

УДК 621.891

В. А. КОВАЛЬ (КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО)

Кафедра «Транспортні технології», Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Україна, 39600, тел.: (050) 308-01-67, ел. пошта: kovalvitalii@ya.ru**РЕЗУЛЬТАТИ СТЕНДОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОВЗНИХ КОНТАКТІВ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ****Вступ**

Одним з найпотужніших споживачів електроенергії в Україні є міський електротранспорт. Ця галузь народного господарства набула стратегічного значення для соціально-економічного розвитку держави і за будь-яких умов зберігає провідну роль у міських пасажироперевезеннях.

Сучасний етап розвитку країни супроводжується збільшенням випуску більш досконалого рухомого складу міського електротранспорту за нестримного зростання обсягів пасажироперевезень. Але існує проблема заміни морально та фізично застарілого рухомого складу міського електротранспорту. Крім того, виникає необхідність забезпечення діючого електротранспорту високим рівнем надійності всіх його складових.

Підвищення надійності, економічності і продуктивності міського електротранспорту, зниження його матеріалоемності і енергоемності безпосередньо пов'язані з розвитком фундаментальних і прикладних досліджень в області тертя і зносу, оскільки саме відмови рухомих сполучень складають близько 95% від усіх відмов, є найменш надійними елементами і викликають величезні матеріальні і енергетичні втрати [1].

До одних з найбільш поширених на міському електротранспорті рухомих сполучень відносяться ковзні електричні контакти. Особлива складність вирішення триботехнічних проблем у ковзних електричних контактах обумовлена дією електричного струму, що призводить до інтенсифікації умов зовнішнього тертя і зношування.

Для забезпечення надійності роботи ковзних контактів міського електротранспорту ставлять вимоги щодо їх фізико-механічних та триботехнічних властивостей. Особливою складністю при вирішенні триботехнічних проблем у ковзних контактах є дія електричного струму, яка приводить до підсилювання умов зовнішнього тертя і зношування.

Ковзні контакти міського електротранспорту, які виготовлені з традиційних та композиційних матеріалів не відповідають техніко-експлуатаційним вимогам, що висуваються для забезпечення надійності і довговічності даної си-

стеми, особливо, в умовах посилення навантажувально-швидкісних режимів експлуатації міського електротранспорту та, виходячи з техніко-економічного критерію. Тобто створення матеріалів для ковзних контактів, які задовольняли б жорстким вимогам експлуатації в екстремальних умовах є актуальною задачею для науково-дослідних установ та окремих розробників.

Аналіз попередніх досліджень

Даним питанням займалися такі відомі вчені, як Гершман І.С., Буше М.А., Берент В.Я., Большаков Ю.Л., Андрієвський Р.А., Анциферов В.Н., Гегузин Я.Е., Самсонов Г.В., Федорченко І.М., Айзенкольб, Джонс та ін.

Аналіз літературних джерел [2-6] показав, що наукові думки спрямовані на розробку нових досконаліших матеріалів для ковзних контактів, які набули бурхливого розвитку у кожній розвинутій країні світу.

На основі аналізу літературних джерел [2-6] встановлено, що недоліками всіх відомих струмомознімальних елементів є відсутність фізико-хімічної взаємодії складових компонентів матеріалу, яка є наслідком отримання високого питомого електроопору та низької зносостійкості. Особливо таке проявляється під час експлуатації міського електротранспорту.

Встановлено, що найкращим матеріалом для вуглецевмісних ковзних контактів є природний графіт. Для металовмісних ковзних контактів, однозначно, основним компонентом повинна бути мідь. В обох випадках необхідним є забезпечення фізико-хімічної взаємодії всіх складових компонентів, що входять до матеріалу.

Автором запропоновано два склади ковзних контактів [7, 8], де відбувається фізико-хімічна взаємодія компонентів.

Постановка задачі

Метою роботи є проведення стендових досліджень запропонованих ковзних контактів міського електротранспорту та порівняння значень із серійними контактами.

© Коваль В. А., 2013

При цьому, величина зносу ковзних контактів визначається на установці БК-1, а вимірювання зносу вставок здійснюється ваговим методом на аналітичних вагах ВЛА-200М з точністю до 0,1 мг через певні проміжки часу. Під час дослідів, коли застосовувалась вода, перед зважуванням вставки витримували 3-4 години в термостаті при температурі 105°С. Знос проводу вимірювався безпосередньо на машині приладом УПОИ-6, виконаним на основі методу штучних баз [9].

Для визначення величини контактного електроопору використовували метод амперметра – вольтметра. При цьому, опором контактної проводу нехтували, а електроопір вставок віднімався від загального опору, а потім визначався контактний електроопір.

Результати досліджень

На експлуатаційну надійність ковзних контактів переважаючий вплив здійснюють процеси тертя та зношування. Тому практичний інтерес викликає величина та характер спрацювання сполучених елементів ковзних контактів в різних умовах експлуатації. Під час досліджень, експериментально доведено, що чим більша площа робочої поверхні проводу, яка покрита перенесеним (намазаним) вуглецем, тим більша інтенсивність зношування елементів ковзних контактів. Крім цього виявлено, що зі зменшенням концентрації впровадженого вуглецю в мідну матрицю (завдяки проходженню хімічної реакції – процесу окислення) – інтенсивність зношування обох контактів збільшується. Інтенсивність зносу ковзних контактів збільшується при проходженні врівноважених процесів у вторинних структурах (рекристалізація) і зменшується при проходженні невірноважених процесів (реакція розкладу окислів вуглецю). При цьому, фізичний зміст зниження інтенсивності зносу під час проходження невірноважених реакцій між поверхнями тертя полягає в тому, що вони вимагають більших витрат енергії і відповідно до цього, знижується частка енергії тертя, яка йде на руйнування поверхні.

Дослідження величини та інтенсивності зносу проводились на зразках контактної проводу і вставок, запропонованих та серійних на установці БК-1 без подачі та з подачею струму, при цьому, для створення більш адекватних умов процесу експлуатації міського електротранспорту подавалась вода у контакт. Результати наведено в табл. 1.

З табл. 1 спостерігається підвищення величини зносу, як зразків контактної проводу, так і вставок у всіх трьох випадках при наявності струму. Під час досліджень ковзних контактів із запропонованими вставками вплив струму дещо нижчий.

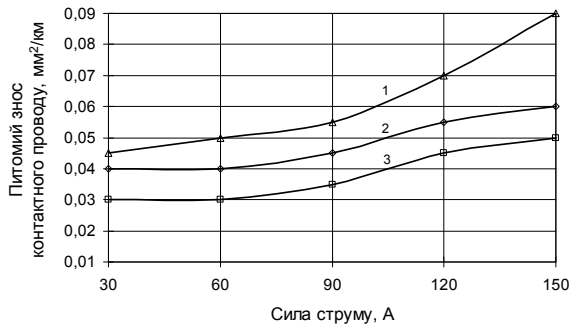
Таблиця 1

Показники характеристик зносу ковзного контакту, отриманих на установці БК-1 (P=40 Н, V=12,4 м/с, S=10⁴ м, полярність проводу позитивна, без подачі води)

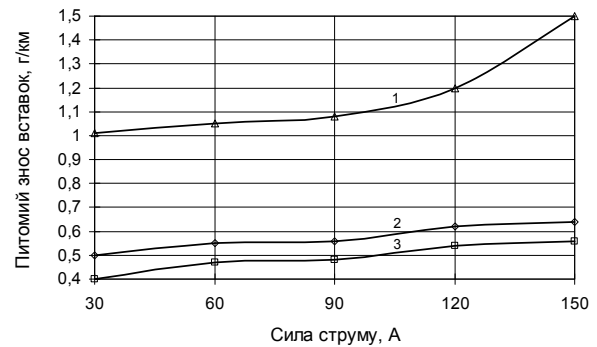
№ досліду	Ковзний контакт	Умови досліду	Зменшення перерізу проводу ΔS , мм ²	Середня втрата ваги однієї вставки, г	Питомий знос проводу, мм ² /км	Середній питомий знос однієї вставки, г / км
1	Зразок проводу МФ-100 та зразок серійної вставки	I=100 А	0,0602	10,9	0,006	1,09
		Без струму	0,0583	9,8	0,006	0,98
2	Зразок проводу МФ-100 та зразок вставки № 1	I=100 А	0,0528	5,9	0,005	0,59
		Без струму	0,0524	5,7	0,005	0,57
3	Зразок проводу МФ-100 та зразок вставки № 2	I=100 А	0,0445	5,2	0,004	0,52
		Без струму	0,0442	5,1	0,004	0,51

Порівняння питомих зносів контактних проводів та вставок, серійних із запропонованими, свідчить про значне зменшення спрацювання від 1 до 3-го досліду, тобто в залежності від варіантів взаємодії елементів ковзних контактів. Деформація, що відбувається під час тертя утворює в поверхневому шарі запас надмірної енергії у вигляді порушення однорідності матеріалу з підсиленням релаксаційних процесів на робочих поверхнях контактних проводів та запропонованих вставок, які обумовлені взаємодією електронів один з одним та з дислокаціями кристалічної ґратки. Також підсилюються всі види розсіювання енергії, а неупорядкований рух атомів, лінійних, точкових та інших дефектів замінюється впорядкованим рухом. При цьому, частинки чи дефекти, що рухаються, намагаються звільнити тіло від

неврівноваженості та надмірної вільної енергії. Крім того, процеси тертя інтенсифікують дифузійні потоки завдяки багатократному повторенню теплових та силових впливів при взаємних зустрічах мікронерівностей, які створюють нестаці-



а



б

Рис. 1. Залежність середнього питомого зносу контактної провідності (а) та вставок (б) від сили струму під час досліджень на установці БК-1 ($P=60$ Н, $V=12,4$ м/с, $S=10^4$ м, з подачею води у контакт) у ковзних контактах: 1 – МФ-100 та серійна вставка; 2 – МФ-100 та запропонована вставка № 1; 3 – МФ-100 та запропонована вставка № 2

Наведені залежності свідчать, що питомий знос контактної провідності з подачею води у ковзний контакт дещо вищий в порівнянні з експериментами без води. Особливо це проявляється під час досліджень із серійними вставками. Під час досліджень ковзних контактів із запропонованими вставками № 1-2 подача води майже не впливає на знос контактної провідності, а підвищення сили струму приводить до зниження зносу, що вказує на більш інтенсивне проходження невірноважених процесів між робочими поверхнями контакту. Крім того, підвищення сили струму для запропонованих вставок не здійснює різкого підвищення величини зносу контактної провідності - відбувається плавне зростання.

Для умов випробувань, поданих на рис. 1, подача води у ковзний контакт на питомий знос запропонованих вставок № 1-2 суттєво не впливає. Спостерігаються випадки, коли величина зносу зменшується. Під час досліджень ковзних контактів із запропонованими вставками, їх знос має усталений характер, тобто практично не залежить від сили струму. Можна бачити, що інтенсивність зносу сполучених елементів стандартного ковзного контакту міського електротранспорту залежить від величини струму, що знімається та наявності води, тоді як при використанні запропонованих вставок № 1-2, знос струмознімальних вставок - стає усталеним, а знос самого провідника практично не залежить від величини струму, що знімається.

Результати досліджень на знос свідчать про те, що в досліджуваній парі тертя ковзного кон-

такту протікають невірноважені реакції відновлення вуглецю міддю завдяки наявності в матеріалі природного графіту з модифікатором ніобієм.

Також було виявлено залежності питомого зносу елементів системи від сили струму з подачею води у контакт (рис. 1).

Такту протікають невірноважені реакції відновлення вуглецю міддю завдяки наявності в матеріалі природного графіту з модифікатором ніобієм.

Результати вимірювання контактної опору при нерухомому контакті провідника із запропонованими та серійними вставками показали, що при силі натиснення менше 40 Н він значно підвищується. Теж саме відбувалося і при натисненні більше 100 Н. Це можна пояснити макродеформацією струмознімальних вставок, що в результаті змінювало фактичну площу ковзного контакту. Результати наведені в табл. 2.

Дані таблиці показують, що оптимальним натисненням вставки на контактний провідник є зусилля 60...80 Н. Це можна пояснити макродеформацією ковзного контакту, що в результаті змінювало фактичну площу контакту. При цьому досягається найнижчий контактний електричний опір, величина якого практично співпадає з тією, що отримана під час дослідів при нерухомому контакті.

Сила струму має суттєвий вплив на контактний опір. При поступовому підвищенні сили струму, майже у всіх випадках він різко знижується. Це можна пояснити зростанням розмірів контактних плям. В деяких випадках в окремих ковзних контактах, знижується твердість сполучених елементів та руйнуються поверхневі плівки, чого не відбувається в ковзних контактах із запропонованими матеріалами вставок.

З метою наближення до експлуатаційних умов роботи міського електротранспорту та для більш чіткої уяви про залежність контактної

електроопору від сили струму з подачею води у контакт були проведені дослідження, результати яких показані на рис. 2.

Таблиця 2

Середній контактний електроопір ковзного контакту в залежності від сили струму та сили натиснення на установці БК-1 ($V=12,4$ м/с, $S=10^4$ м)

№ досліджу	Ковзний контакт	Сила струму, А	Середній контактний електроопір, $\times 10^{-3}$, Ом					
			Сила натиснення, Н					
			20	40	60	80	100	120
1	Зразок проводу МФ-100 та зразок серійної вставки	30	40	28	21	23	29	29
		60	36	25	16	17	19	18
		90	35	21	12	14	15	17
		120	28	17	9	11	13	15
		150	19	14	9	10	11	14
2	Зразок проводу МФ-100 та зразок вставки № 1	30	26	21	17	18	21	23
		60	22	19	13	14	18	19
		90	20	15	9	10	14	16
		120	17	12	7	7	10	12
		150	12	10	5	6	9	11
3	Зразок проводу МФ-100 та зразок вставки № 2	30	31	21	15	17	20	21
		60	27	17	11	14	15	16
		90	19	15	8	10	12	13
		120	14	10	7	8	9	10
		150	10	8	6	6	7	8

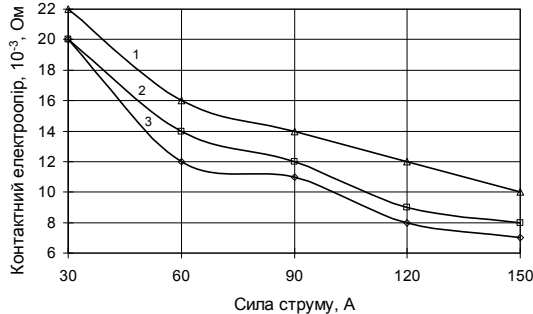


Рис. 2. Залежність середнього контактного опору між проводом і вставкою під час досліджень на установці БК-1 ($P=60$ Н, $V=12,4$ м/с, $S=10^4$ м, з подачею води у контакт) у ковзних контактах: 1 – МФ-100 та серійна вставка; 2 – МФ-100 та запропонована вставка № 1; 3 – МФ-100 та запропонована вставка № 2

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Гаркунов Д.Н. Триботехника (пособие для конструктора). – М.: Машиностроение, 1999.– 336 с.
- Берент В.Я. Перспективы улучшения работы сильноточного скользящего контакта «контактный провод – токосъёмный элемент полоза токоприёмника» // Железные дороги мира. – 2002. – № 10. – С. 46-50.
- Берент В.Я. Процессы взаимодействия токосъёмных элементов электроподвижного состава и

З графіків, наведених на рис. 2 можна бачити, що контактний електроопір усіх ковзних контактів з подачею води у контакт дещо вищий, ніж без води. Залежність контактного опору для всіх ковзних контактів від струму – нелінійна, що пояснюється напівпровідниковими властивостями окисної плівки на контактному проводі. Величина і характер спрацювання взаємодіючих елементів ковзних контактів передусім залежить від таких триботехнічних характеристик як шорсткість поверхні, коефіцієнт тертя, температура в зоні контакту та інших. Розглянемо їх більш детально.

Висновки

Стендові дослідження ковзних контактів показали, що середній питомий знос запропонованих вставок менше за серійні в 1,7...2,1 рази. Під час взаємодії контактної проводу з запропонованими вставками, його питомий знос нижче на 16,7...33,3 % у порівнянні з ковзним контактом із серійними вставками. Подача води у ковзний контакт на питомий знос запропонованих вставок № 1-2 суттєво не впливає, при цьому, величина зносу серійних вставок більша за запропоновані у 2...3 рази, а подача води у контакт призводить до різкого підвищення величини їх зносу.

Наявність та значення сили струму в ковзних контактах із запропонованими вставками на величину зносу обох елементів практично не впливала. Результати свідчать, що в досліджуваній парі тертя ковзного контакту протікають невірноважені реакції відновлення вуглецю міддю завдяки наявності в матеріалі природного графіту з модифікатором ніобієм.

Контактний електроопір ковзних контактів із запропонованими вставками № 1-2 у порівнянні із контактом із серійними вставками нижче в 1,3...1,9 рази. Подача води у контакт призвела до підвищення контактної електроопору, але, при застосуванні запропонованих вставок він нижче в 1,1...1,4 рази в порівнянні з серійними.

REFERENCES

- Garkunov D.N. *Tribotekhnika (posobie dlja konstruktora)* [Tribotechnology (aid for the designer)]. – М.: Mashinostroenie, 1999.– 36 s.
- Berent V.Ja. *Perspektivy uluchshenija raboty sil'notochnogo skol'zjashhego kontakta "kontaktnyj provod – tokosjomnyj jelement poloza tokoprijomnika"* [Improve the prospects of a high sliding contact "contact wire - current collection element trolley run-

контактного проводу, матеріали і прогресивні технології їх виготовлення: Автореф. дис... д-ра техн. наук. – М., 1996. – 45 с.

4. Берент В.Я. Свойства токосъемных элементов ползов токоприемников электроподвижного состава и области их рационального использования // Технология. – 1998. – № 3 – 4. – С. 32-41.

5. Гершман И. С. Токосъемные углеродно-медные материалы // Вестник ВНИИЖТ. – 2002. – № 5. – С. 15-20.

6. Гершман И.С., Бучнев Л.М. Токосъемные углеродные материалы нового поколения // Вестник ВНИИЖТ. – 2003. – № 6. – С. 36 – 41.

7. Патент України №76816. Струмознімний ковзний елемент / Сергієнко С.А., Коваль В.А. // Бюл. – 2013. – №1.

8. Патент України №77745. Струмознімний ковзний елемент / Сергієнко С.А., Коваль В.А. // Бюл. – 2013. – №4.

9. Ханин М.В. Механическое изнашивание материалов. – М.: Изд. стандартов, 1984. – 152 с.

Надійшла до друку 22.04.2013.

ner"] // Zheleznye dorogi mira. – 2002. – № 10. – С. 46-50.

3. Berent V.Ja. *Svojstva tokosemnyh jelementov polozov tokopriemnikov jelektropodvizhnogo sostava i oblasti ih racional'nogo ispol'zovanija* [The interactions of pick-electric rolling elements and the contact wire, materials and advanced manufacturing technology]// Tehnologija. – 1998. – № 3 – 4. – С. 32-41.

4. Berent V.Ja. *Svojstva tokosemnyh jelementov polozov tokopriemnikov jelektropodvizhnogo sostava i oblasti ih racional'nogo ispol'zovanija* [Properties of current collecting elements snakes pantographs of electric rolling stock and their management]// Tehnologija. – 1998. – № 3 – 4. – С. 32-41.

5. Gershman I. S. *Tokosemnye uglerodno-mednye materialy* [Collector carbon-copper materials] // Vestnik VNIIZhT. – 2002. – № 5. – С. 15-20.

6. Gershman I.S., Buchnev L.M. *Tokosemnye uglerodnye materialy novogo pokolenija* [Collector carbon materials of new generation]// Vestnik VNIIZhT. – 2003. – № 6. – С. 36 – 41.

7. Patent Ukraini №76816. *Strumoznimnij kovzний element* [Current collection rolling element] / Sergienko S.A., Koval V.A. // Bjul. – 2013. – №1.

8. Patent Ukraini №77745. *Strumoznimnij kovzний element* [Current collection rolling element] / Sergienko S.A., Koval V.A. // Bjul. – 2013. – №4.

9. Hanin M.V. *Mehanicheskoe iznashivanie materialov*. [Mechanical wear of materials] – М.: Izd. standartov, 1984. – 152 s.

Статтю рекомендовано до друку д.т.н., професором *М. В. Панасенком*

До одних з найбільш поширених на міському електротранспорті рухомих сполучень відносяться ковзні електричні контакти. Особлива складність вирішення триботехнічних проблем у ковзних електричних контактах обумовлена дією електричного струму, що призводить до інтенсифікації умов зовнішнього тертя і зношування. Для забезпечення надійності роботи ковзних контактів міського електротранспорту ставлять вимоги щодо їх фізико-механічних та триботехнічних властивостей. На основі аналізу літературних джерел [2-6] встановлено, що недоліками всіх відомих струмознімальних елементів є відсутність фізико-хімічної взаємодії складових компонентів матеріалу, яка є наслідком отримання високого питомого електроопору та низької зносостійкості. Тому, у роботі запропоновано проведення стендових досліджень нових ковзних контактів міського електротранспорту та порівняння значень із серійними контактами.

Дослідження показали, що середній питомий знос запропонованих вставок менше за серійні в 1,7...2,1 рази. Під час взаємодії контактного проводу з запропонованими вставками, його питомий знос нижче на 16,7...33,3 % у порівнянні з ковзним контактом із серійними вставками. Подача води у ковзний контакт на питомий знос запропонованих вставок № 1-2 суттєво не впливає, при цьому, величина зносу серійних вставок більша за запропоновані у 2...3 рази, а подача води у контакт призводить до різкого підвищення величини їх зносу. Контактний електроопір ковзних контактів із запропонованими вставками № 1-2 у порівнянні із контактом із серійними вставками нижче в 1,3...1,9 рази. Подача води у контакт призвела до підвищення контактного електроопору, але, при застосуванні запропонованих вставок він нижче в 1,1...1,4 рази в порівнянні з серійними.

Ключові слова: міський електротранспорт, ковзний контакт, триботехніка, електроопір, зносостійкість.

УДК 621.891

В. А. КОВАЛЬ (КРЕМЕНЧУГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ МИХАИЛА ОСТРОГРАДСКОГО)

Кафедра «Транспортные технологии», Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина, тел.: (050) 308-01-67, эл. почта: kovalvitalii@ya.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ СТЕНДОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКОЛЬЗЯЩИХ КОНТАКТОВ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

К одним из наиболее распространенных на городском электротранспорте подвижных соединений относятся скользящие электрические контакты. Особая сложность решения триботехнических проблем в скользящих электрических контактах обусловлена действием электрического тока, что приводит к интенсификации условий внешнего трения и изнашивания. Для обеспечения надежности работы скользящих контактов городского электротранспорта ставят требования по повышению их физико-механических и триботехнических свойств. На основе анализа литературных источников [2-6] установлено, что недостатками всех известных токосъемных элементов является отсутствие физико-химического взаимодействия составляющих компонентов материала, что является следствием получения высокого удельного электросопротивления и низкой износостойкости. Поэтому в работе предложено проведение стендовых испытаний новых скользящих контактов городского электротранспорта и сравнение их значений с серийными контактами.

Исследования показали, что средний удельный износ предложенных вставок меньше серийных в 1,7 ... 2,1 раза. При взаимодействии контактного провода с предложенными вставками, его удельный износ ниже на 16,7 ... 33,3% по сравнению со скользящим контактом с серийными вставками. Подача воды в скользящий контакт на удельный износ предложенных вставок № 1-2 существенно не влияет, при этом, величина износа серийных вставок больше предложенных в 2 ... 3 раза, а подача воды в контакт приводит к резкому повышению величины их износа. Контактный электросопротивление скользящих контактов с предложенными вставками № 1-2 по сравнению с контактом с серийными вставками ниже в 1,3 ... 1,9 раза. Подача воды в контакт привела к повышению контактного электросопротивления, но при применении предложенных вставок оно ниже в 1,1 ... 1,4 раза по сравнению с серийными.

Ключевые слова: городской электротранспорт, скользящий контакт, триботехника, электросопротивления, износостойкость.

Статью рекомендовано к печати д.т.н, профессором *Н. В. Панасенком*

UDC 621.891

V. A. KOVAL (KREMENCHUK NATIONAL UNIVERSITY NAMED AFTER MIHAYLO OSTROGRADSKII)

Department of Technologies of Transport, Kremenchuk National University named after M. Ostrogradskiy, 20 Pervomayskaya Street, Kremenchuk, Ukraine, 39600, tel.: (050) 308-01-67, e-mail: kovalvitalii@ya.ru

RESULTS POSTER RESEARCH SLIDER MUNICIPAL ELECTRIC

In one of the most common for municipal electric connections are moving sliding electrical contacts. Particular difficulty solving problems tribotechnical sliding electrical contacts caused by an electric current, which leads to an intensification of the conditions of external friction and wear. To ensure the reliability of sliding contacts urban electric demands placed on their physical and mechanical properties and tribotechnical. Based on the analysis of the literature [2-6] established that all known defects current collection element is the lack of physical and chemical interactions of the components of the material, which is a consequence of a high resistivity and low durability. Therefore, the paper suggests conducting bench research of new urban electric sliding contacts and comparing the values with serial contacts.

Studies have shown that the average specific wear inserts offered less for serial 1.7 ... 2.1 times. During the interaction with the proposed contact wire inserts its specific wear below 16.7 ... 33.3% compared to sliding contact with serial inserts. Water in sliding contact on the specific wear inserts proposed № 1-2 not significantly affected, while the value of depreciation serial inserts larger than proposed in 2 ... 3 times, and the supply of water in contact leads to a sharp increase in the value of wear. Contact electrical sliding contacts with proposed inserts № 1-2 compared to contact with serial inserts below 1.3 ... 1.9 times. Water in contact led to an increase in contact resistance, but the application of the proposed inserts it below 1.1 ... 1.4 times in comparison with the serial.

Keywords: city electric, sliding contact, tribotechnics, electrical resistance, wear resistance.

Prof. *M. V. Panasenko*, D. Sc. (Tech.) recommended this article to be published.

© Коваль В. А., 2013