівнянні з елементами контакту в стані поставки. Такі характеристики дозволять збільшити міжремонтний пробіг електрорухомого складу.

5. Встановлено, що фізико-механічні властивості модифікованих елементів контакту покращуються: мікротвердість контактних проводів зростає в 1,4...1,8 рази, а твердість вугільних вставок – у 1,2...1,4 рази; границя міцності контактних проводів зростає в 1,1...1,4 рази, відносне подовження при цьому зменшується на 0,3...0,7%; температура початку рекристалізації проводів складає 350...400°C; електропровідність вугільних вставок зросла майже в 2,5 рази. Інші властивості модифікованих елементів контакту "струмоприймач

електрорухомого складу – контактна підвіска" в порівнянні з елементами в стані поставки не змінилися.

6. Експериментальні дослідження дають змогу стверджувати, що заміна контактних проводів та вугільних вставок на модифіковані лазерним випромінюванням під час експлуатації дають змогу: подовжити термін служби контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска"; зменшити втрати електроенергії в ньому; знімати електричний струм більший за величиною; підвищити економію електроенергії в контакті; підвищити натяг контактного проводу, тим самим збільшити відстань між опорами та покращити якість струмознімання при взаємодії з електрорухомим складом.

7. Експлуатаційні випробовування проведені в Знам'янській дистанції електропостачання Одеської залізниці показали, що середній питомий знос модифікованих контактних проводів в 4...6 рази менше за знос проводів в стані поставки. Середній знос контактного проводу в стані поставки при взаємодії з модифікованими вугільними вставками типу "А" знижується в 1,2...2 рази, а спрацювання контактного проводу розподіляється більш рівномірно.

Середній знос модифікованих вугільних вставок в 1,2...1,6 рази нижче зносу вставок в стані поставок, а спрацювання рівномірно розподілено. Після 100 тис. км пробігу електровозів ВЛ-80^Т величина середнього зносу практично постійна.

8. Термін служби модифікованих контактних проводів МФ-100 лазерним випромінюванням в 6...7 разів вище в порівнянні з терміном служби проводу в стані поставки.

В результаті заміни вугільних струмознімальних вставок типу "А" на модифіковані лазерним випромінюванням на всіх смугах змінного струму мережі залізниць проблему зносу контактного проводу на таких лініях можна вважати вирішеною, адже середній термін служби проводу підвищиться в 1,3...2 рази, навіть з урахуванням підвищеного зносу.

Експлуатаційні дослідження поведінки модифікованих вугільних вставок, встановлених на електровозах ВЛ-60^К та ВЛ-80^Т, які проведені в Знам'янському локомотивному депо Одеської залізниці, показали, що поряд з найвищою економічністю вони забезпечують також високу надійність експлуатації контактної підвіски і струмоприймачів. Кількість обривів контактного проводу по граничному зносу при модифікованих вугільних вставках знижується в 1,3...2 рази в порівнянні з вставками в стані поставки, що пояснюється збільшенням ресурсу проводу завдяки зменшенню величини його зносу.

9. При проведенні заходів по заміні контактних проводів та вставок на модифіковані отримуються наступні показники: питома економія міді – 0,2843...0,5375 кг/1000км пробігу; річна економія міді становить 17...86 т/рік в залежності від пробігу електрорухомого складу; зниження питомих експлуатаційних витрат складе 14...25 грн/1000км; скорочення експлуатаційних витрат становить 500...4000 грн/км.

Очікувані середньорічні питомі витрати вставок по локомотивному депо ст. Знам'янка зменшаться в 2...6 разів і складуть 40...100 шт. на 1млн. км пробігу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Аулін В.В., Барановський Д.М. Механічна взаємодія контактної підвіски і струмоприймачів електрорухомого складу залізниць // Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології (Problems of Tribology)" / м. Хмельницький. – 2005. – №1. – С. 55-58.
2. Кузнецов В.Г., Послайко Н.І., Барановський Д.М., Аулін В.В. Математико – статистичний підхід до моделювання процесу електромеханічного зношування контактного проводу // Тези 65 Міжнародної науково – практичної конференції "Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту". Дніпропетровськ. – 2005. – С. 119-120.
3. Аулін В.В., Барановський Д.М., Кузнецов В.Г. Вторинні структури робочої поверхні мідного контактного проводу // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. / м. Дніпропетровськ. – 2005. – Вип. 9. – С. 36-40.
4. Аулін В.В., Барановський Д.М. Підвищення надійності контактного проводу // Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології (Problems of Tribology)" / м. Хмельницький. – 2006. – №3. – С. 42-45.
5. Черновол М.І., Аулін В.В., Барановський Д.М. Теоретичні передумови підвищення надійності системи "контактна підвіска – струмоприймач" зменшенням інтенсивності зношування її елементів // Вісник інженерної академії України. – 2007. – №2. – С. 56-65
6. Барановський Д.М. Теоретичні передумови підвищення надійності системи "контактна підвіска – струмоприймач" зменшенням інтенсивності зношування її елементів після лазерного модифікування // Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології (Problems of Tribology)" / м. Хмельницький. – 2007. – №2. – С. 34-38.
7. Аулін В.В., Барановський Д.М. Надійність контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" // Тези 67 Міжнародної науково – практичної конференції "Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту". Дніпропетровськ. – 2007. – С. 119-120.
8. Аулін В.В., Барановський Д.М. Підвищення надійності контакту "струмоприймач – контактна підвіска" лазерним модифікуванням вугільних вставок // Тези 7 Міжнародної науково-практичної конференції "Інженерія поверхні і реновація виробів". Ялта. – 2007. С.145-146.
9. Деклараційний патент на корисну модель №13909. Спосіб виготовлення і зміцнення контактного проводу // В.В. Аулін, Д.М. Барановський, М.Ю. Барановська, Т.М. Ауліна. – 2006. – Бюл. №4.
10. Деклараційний патент на корисну модель №13908. Спосіб підвищення фізико-механічних властивостей контактного проводу // В.В. Аулін, Д.М. Барановський, М.Ю. Барановська, Т.М. Ауліна. – 2006. – Бюл. №4.
11. Деклараційний патент на корисну модель №9293. Струмознімальний

- ковзний елемент // В.В. Аулін, Д.М. Барановський, В.М. Бобрицький, О.Ю. Жулай, С.М. Лізунов, В.Б. Батехін. – 2005. – Бюл. №9.
12. Деклараційний патент на корисну модель №8844. Струмознімальний ковзний елемент // В.В. Аулін, Д.М. Барановський, М.Ю. Барановська, В.Г. Кузнєцов. – 2005. – Бюл. №8.
13. Деклараційний патент на корисну модель №8679. Спосіб виготовлення струмознімального ковзного елемента // В.В. Аулін, Д.М. Барановський, М.Ю. Барановська. – 2005. – Бюл. №8.
14. Деклараційний патент на корисну модель №8197. Композиційний матеріал для струмознімальних ковзних елементів // В.В. Аулін, Д.М. Барановський, М.Ю. Барановська. – 2005. – Бюл. №7.
15. Патент на корисну модель №21545. Спосіб модифікування поверхні деталей // В.В. Аулін, В.М. Бобрицький, Д.М. Барановський, В.Б. Батехін, С.М. Лізунов, В.О. Дубовик. – 2007. – Бюл. №3.

АНОТАЦІЯ

Барановський Д.М. Підвищення надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска". – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – Електротранспорт. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2007.

Дисертація присвячена питанням підвищення надійності контакту "струмоприймач електрорухомого складу – контактна підвіска" шляхом зменшення зношення її взаємодіючих елементів при лазерному модифікуванні. Це забезпечує робочим поверхням сполучених елементів високі фізико-механічні, електро- та триботехнічні властивості з підвищеним ступенем надійності.

Встановлено, що надійність контакту залежить від стану спрацювання сполучених елементів.

Показано вплив лазерного модифікування взаємодіючих елементів на надійність контакту. Виведено аналітичні залежності інтенсивності зношування з урахуванням сукупності макро- та мікропараметрів від режимів лазерного модифікування.

Експериментально доведено покращення фізико-механічних, електро- та триботехнічних властивостей модифікованих контактних проводів та вставок лазерним випромінюванням.

Проведені лабораторні та експлуатаційні дослідження впливу лазерного модифікування контактних проводів та вставок на величину зносу та надійність.

Показано, що скорочення експлуатаційних витрат досягається за рахунок зниження величини зносу контактних проводів та вставок.

Результати досліджень прийнято до впровадження в Знам'янському локомотивному депо Одеської залізниці та ВАТ "Червона зірка" м. Кіровоград,

а також використовуються в навчальному процесі факультету "Проектування та експлуатації машин" Кіровоградського національного технічного університету.

Ключові слова: струмоприймач, контактний провід, вугільна вставка, контактна підвіска, вторинні структури, лазерне модифікування, знос, надійність.

АННОТАЦІЯ

Барановский Д.Н. Повышение надёжности контакта "токоприёмник электроподвижного состава – контактная подвеска". – Рукопись.

Диссертация на получение научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.09 – Электротранспорт. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2007.

Диссертация посвящена вопросам повышения надёжности контакта "токоприёмник электроподвижного состава – контактная подвеска" путём уменьшения износа её взаимодействующих элементов при лазерном модифицировании. Это обеспечивает рабочим поверхностям сопряжённым поверхностям высокие физико-механические, электро- и триботехнические свойства с повышенной степенью надёжности.

Установлено, что надёжность контакта зависит от состояния срабатывания сопряжённых элементов.

Теоретически обосновано применение лазерного модифицирования контактных проводов и токосъёмных вставок. Рассмотрен механизм образования вторичных структур и предложена технология для их получения на рабочей поверхности контактного провода способом подачи углекислого газа в зону лазерного излучения.

Применив положения термодинамики неуравновешенного состояния, а также теории Онзагера и Пригожина было получено выражение интенсивности изнашивания в зависимости от микро- и макропараметров взаимодействия системы и режимов лазерного модифицирования.

Экспериментально показано улучшение физико-механических, электро- и триботехнических свойств модифицированных контактных проводов и токосъёмных вставок лазерным излучением. Выявлено, что свойства проводов и вставок зависят от режимов лазерного излучения.

Показано, что микротвёрдость модифицированных поверхностных слоёв контактного провода в 1,4...1,8 раз выше, чем в состоянии поставки. Экспериментальными исследованиями доказано, что наблюдается увеличение плотности дислокаций и искажений решётки, уменьшение размеров блоков, диффузия атомов углерода в медь и прохождения неуравновешенных реакций восстановления меди углеродом.

Предел прочности модифицированных образцов провода в 1,2...1,4 раза выше в сравнении с исходным состоянием, температура рекристаллизации составляет 350...400°C.

Коэффициент трения системы "контактный провод – вставка" снизился в 1,2...5,0 раз, температура в зоне контакта в 1,2 раза в сравнении с исходным состоянием системы.

Твёрдость модифицированных вставок повысилась в 1,2...1,4 раза, электропроводность – почти в 2 раза.

Проведённые лабораторные и эксплуатационные исследования влияния лазерного модифицирования контактных проводов и вставок на величину износа и надёжность.

Показано, что сокращение эксплуатационных расходов достигается за счёт снижения величины износа контактного провода и токосъёмных вставок.

Результаты исследований приняты к внедрению в Знаменском локомотивном депо Одесской железной дороги и на ОАО "Червона зирка" г. Кировоград, а также используются в учебном процессе факультета "Проектирование и эксплуатация машин" Кировоградского национального технического университета.

Ключевые слова: токоприёмник, контактный провод, угольная вставка, контактная подвеска, вторичные структуры, лазерное модифицирование, износ, надёжность.

SUMMARY

Baranovskiy D.M. Increase of reliability of contact is a "currentreseiver of electromotive train is contact pendant". It is Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences after specialty 05.22.09 is electrotransport it is the Dnipropetrovs'k national university of railway transport the name academic of V. Lazaryan, Dnipropetrovs'k, 2007.

Dissertation is devoted to the questions of increase of reliability of contact is a "currentreseiver of electromotive train is contact pendant" by a way by reduction of wear of its interactive elements at laser modification. It provides to the working surfaces of the united elements high physic-mechanical, electro- and tribotechnical properties with the promoted degree of reliability.

It is set, that reliability of contact relies on the state of the wear united elements.

It is shown, influence of laser modification of interactive elements on reliability of contact. Analytical to dependence intensities of wear are shown out taking into account many macro- and microparameterizes from the modes of laser modification.

The improvement of physic-mechanical, electro- and tribotechnical properties of contact wire and insertions of inferiors to the laser modification is experimentally well-proven.

Conducted laboratory and operating researches of influencing of laser modification of contact wires and insertions on the size of tearing down and reliability.

It is shown, that the cutback of the operating spending is achieved due to the decline of size of tearing down of contact wire and insertions.

The results of researches are accepted to introduction in the locomotive depot of Znamenka city of the Odessa railway and "Chervona zirka" Kirovograd city, and also is used in the educational process of faculty of "Planning and exploitation of machines" of the Kirovograd national technical university.

Keywords: currentreceiver, contact wire, coal insertion, contact pendant, second structures, laser modification, wear, reliability.