

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

СКУРІХІН ВЛАДИСЛАВ ІГОРОВИЧ



УДК 629.423.33

**РОЗВИТОК РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ
РАЦІОНАЛЬНОГО СТРУМОЗНІМАННЯ
НА МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ**

Спеціальність 05.22.09 – електротранспорт

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Харківському національному університеті міського господарства імені О.М. Бекетова Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Далека Василь Хомич,
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, завідувач кафедри електричного транспорту.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Муха Андрій Миколайович,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, завідувач кафедри електротехніки та електромеханіки

кандидат технічних наук, доцент
Павшенко Андрій Васильович,
Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри механіки і проектування машин

Захист відбудеться «16» березня 2016 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.15 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розіслано «12» лютого 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Якунін Д.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Рівень ресурсозбереження на міському електротранспорті в значній мірі залежить від інтенсивності зношування окремих елементів транспортних засобів, систем електропостачання, управління рухом та колійного господарства. Одним із елементів системи електропостачання міського електричного транспорту (МЕТ), який підлягає інтенсивному зношуванню є контактний провід. Знос контактного проводу прийнято поділяти на електроерозійний і механічний. Механічний знос переважає при великих швидкостях руху в основному на залізничному транспорті. На міському електротранспорті в силу малих швидкостей пересування і великої частоти пусків, в 80% випадків, переважає електроерозійний знос.

Умови роботи контактного проводу потребують, щоб його матеріал мав високу електричну провідність, міцність, зносостійкість, електроерозійну стійкість і мінімальну вартість. Зазначеним комплексом властивостей не володіє жоден метал і сплав, тому при виборі матеріалу проводу доводиться приймати різні компромісні рішення. Найбільш широко використовуються мідні контактні проводи, що мають достатню механічну міцність та електричну провідність, але вартість міді досить висока, тому постійно робляться спроби замінити мідь більш дешевими металами і сплавами. Тому для електротранспорту були запропоновані різні варіанти для заміни мідного контактного проводу, зокрема сталеві алюмінієві. Експлуатація виявила ряд недоліків, серед яких низька зносостійкість і розшарування. Контактні проводи із сплавів алюмінію в умовах експлуатації показали недостатню міцність. Також були спроби використання сталевих контактних проводів, але його високий електричний опір, інтенсивна корозія і низькі зносостійкі властивості показали неперспективність таких проводів.

Перспективним є використання сталевих алюмінієвих проводів в якому поверхня тертя алюмінієва, що підвищує електропровідність, а в якості армуючого елемента застосовується сталевий стрижень. Така конструкція поєднує в собі властивості високої електропровідності і міцності в порівнянні зі сталевим алюмінієвим проводом старого зразка, і низької вартості в порівнянні з мідним проводом.

Таким чином, удосконалення та визначення перспективної конструкції контактних проводів дозволить знизити експлуатаційні витрати на утримання трамвайної та тролейбусної мережі, підвищити рівень ресурсозбереження системи електропостачання, що є актуальною науково-практичною задачею для електричного транспорту і визначає напрямок досліджень дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі електричного транспорту ХНУМГ імені О.М. Бекетова у рамках завдань держбюджетної НДР України: «Розробка стенду для фізичного моделювання процесів, що проходять в контакті «струмоприймач - контактний провід» (ДР № 0108U000390), в який здобувач був виконавцем окремих етапів.

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є вирішення науково-практичної задачі розвитку ресурсозберігаючих технологій раціонального струмознімання на міському електротранспорті за рахунок застосування альтернативних матеріалів і удосконаленої конструкції контактних проводів.

Для досягнення зазначеної мети поставлені наступні задачі:

- провести аналіз стану використання ресурсів на міському електротранспорті;
- експериментально дослідити вплив основних експлуатаційних факторів на інтенсивність зношування контактного проводу;
- встановити закономірність втрат електроенергії від величини зносу контактного проводу; розробити математичну модель динаміки зношування контактного проводу, що встановлює зв'язок з геометричними і електрофізичними параметрами ковзного контакту для мережі електропостачання міського електротранспорту;
- виконати експериментальні дослідження та розробити рекомендації з підвищення зносостійкості струмопровідних елементів;
- обґрунтувати використання сталевалюмінієвого контактного проводу для мережі електропостачання міського електротранспорту та оцінити ефективність впровадження результатів роботи.

Об'єкт дослідження – процеси, які відбуваються при експлуатації контактного проводу міського електротранспорту.

Предмет дослідження – ресурсозбереження при експлуатації контактного проводу міського електротранспорту.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційної роботи використовувався метод повного факторного експерименту для дослідження зносу контактного проводу; метод кореляційного аналізу для виявлення впливу експлуатаційних факторів на знос контактного проводу при русі електротранспорту на маршрутах. В дослідженнях, які пов'язані зі зміною форми контактного проводу застосовуються методи математичної фізики. Для експериментальних досліджень зносу контактного проводу використовувався пристрій фізичного моделювання основних параметрів струмознімання. Вимірювання величини зносу контактного проводу проводились методом штучних баз і ваговим методом. Теоретичні розрахунки та статистичну обробку експериментальних даних проведено з використанням прикладної програми MATLAB, застосовуючи методи математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше розроблена математична модель динаміки зношування контактного проводу, яка дозволяє на основі геометричних параметрів ковзного контакту прогнозувати величину зносу, а також визначити необхідні силові, кінематичні, динамічні та енергетичні параметри для проектування форми і вибору матеріалу контактного проводу;
- вперше визначено закономірності ступеня зношування контактного проводу міського електротранспорту від умов експлуатації та величини струму транспортного засобу на лінії та в депо, доведено, що інтенсивність зношування, в найбільшій мірі, залежить від струму споживання;
- удосконалено метод визначення технічного ресурсу сталевалюмінієвого контактного проводу для цілеспрямованого розподілу рухомого складу за маршрутами з різними умовами експлуатації;
- отримав подальший розвиток метод раціонального підбору елементів ходових частин, який дозволяє знизити струмоспоживання рухомою одиницею та

інтенсивність зношування контактного проводу, тобто зменшити витрати ресурсів при експлуатації електротранспорту.

Практичне значення отриманих результатів для електричного транспорту полягає у:

- розробці рекомендацій щодо застосування сталевалюмінієвого контактної проводу в контактній мережі електротранспорту м. Харкова на ділянках з низькою інтенсивністю руху;

- розробці пристрою для фізичного моделювання основних параметрів струмознімання системи електропостачання електротранспорту (Патент України на корисну модель UA №53528);

- розробці рекомендацій щодо раціонального підбору елементів ходових частин для міського електротранспорту, який дозволяє знизити струмоспоживання рухомою одиницею та інтенсивність зношування контактної проводу в місцях його буксування.

Практична цінність підтверджена актами впровадження результатів дисертаційної роботи на комунальних підприємствах м. Харкова: Енергослужба „Міськелектротрансервіс” та Харківський метрополітен.

Результати роботи використані в навчальному процесі при викладанні спеціальних дисциплін: «Ресурсозбереження на транспорті», «Електропостачання електротранспорту», «Енергозбереження та енергетичний менеджмент», а також при дипломному та курсовому проектуванні в ХНУМГ імені О.М. Бекетова.

Особистий внесок здобувача. Положення і результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: проведено аналіз різних видів зносу деталей рухомого складу по ряду основних класифікаційних ознак, виконана оцінка їх кількісних і якісних характеристик, сформульовані заходи щодо зменшення зносу вузлів і агрегатів рухомого складу; розроблено математичну модель зношування контактної проводу, проведено аналіз можливості застосування сталевалюмінієвого контактної проводу нового зразка при експлуатації в контактній мережі міста з урахуванням чинників, що впливають на знос; запропоновано застосування сталевалюмінієвого контактної проводу на ділянках контактної мережі міста з низькою інтенсивністю руху; запропоновано раціональний підбір колісно-моторних блоків для можливості раціонального струмоспоживання рухомою одиницею за допомогою ПЕОМ; розроблено пристрій для дослідження процесів взаємодії струмоприймача електрорухомого складу з контактним проводом.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали результатів дисертаційної роботи доповідалися на: 2-й і 3-й Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми, перспективи та нормативно-правове забезпечення енерго-, ресурсозбереження в житлово-комунальному господарстві», (м. Алушта, АР Крим, 2006, 2007р.р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сталий розвиток міст. Електричний транспорт - перспективи розвитку та кадрове забезпечення», (м.Харків, 2009р.); Міжнародній студентській науково-технічній інтернет - конференції «Новейшие технологии в электроэнергетике» (м. Харків, 2009р.); 33-й, 35-й, 36-й науково-технічній конференції викладачів, аспірантів і співпрацівників ХНАМГ «Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов»

(м. Харків 2006, 2010, 2012р.р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми та перспективи розвитку технічних засобів транспорту та систем автоматизації» (м. Харків 2014р.).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані в 17 наукових роботах, з них 7 статей у наукових фахових виданнях України (1 – у виданні, яке входить до наукометричних баз), 1 – у періодичному фаховому іноземному виданні, 8 – у матеріалах наукових конференцій, 1 патент на корисну модель.

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних науково-технічних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 164 сторінки, з них: 31 рисунок по тексту; 2 рисунки на 2 окремих сторінках; 16 таблиць по тексту; 126 найменувань джерел на 13 сторінках; 3 додатки на 11 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету роботи, задачі досліджень, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, надано інформацію про апробацію роботи і публікації основних результатів.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан розв'язання проблеми ресурсозбереження на міському електротранспорті з точки зору зносу контактуючих поверхонь та їх триботехнічних особливостей. Систематизовані результати фундаментальних наукових робіт в галузі електротранспорту, де значна увага приділяється формуванню ресурсозберігаючої експлуатації електротранспорту за рахунок раціонального струмознімання.

Визначено, що для якісної і кількісної оцінки ефективності ресурсоспоживання перспективним є оцінка споживання ресурсів за питомими витратами на одну транспортну послугу. Цей показник за останні шість років збільшився майже в 2,4рази, а також погіршились показники питомих витрат на одиницю пробігу в 2,7рази, відношення виручки до витрат зменшилось на 13,4 %.

Відзначено, що основними ресурсами для МЕТ є матеріальні, енергетичні, трудові, інформаційні та фінансові ресурси. На основі оцінки рівня та резервів ресурсозбереження встановлено, що питома вага матеріальних витрат в собівартості послуг – 12,8 - 34,8%, оплата за електроенергію – 16,7 - 33,2%, а заробітна плата складає 27,3 - 35,5%, це свідчить про першочерговість прийняття рішень з раціонального використання відповідних ресурсів.

Оцінка рівня та резервів ресурсозбереження на МЕТ, аналіз процесів зношування, умов експлуатації потребує впроваджувати досягнення науково-технічного прогресу та вирішити науково – практичну задачу розвиток ресурсозберігаючих технологій раціонального струмознімання на МЕТ за рахунок застосування альтернативних матеріалів, удосконалити конструкцію контактного проводу, удосконалити умови та режими експлуатації електротранспорту.

Другий розділ присвячений теоретичним дослідженням процесів та режимів зношування пари тертя «контактний провід – струмоприймач».

У загальному випадку транспортне підприємство (МЕТ) експлуатує по кілька типів трамвайних вагонів $j_{тм} = 1, 2, \dots, J_{тм}$ і тролейбусів $j_{тб} = 1, 2, \dots, J_{тб}$ на різних

$i_{mm} = 1, 2, \dots, I_{mm}$, $i_{m\bar{b}} = 1, 2, \dots, I_{m\bar{b}}$ маршрутах, які мають різні показники витрат ресурсів та обсягів наданих транспортних послуг, тому:

$$r_{i_{mm}} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{V_{c1mm} \cdot l_{1mm}^{\alpha_{\langle j=1mm \rangle}} \cdot I_{c1mm}}{\sum_{i=1}^n l_i^{\langle j=1mm \rangle}}; \\ \frac{V_{c2mm} \cdot l_{2mm}^{\alpha_{\langle j=2mm \rangle}} \cdot I_{c2mm}}{\sum_{i=1}^n l_i^{\langle j=1mm \rangle}}; \\ \dots; \\ \frac{V_{c3mm} \cdot l_{3mm}^{\alpha_{\langle j=3mm \rangle}} \cdot I_{c3mm}}{\sum_{i=1}^n l_i^{\langle j=1mm \rangle}} \end{array} \right. ; \quad r_{i_{m\bar{b}}} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{V_{c1m\bar{b}} \cdot l_{1m\bar{b}}^{\alpha_{\langle j=1m\bar{b} \rangle}} \cdot I_{c1m\bar{b}}}{\sum_{i=1}^n l_i^{\langle j=1m\bar{b} \rangle}}; \\ \frac{V_{c2m\bar{b}} \cdot l_{2m\bar{b}}^{\alpha_{\langle j=2m\bar{b} \rangle}} \cdot I_{c2m\bar{b}}}{\sum_{i=1}^n l_i^{\langle j=1m\bar{b} \rangle}}; \\ \dots; \\ \frac{V_{c5m\bar{b}} \cdot l_{5m\bar{b}}^{\alpha_{\langle j=5m\bar{b} \rangle}} \cdot I_{c5m\bar{b}}}{\sum_{i=1}^n l_i^{\langle j=1m\bar{b} \rangle}} \end{array} \right. ; \quad (1)$$

де r_i – витрати ресурсів; V_c – середня швидкість; l – пробіг на маршруті; I_c – величина струму; n – кількість маршрутів.

Одним з основних техніко-економічних показників роботи рухомого складу на лінії є кількість повернень тролейбусів з лінії в депо та простої в лінії внаслідок несправностей. Відомо, що несправності і відмови рухомого складу (руйнування елементів конструкції, порушення ізоляції струмопровідних частин електричного устаткування, зміни форми, розмірів деталей, а також фізичних властивостей матеріалів і т.п.) є наслідком трьох груп причин: дефектів конструкції при виготовленні на заводі, неправильної експлуатації і природного зносу.

При цьому вважається, що умови експлуатації рухомого складу на різних маршрутах однакові. Однак розходження факторів експлуатаційного навантаження по різному впливає на інтенсивність відмов окремих елементів рухомого складу. Тому оцінено вплив умов руху на кількість повернень рухомого складу з лінії, що пов'язані із зносом деталей, використовуючи кореляційні методи.

Як елементи послідовності P_i використовувалися дані по поверненнях рухомого складу за рік для i -ого маршруту, що обчислювалися на основі звітних даних підприємства (рис.1). Як послідовності ρ_{ki} використовувалися: ρ_{1i} - кількість зупинних пунктів на i -ому маршруті, ρ_{2i} - кількість світлофорів на i -ому маршруті, ρ_{3i} - кількість перетинань на i -ому маршруті, ρ_{4i} - кількість поворотів на i -ому маршруті.

За результатами обробки статистичних даних експлуатаційних відмов тролейбусного депо №3 м. Харкова на основі регресійного аналізу отримані значення коефіцієнтів регресії:

$$r(P_i, \rho_{1i}) = -0,291; \quad r(P_i, \rho_{2i}) = 0,455; \quad r(P_i, \rho_{3i}) = 0,119; \quad r(P_i, \rho_{4i}) = 0,386.$$

Результати досліджень приведені на рис.1.

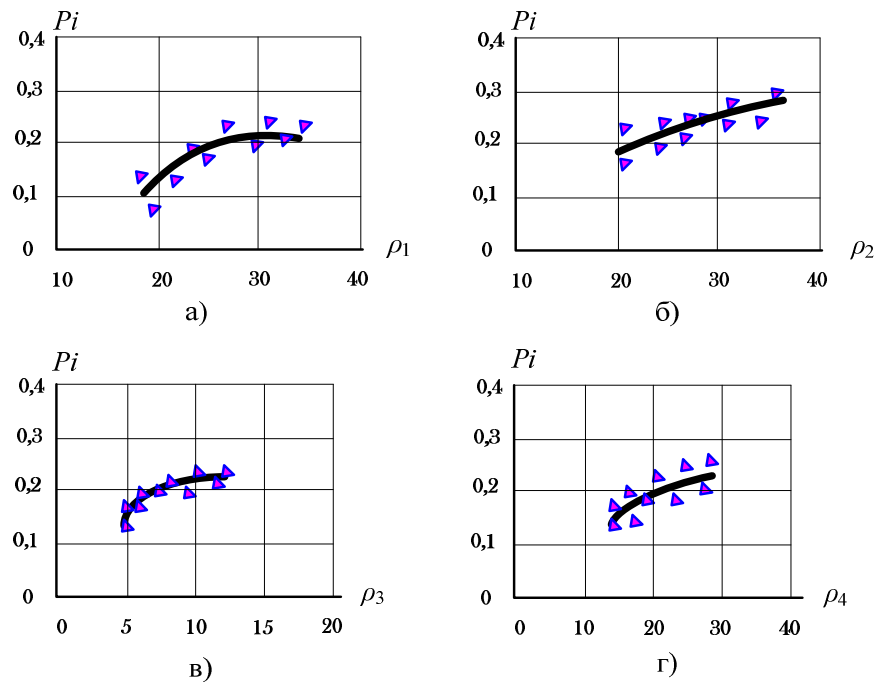


Рисунок 1 – Вплив умов експлуатації на технічний ресурс тролейбусів:

P_i – кількість повернень на десять тролейбусів; ρ_1 – кількість світлофорів;
 ρ_2 – кількість пунктів зупинок; ρ_3 – кількість поворотів; ρ_4 – кількість перетинань.

На основі регресійного аналізу отримана регресійна залежність, яка характеризує взаємозв'язок кількості повернень тролейбусів від умов руху

$$P(\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4) = 0,271 - 0,004432\rho_1 + 0,019\rho_2 + 0,003417\rho_3 + 0,005194\rho_4. \quad (2)$$

Значення коефіцієнтів при відповідних аргументах (2) дозволяє оцінити вплив даного аргументу на кількість повернень рухомого складу з лінії. На маршрутах, які були обстежені, найбільший вплив на кількість повернень рухомого складу з лінії має кількість зупинок на маршруті. Таким чином, виконується оцінка залежності кількості повернень рухомого складу з лінії по відмовам від характеристик маршрутів, що визначають умови руху, тобто в цілому умов експлуатації для прийняття рішень з розробки заходів ресурсозбереження.

Характерним для всього електричного транспорту є втрати електричної енергії в електричному колі: тягова підстанція; контактний провід, струмоприймач, системи керування електродвигуном, тяговий двигун, допоміжне обладнання, тягова підстанція. Слід зазначити, що в чинних нормативах експлуатації систем електропостачання, середні втрати напруги від шин тягової підстанції до струмоприймача рухомого складу на секції контактної мережі при плановій частоті руху обмежуються до 15% номінальної напруги на шинах, а в вимушених режимах цей показник майже вдвічі більший.

Досліджено процес зношування на прикладі ряду фрикційних зв'язків та виявлено, що найбільш інтенсивному зносу на транспорті в процесі експлуатації піддаються вузли тертя, а саме пара тертя «контактний провід – струмоприймач»,

тому обрано дослідження проводити в даному напрямку.

Якнайповніше процеси зносу характеризуються по роботі ковзаючих електричних поверхонь. Збільшення шорсткості поверхонь в результаті утворення задрів призводить до зростання густини струму, що підвищує електроерозійний знос контактів через оплавлення окремих нерівностей і мікробухів на них. Таким чином, механізми руйнування контактів при дії на них електричних розрядів зводяться в основному до процесів декількох видів: механічного та електроерозійного. Якщо враховувати низьку швидкість пересування міського електротранспорту, то вплив електроерозійного зносу превалює над механічним.

В результаті процесу тертя відбувається зміщення u_x , u_y , u_z елемента, тобто знос контактного провoda, вздовж осей координат OX, OY, OZ, яке можна визначити за виразами:

$$u_x = \frac{\partial A}{\partial y} dy + \frac{\partial A}{\partial z} dz + \frac{\int_{y_1}^{y_2} \left[\int_{z_1}^{z_2} f(y, z) dz \right] dy}{\sqrt{f(y, z, c_1)}} = \frac{\partial A}{\partial y} \lambda m + \frac{\partial A}{\partial z} \lambda n + \frac{\int_{y_1}^{y_2} \left[\int_{z_1}^{z_2} f(y, z) dz \right] dy}{\sqrt{f(y, z, c_1)}}; \quad (3)$$

$$u_y = \frac{\partial A}{\partial x} dx + \frac{\partial A}{\partial z} dz + \frac{\int_{x_1}^{x_2} \left[\int_{z_1}^{z_2} f(x, z) dz \right] dx}{\sqrt{f(x, z, c_2)}} = \frac{\partial A}{\partial x} \lambda l + \frac{\partial A}{\partial z} \lambda n + \frac{\int_{x_1}^{x_2} \left[\int_{z_1}^{z_2} f(x, z) dz \right] dx}{\sqrt{f(x, z, c_2)}}; \quad (4)$$

$$u_z = \frac{\partial A}{\partial x} dx + \frac{\partial A}{\partial y} dy + \frac{\int_{x_1}^{x_2} \left[\int_{y_1}^{y_2} f(x, y) dy \right] dx}{\sqrt{f(x, y, c_3)}} = \frac{\partial A}{\partial x} \lambda l + \frac{\partial A}{\partial y} \lambda m + \frac{\int_{x_1}^{x_2} \left[\int_{y_1}^{y_2} f(x, y) dy \right] dx}{\sqrt{f(x, y, c_3)}}, \quad (5)$$

де λ – початкові розміри контактного провoda; l , m , n – спрямовуючі косинуси, які відображують умови навантаження при протіканні відповідних процесів тертя; $f(y, z)$, $f(x, z)$, $f(x, y)$ – функції, що характеризують зношування в перерізах XOY, XOZ, YOZ; c_1 , c_2 , c_3 – константи, які залежать від форми робочої поверхні контактного провoda; а кількість поглинутої електромеханічної енергії в процесі тертя

$$A = \mu FL + kIU t, \quad (6)$$

де μ – механічний коефіцієнт тертя; F – навантаження; L – шлях тертя (пробіг); k – електричний коефіцієнт тертя; I – сила струму, що знімається; U – напруга контактної мережі; t – час протікання струму в ковзному контакті.

Кількість енергії в контакті «контактний провід - струмоприймач» залежить від інтенсивності енергії, що підводиться та розсіюється. Якщо інтенсивність підведеного потоку енергії подати через похідну від поглинутої енергії за часом t , то потужність тертя визначається рівнянням

$$\frac{dA}{dt} = \mu F V + k I U, \quad (7)$$

де V – швидкість руху.

Враховуючи вираз (6), зміщення u_x , u_y , u_z контактної провідності вздовж осей координат OX , OY , OZ у залежності від пробігу електротранспорту має вигляд:

$$u_x = \left(\mu F + \frac{k I U}{V} \right) \left(\frac{\partial L}{\partial y} m + \frac{\partial L}{\partial z} n \right) \lambda + \frac{\int_{y1}^{y2} \left[\int_{z1}^{z2} f(y, z) dz \right] dy}{\sqrt{f(y, z, c_1)}}; \quad (8)$$

$$u_y = \frac{\int_{x1}^{x2} \left[\int_{z1}^{z2} f(x, z) dz \right] dx}{\sqrt{f(x, z, c_2)}}; \quad (9)$$

$$u_z = \left(\mu F + \frac{k I U}{V} \right) \left(\frac{\partial L}{\partial x} l + \frac{\partial L}{\partial y} m \right) \lambda + \frac{\int_{x1}^{x2} \left[\int_{y1}^{y2} f(y, x) dy \right] dx}{\sqrt{f(x, y, c_3)}}. \quad (10)$$

Зміщення u_y (9) визначає координати точок при зміщенні u_x , u_z ковзного елемента вздовж осей координат OX та OZ .

Графічна залежність зношування контактної провідності в залежності від пробігу представлена на рис. 2.

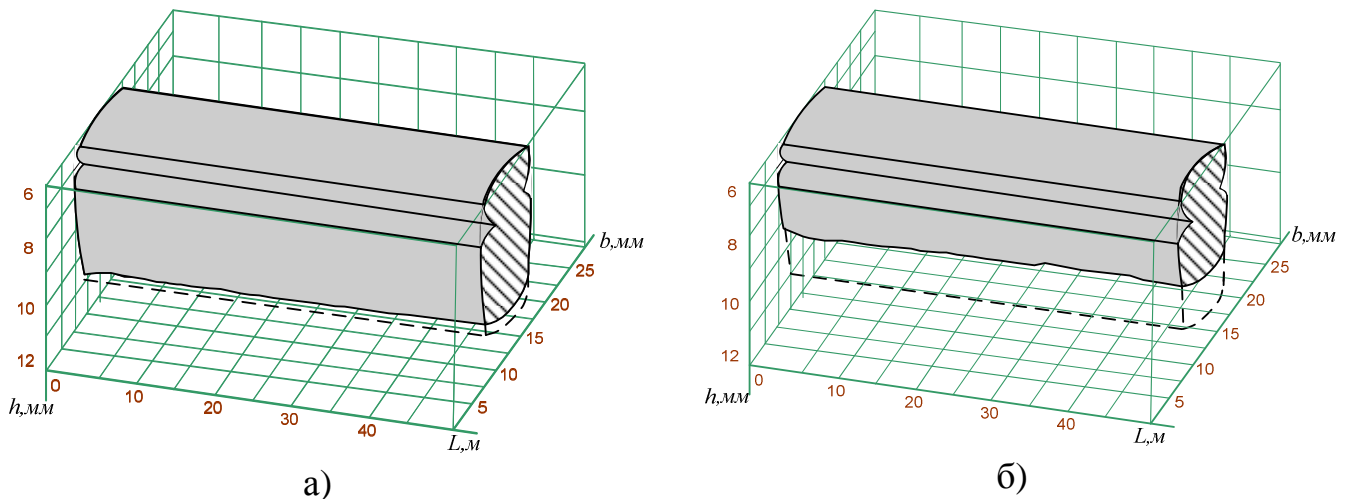


Рисунок 2 – Утворений переріз контактної провідності при пробігу міського електротранспорту, тис. км: (а) - 350; (б) – 650: L – довжина перегону; h – висота контактної провідності; b – товщина контактної провідності.

Розв'язуючи систему рівнянь (8)-(10) при відповідних початкових умовах та

враховуючи геометрію вихідного стану контактної провід, визначається зміщення u_x , u_z тобто знос, а потім утворений переріз контактної провід при відповідному пробігу та експлуатаційних навантаженнях МЕТ.

В третьому розділі приділено увагу експериментальним дослідженням процесів зношування контактної провід.

У розрахунках систем електропостачання МЕТ знос провідів або не враховується зовсім, або приймається однаковим по всій довжині секції. Між тим, як свідчать результати досліджень, розподіл зносу по довжині перегону є дуже нерівномірним: у зоні пуску (на зупинці, перед світлофором і т.п.) знос більше ніж в 2 рази відносно зносу у середній частині перегону (рис.3).

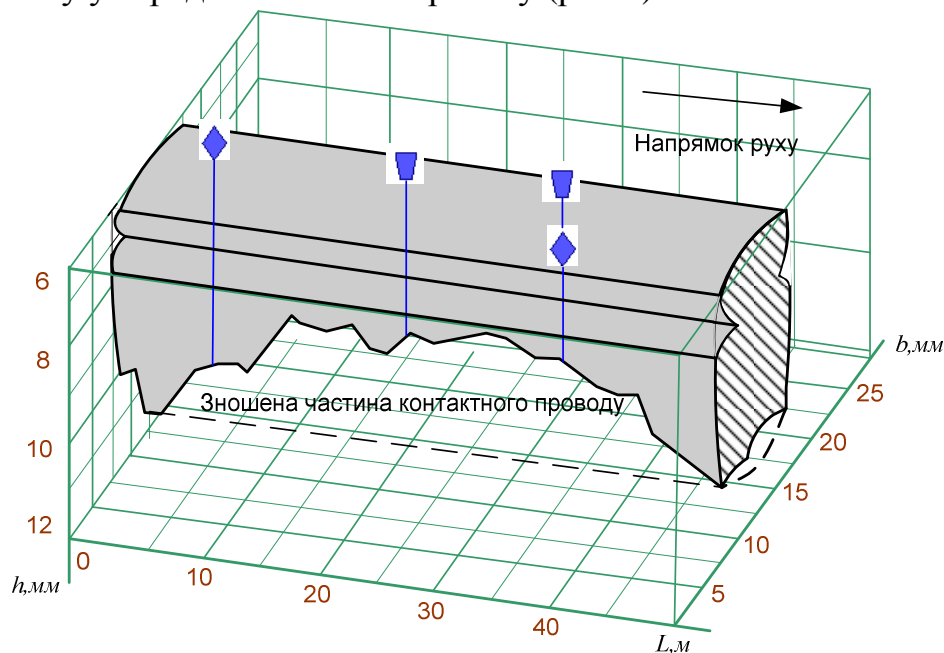


Рисунок 3 – Характер зношування контактної провід в зоні зупинок електротранспорту:

◆ – розтяжка; ▭ – покажчик зупинки.

Експериментально виявлено, що зменшення кількості пусків на секції (зупинки на зупиночних пунктах, зупинки на світлофорах, пробки) при однакових інших умовах може забезпечувати зниження втрат енергії до 15,8%, отже, зменшити знос пар тертя «контактний провід – струмоприймач».

Для зменшення зносу пар тертя «контактний провід – струмоприймач» пропонується заміна матеріалу і конструкції контактних провідів. Як показує докладний аналіз стану цього питання в світовій практиці численні спроби замінити дорогу мідь на дешевші матеріали, зокрема бронзу, сталь, алюміній, не мали успіху. Так, наприклад, сталь погано працює в рухомому відкритому для атмосферного впливу контакті, має меншу електропровідність, велику вагу і т.д. Алюміній з електротехнічної точки зору більш підходить як матеріал для контактної провід, проте він менш механічно міцний. Були спроби застосувати складний переріз комбінації сталі і алюмінію, проте в експлуатації це виявилось не ефективним через складну конструкцію сталеві вставки, корозію сталі і розшарування контактної провід при різких змінах температури.

У цьому сенсі обґрунтованим є припущення, що якщо сталеву частину профілю, яка грає роль арматури, ізолювати від атмосферної дії, буде досягнутий позитивний ефект підвищення міцності проводу за рахунок сталевого сердечника і провідності за рахунок алюмінію (рис. 4). Такий сталюалюмінієвий контактний провід марки САФ-150/28 здатні виготовляти на Бердянському ЗАТ «Азовкабель» (м. Бердянськ).

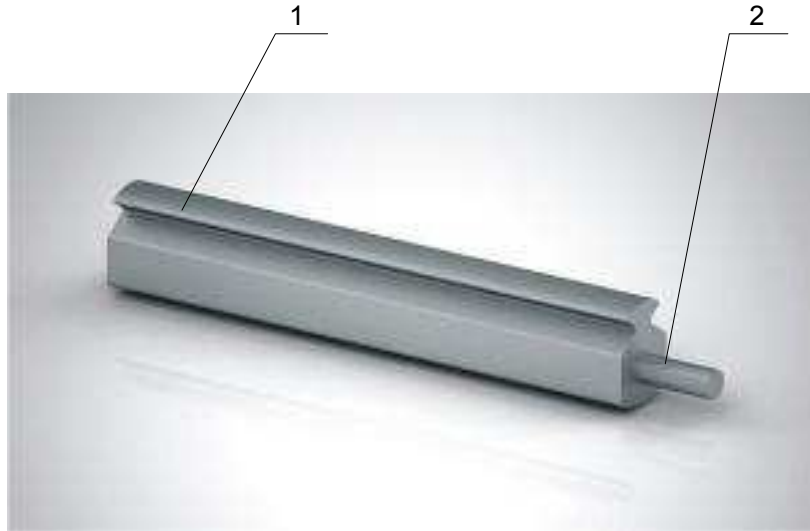


Рисунок 4 – Переріз сталюалюмінієвого контактного проводу САФ-150/28:
1 - алюміній; 2 - сталь.

Для вивчення можливості застосування даного контактного проводу в контактній мережі міста для вдосконалення конструкції, визначення режимів експлуатації ділянок контактної мережі, де це буде ефективніше, визначення можливих ресурсів і відповідної ефективності даного заходу розроблено та виготовлено пристрій для фізичного моделювання процесів струмознімання (рис.5). Оригінальність даної установки підтверджена патентом України на корисну модель №53528.

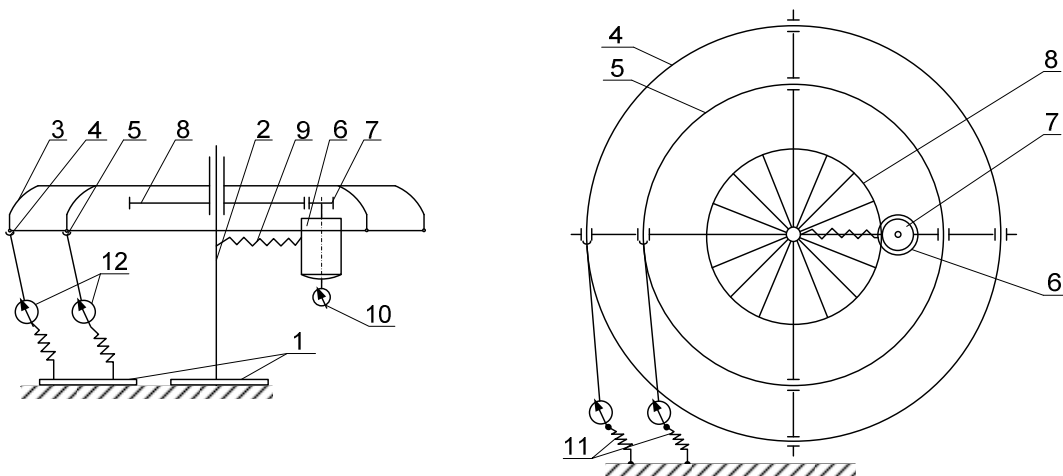


Рисунок 5 – Пристрій для фізичного моделювання процесів струмознімання:
1 – опори; 2 – вертикальна вісь; 3 – підтримуючий обід; 4,5 – контактні проводи;
6 – електродвигун; 7 – ведучий ролик; 8 – ведоме колесо; 9 – притискна пружина;
10 – тахометр; 11 – струмоприймачі різних типів конструкцій; 12 – динамометри.

Універсальність пристрою забезпечується тим, що в його конструкції передбачено випробування різних видів і форм перерізів контактних проводів, як штанговими струмоприймачами, так і пантографними. Досліджувати на знос можливо не тільки контактний провід, а й контактні вставки струмоприймачів під струмонавантаженням.

Оцінка зносостійкості проводилась при порівнянні характеристик сталевісмієвого контактної проволу САФ-150/28 і мідного – МФ-85, який застосовується в мережі електропостачання на даний час. Контактні проводи випробувано на зносостійкість в лабораторних умовах та в депо при імітації розгону, зупинки тролейбуса та відтворення дуги між струмоприймачем і контактним проводом. При випробуванні досліджено електроерозійні плями контактних проводів, зразки яких показані на рис. 6.

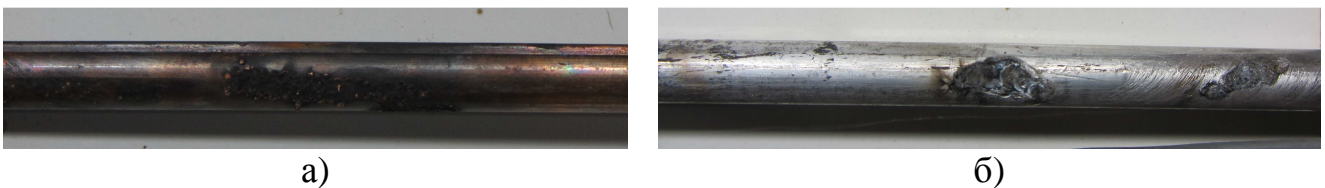


Рисунок 6 – Зразки контактних проводів з електроерозійними плямами:
(а) МФ-85; (б) САФ -150/28.

При експериментальному дослідженні отримані характеристики процесів зношування (рис.7). Це дає можливість стверджувати, що при протіканні струму через ковзаючий контакт тепло, що утворюється, викликає електроерозійний знос. В той же час тепло, що виділяється в результаті роботи сил тертя, стає причиною підвищеного механічного зносу.

Вивчення характеристик контактної мережі м. Харкова, проведене в контексті даного дослідження, дозволило зробити висновки про ступінь завантаженості окремих її ділянок по величині струмових навантажень і інтенсивності руху.

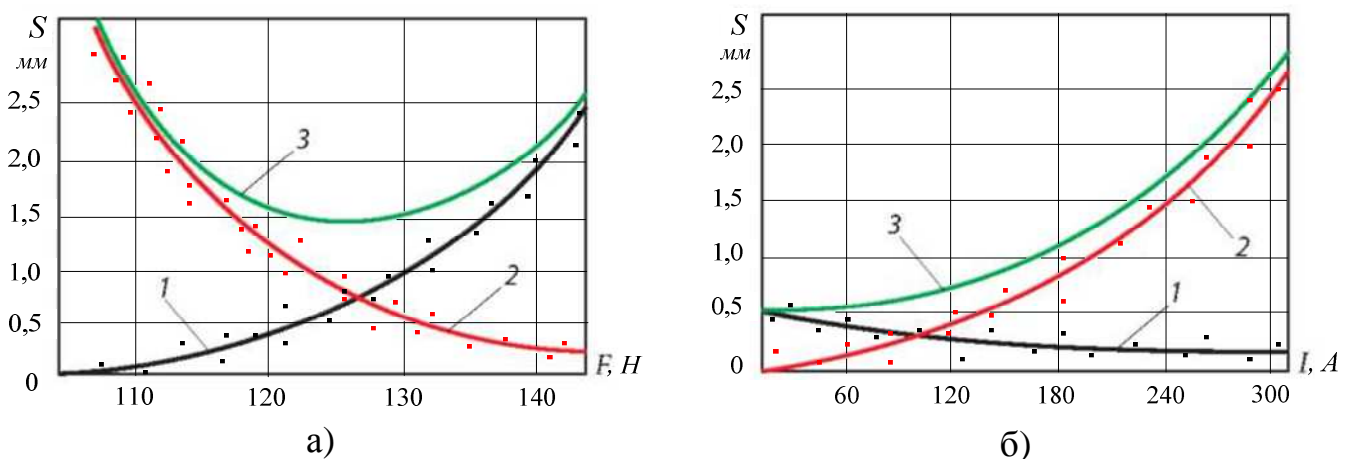


Рисунок 7 – Залежність зносу контактної проволу від сили притиснення в контакті
(а) і струму, що протікає через контакт (б):

S – знос контактної проволу; F – сила притиснення струмоприймача до контактної проволу; I – струм, що протікає через контакт; 1 – механічний знос; 2 – електроерозійний знос; 3 – сумарний знос.

Згідно з результатами досліджень, методом повного факторного експерименту, для визначення факторів, які впливають на знос контактної провладу, отримано рівняння регресії

$$y = 0,69 + 0,013x_1 + 0,26x_2 + 0,58x_3 + 0,023x_1x_2 + 0,098x_1x_3 + 0,2x_2x_3 + 0,0025x_1x_2x_3, \quad (11)$$

де x_1 – швидкість руху; x_2 – сила натискання струмоприймача до контактної провладу; x_3 – струм навантаження.

З рівняння (11) визначено, що найбільш сильний вплив здійснює фактор x_3 – струм навантаження.

Отримано порівняльні характеристики зношування сталевалюмінієвого САФ-150/28 і мідного – МФ-85 контактних провладів від струму навантаження при теоретичних на основі (8-11) і експериментальних дослідженнях (рис.8).

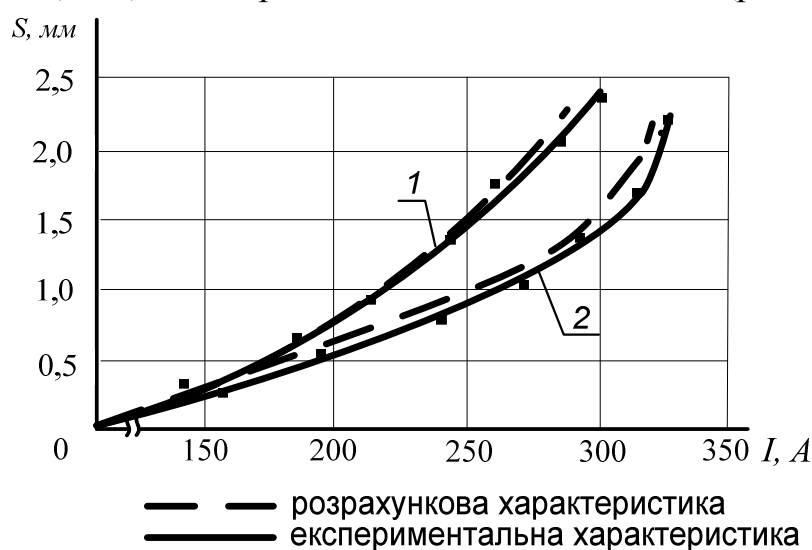


Рисунок 8 – Порівняльні характеристики зношування контактних провладів від струму навантаження:

S – знос контактної провладу; I – струм навантаження; 1 – САФ-150/28; 2 – МФ-85.

Відзначено, що при співставленні теоретичних розрахунків і даних експерименту криві зношування контактних провладів мають істотну збіжність. Максимальне експериментальне значення зносу для сталевалюмінієвого контактної провладу 2,45мм, розрахункове – 2,3мм; для мідного 2,25мм, відповідно – 2,2мм. Максимальне розходження між експериментальною і розрахунковою характеристиками сталевалюмінієвого контактної провладу складає 0,15мм (6%), мідного – 0,05мм (3%), що підтверджує адекватність раніш розробленої математичної моделі для визначення зношування контактної провладу.

Наведений вище аналіз показує, що ефективним шляхом зниження вартості контактної мережі є заміна мідного контактної провладу сталевалюмінієвим. Сталевалюмінієвий контактний провід САФ-150/28 має такі явні переваги, як меншу вагу і більш низьку вартість, що важливо в нинішній економічній обстановці. Останнє є важливим фактором з точки зору динамічних показників самого процесу струмознімання.

Четвертий розділ присвячений реалізації результатів досліджень спрямованих на ресурсозбереження за рахунок впровадження сталелегатурного контактного проводу на МЕТ.

За результатами обстеження трамвайної та троллейбусної контактної мережі м.Харкова пропонується всю контактну мережу міста розділити на три групи:

- до першої можна віднести ділянки з інтервалом руху більш 10хв.;
- до другої – ділянки контактної мережі депо МЕТ і ділянки «нульового пробігу» тобто ділянки, де відбувається рух рухомої одиниці від депо до маршруту без пасажирів;
- до третьої – ділянки «спуски», де рухомий склад рухається в режимі вибігу або гальмування.

Проаналізувавши дані досліджень зроблено висновок, що по м. Харкову ділянки з низькою інтенсивністю руху троллейбусної і трамвайної контактної мережі складають 18,8% від загальної протяжності. А оскільки алюмінієвий контактний провід майже в 1,35 разів легше за мідний, то тільки в м. Харкові можна заощадити 19,2 т. міді.

Для підвищення рівня ресурсозбереження, тобто запобігання підвищеного струмоспоживання рухомою одиницею та передчасного зносу контактного проводу удосконалено метод підбору елементів ходових частин при експлуатації колісно-моторних блоків (КМБ) візків рейкових транспортних засобів.

В результаті буксування або юза виникає можливість локального перепалу контактного проводу. Для запобігання цього явища вдосконалено раціональний підбір КМБ за швидкісними характеристиками. Тому доцільно скористуватися таким показником, як лінійна швидкість КМБ, яка визначається за формулою

$$V_n = \pi D_n N_n i, \quad (12)$$

де D_n – діаметр коліс колісної пари; N_n – частота обертів валу тягового двигуна; n – номер місця розташування колісної пари і тягового двигуна на вагоні; i – передаточне число редуктору колісної пари.

Для вибору раціональної комбінації розташування колісних пар і тягових двигунів на візках вагону порівнюється середньоарифметичне відносних різниць лінійних швидкостей кожного варіанту підбору КМБ

$$A_i = [(\Delta_{1-2} + \Delta_{3-4} + \Delta_{1-3} + \Delta_{2-4})_v + (\Delta_{1-2} + \Delta_{3-4} + \Delta_{1-3} + \Delta_{2-4})_n] / 8, \quad (13)$$

де A_i – середньоарифметичне відносних різниць лінійних швидкостей варіанту підбору КМБ; i – номер варіанту підбору КМБ; v – індекс варіантів підбору КМБ в напрямку руху «вперед»; n – індекс варіанту підбору КМБ в напрямку руху «назад».

Раціональним варіантом є варіант з найменшим середньоарифметичним значенням відносних різниць лінійних швидкостей КМБ. Удосконалення методу раціонального підбору КМБ дозволяє знизити струмоспоживання рухомою одиницею, передчасний знос контактного проводу, скоротити в 1,5 рази час ремонту, зменшити витрати ресурсів при експлуатації та ремонті засобів транспорту.

Для забезпечення відповідного рівня ресурсозбереження за рахунок оперативного управління технічним станом рухомого складу, а також для автоматизації і обробки даної інформації при ремонті контактної мережі міста розроблено відповідний алгоритм (рис. 9). Даний алгоритм враховує: види обладнання, номери машин транспорту, кількість робітників; ранжування відмов та робіт з їх усунення; визначення витрат на непланові ремонти за трудомісткістю робіт і витратами запчастин, матеріалів та ін.

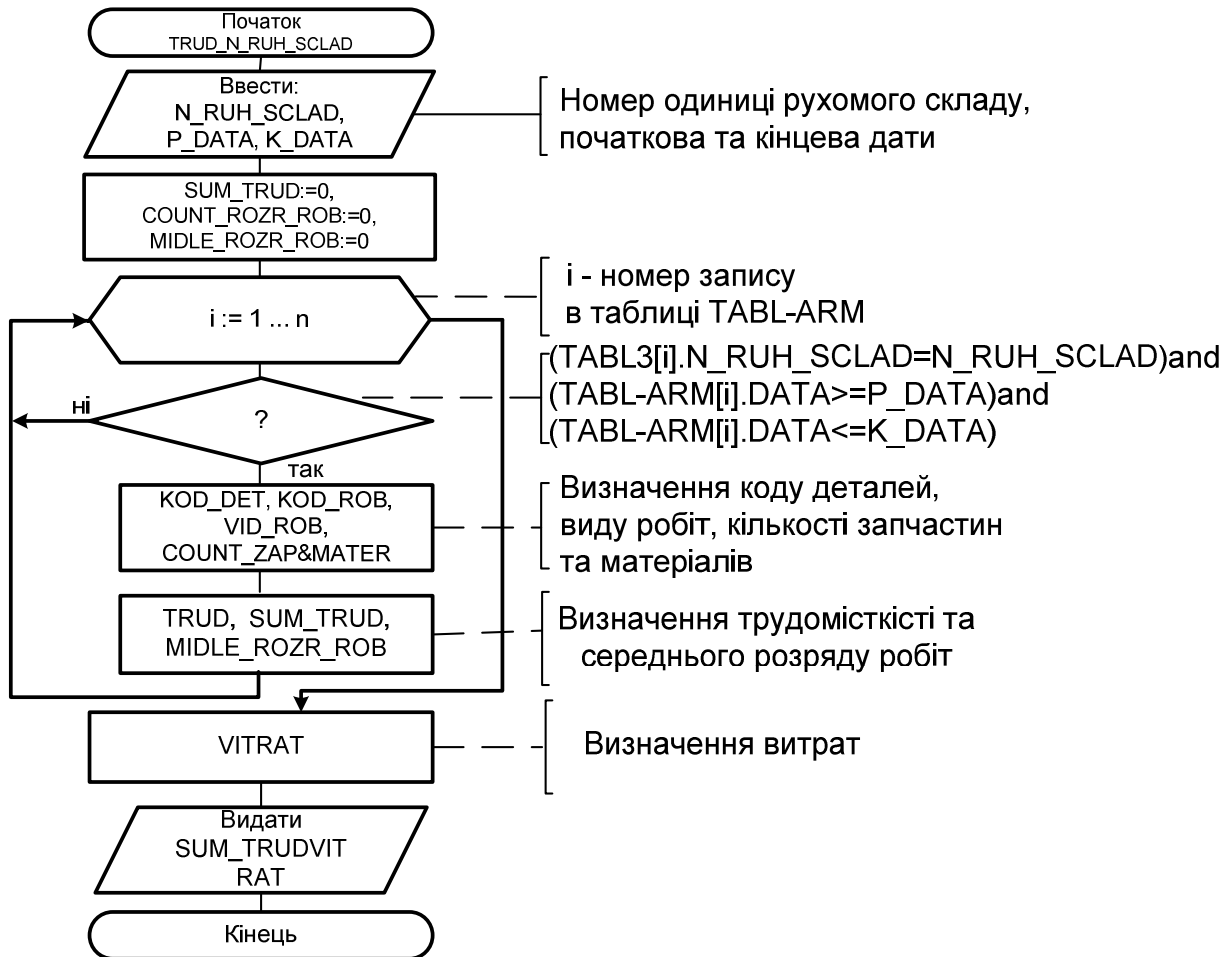


Рисунок 9 – Структурна схема алгоритму для визначення трудомісткості робіт з усунення несправностей та відмов на контактній мережі

За результатами апробації на підприємствах МЕТ економічний ефект від впровадження результатів роботи для сталелегатурного контактного проводу САФ-150/28 склав 15 тис. грн. на 1км. контактної мережі м. Харкова це дозволяє підвищити коефіцієнт технічної готовності на сучасній технологічній базі і уникнути зайвих витрат на ділянках з низькою інтенсивністю руху; територіях депо, спусках, ділянках з нульовим пробігом.

У додатках наведено: акт використання результатів роботи в навчальному процесі кафедри електричного транспорту ХНУМГ імені О.М. Бекетова; акти впровадження результатів роботи в КП «Енергослужба» «Міськелектротрансервіс» та КП «Харківський метрополітен».

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі розв'язано науково-практичну задачу розвитку ресурсозберігаючих технологій раціонального струмознімання на міському електротранспорті за рахунок застосування альтернативних матеріалів і удосконаленої конструкції контактного проводу.

1. На основі аналізу використання ресурсів на підприємствах міського електротранспорту, показано що матеріальні, енергетичні і трудові ресурси досягають 85-90% в собівартості транспортних послуг при цьому 90% елементів технічних засобів, а саме ковзних контактів, підлягають різним видам зношування. Це свідчить, що ефективність роботи міського електротранспорту можна забезпечити за рахунок раціонального струмознімання при застосуванні альтернативних матеріалів і більш досконалої конструкції контактного проводу.

2. Доведено, що основними експлуатаційними факторами, які впливають на зношування контактний проводу є кількість світлофорів, зупинок, перетинань та поворотів на маршрутах. При чому більшість відмов пов'язана з кількістю зупинок на маршруті, а саме 3 відмови на 10 рухомих одиниць при 35 зупинках.

3. Встановлено закономірність втрат електроенергії від величини зносу контактний проводу. Показано, що зменшення кількості пусків, зокрема зупиночних пунктів, рухомого складу на секції контактної мережі може забезпечувати зниження втрат енергії до 15,8 %.

4. Розроблено математичну модель динаміки зношування контактний проводу, яка дозволяє на основі геометричних параметрів контактний проводу прогнозувати величину зносу, а також визначати силові, кінематичні, динамічні та енергетичні параметри, необхідні для проектування форми і вибору матеріалу контактний проводу, яка відрізняється врахуванням струму навантаження для більш точної оцінки його зносу.

5. Виконано експериментальні дослідження із зносостійкості контактних проводів. Зокрема розроблено пристрій для фізичного моделювання основних параметрів струмознімання системи електропостачання електротранспорту. На відміну від аналогів дослідження роботи контакту "струмоприймач - контактний провід" можна проводити при проходженні струму. Його оригінальність підтверджена патентом України на корисну модель №53528.

Визначено закономірності ступеня зношування контактний проводу міського електротранспорту від умов експлуатації та величини струму транспортного засобу на лінії та в депо, доведено, що найбільш сильний вплив на зношування контактний проводу здійснює струм навантаження, тому що він має найбільший по абсолютній величині коефіцієнт згідно з методикою визначення зносостійкості контактний проводу та рівнянням регресії. При випробуваннях знос мідного контактний проводу типу МФ-85 в середньому склав 2,25мм., а сталевалюмінієвого типу САФ-150/28 – 2,4мм. Порівняння характеристик зношування контактних проводів, які отримані в результаті фізичного експерименту і математичного моделювання, показало достатньо хорошу відповідність експериментальних та розрахункових даних (у межах 6%), що підтверджує адекватність раніш розробленої математичної моделі.

6. Удосконалено метод раціонального підбору колісно-моторних блоків для електротранспорту, який дозволяє в 1,5 рази зменшити час підбору елементів ходових частин при експлуатації та ремонті електротранспорту. Завдяки цьому максимальна різниця лінійних швидкостей колісно-моторних блоків може бути знижена до 5,1%, це дозволяє знизити стромоспоживання рухомою одиницею та передчасний знос контактного проводу в місцях його буксування.

7. Обґрунтовано використання сталелегалюмінієвого контактного проводу для мережі електропостачання міського електротранспорту, удосконалено метод визначення технічного ресурсу сталелегалюмінієвого контактного проводу для цілеспрямованого розподілу рухомого складу за маршрутами з різними умовами експлуатації, доведено, що сталелегалюмінієвий контактний провід доцільно застосовувати на ділянках з низькою інтенсивністю руху, спусках і територіях депо, де стромоспоживання менш інтенсивне, а це 18,8% від загальної протяжності контактної мережі м. Харкова.

8. Результати досліджень дисертаційної роботи впроваджені та використовуються на комунальних підприємствах м. Харкова: Енергослужба „Міськелектротрансервіс” та Харківський метрополітен, а також в навчальному процесі Харківського національного університету міського господарства імені О.М.Бекетова.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Скуріхін В.І. Оптимізація вибору колісно-моторних блоків вагонів метрополітену / В.Х. Далека, Є.В. Новіков, В.І. Скуріхін // Коммунальное хозяйство городов. – Харків: ХНАГХ, 2008. – Вып. 84. – С. 276 - 282.

Здобувачем запропоновано оптимальний підбір колісно-моторних блоків для можливості раціонального стромоспоживання рухомою одиницею за допомогою ПЕОМ.

2. Скуріхін В.І. Электродуговые процессы как основа технической диагностики нарушения токоъема в тяговых сетях / В.К. Нем, В.И. Скурихин // Світлотехніка та електроенергетика. – Харків: 2009. – №2 (18) – С. 93-97.

Здобувачем розроблено схему діагностики струмознімання і сформульовані висновки.

3. Скурихин В.И. Проблемы износостойкости контактного провода / В.Ф.Далека, В.К. Нем, В.И. Скурихин // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков: ХНАГХ, 2009. – Вып. 88. – С. 253 - 258.

Здобувачем проведено аналіз різних видів зносу контактних проводів, запропоновано впровадження сталелегалюмінієвого контактного проводу нового перерізу.

4. Скуріхін В.І. Ресурсосбережение в системе электроснабжения на городском электротранспорте / В.Х. Далека, В.К. Нем, В.І. Скуріхін // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №2/7(44). – С. 33-36.

Здобувачем проведено аналіз можливості застосування сталелегалюмінієвого контактного проводу нового зразка при експлуатації в контактній мережі міста з урахуванням чинників, що впливають на знос.

5. Скуріхін В.І. Характеристика зносу деталей на міському електротранспорті / В.І. Скуріхін // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков: ХНАГХ, 2011. – Вып. 97. – С. 260 - 264.

6. Скуріхін В.І. Особливості зношування елементів рухомого складу електротранспорту / В.Х. Далека, В.І. Скуріхін // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков: ХНАГХ, 2011. – Вып. 101. – С. 316 - 321.

Здобувачем проведено аналіз різних видів зносу деталей рухомого складу по ряду основних класифікаційних ознак, виконана оцінка їх кількісних і якісних характеристик, сформульовані заходи щодо зменшення зносу вузлів і агрегатів рухомого складу.

7. Скуріхін В.І. Визначення зносостійкості контактного проводу методом повного факторного експерименту / В.І. Скуріхін // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – №1/2(15) – С. 26 - 30.

8. Скуріхін В.І. Моделирование процессов износа контактного провода городского электротранспорта / В.М. Шавкун, В.И. Скурихин, Н.В. Гарбуз // CETERIS PARIBUS – М.: №3(3)/2015. – С. 29 - 32.

Здобувачем отримана математична модель динаміки зношування контактної проводу, розв'язуючи яку та враховуючи геометрію вихідного стану ковзного контакту можна знайти знос.

9. Пат. 53528 Україна, МПК В60L 5/00, В60М 1/00. Пристрій для фізичного моделювання процесів струмознімання / Далека В.Х., Скуріхін В.І.; заявник і власник Харківська національна академія міського господарства. – №u201004035; заявл. 06.04.10; опубл. 11.10.10, Бюл. № 19. – бс.

Здобувачем розроблено пристрій для дослідження процесів взаємодії струмоприймача електрорухомого складу з контактним проводом

10. Скуріхін В.І. Розробка ресурсозберігаючих технологій на міському електротранспорті / В.І. Скуріхін // 33-я научно-техническая конференция преподавателей, аспирантов и сотрудников «Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов» – Харків: ХНАГХ, 2006. – С. 57-58.

Здобувачем запропоновано захисні сполуки для підвищення ресурсо- та енергозбереження рухомого складу електротранспорту.

11. Скуріхін В.І. Підвищення працездатності технічних засобів міського електричного транспорту / В.І. Скуріхін, О.С. Гордієнко, Д.О. Личов // Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми, перспективи та нормативно-правове забезпечення енерго-, ресурсозбереження в житлово-комунальному господарстві» – Алушта, АР Крим, 2006. – С. 155-158.

Здобувачем визначено заходи з підвищення працездатності технічних засобів міського електричного транспорту.

12. Скуріхін В.І. Ресурсозберігаючі технології відновлення деталей машин та механізмів / В.І. Скуріхін, В.Ф. Сидоренко, О.П. Дротенко // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми, перспективи та нормативно-правове забезпечення енерго-, ресурсозбереження в житлово-комунальному господарстві» – Алушта, АР Крим, 2007. – С. 183-185.

Здобувачем запропоновано РВС-технологію для підвищення ресурсо- та енергозбереження рухомого складу електротранспорту.

13. Скуріхін В.І. Електродугові процеси, як основа технічної діагностики порушень струмоз'єму в електротягових мережах / В.І. Скуріхін, О.С. Чмирьов // Матеріали Міжнародної студентської науково-технічної інтернет - конференції «Новіші технології в електроенергетиці» – Харків: ХНАГХ, 2009. – С. 26-28.

Здобувачем розроблено схему діагностики струмознімання і сформульовані висновки.

14. Скуріхін В.І. Перспективи применения сталеалюминиевых контактных проводов нового типа / І. Л. Скуріхін, В.І. Скуріхін // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сталий розвиток міст. Електричний транспорт - перспективи розвитку та кадрове забезпечення» – Харків: ХНАМГ, 2009. – С. 22-23.

Здобувачем проведено аналіз можливості застосування сталеалюмінієвого контактної проводу нового зразка при експлуатації в контактній мережі міста з урахуванням чинників, що впливають на знос.

15. Скуріхін В.І. Ресурсосбережение в системе электроснабжения на городском электротранспорте / В.І. Скуріхін // 35-я науково-технічна конференція преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ «Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов» – Харків: ХНАГХ, 2010. – С. 32.

16. Скуріхін В.І. Підвищення економічності струмознімання рухомого складу міського електротранспорту / В.І. Скуріхін, О.В. Фуртат // 36-я науково-технічна конференція преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ «Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов» – Харків: ХНАГХ, 2012. – С. 54-55.

Здобувачем проаналізовано розміри залишкового перерізу контактної проводу в зонах пуску рухомого складу.

17. Скуріхін В.І. Моделирование изнашивания поверхностей трения узлов и деталей машин / В.І. Скуріхін // Матеріали Міжнародної наукової-технічної конференції «Проблеми та перспективи розвитку технічних засобів транспорту та систем автоматизації» – Харків: ХНУМГ імені О.М.Бекетова, 2014. – С. 42-43.

АНОТАЦІЇ

Скуріхін В.І. Розвиток ресурсозберігаючих технологій раціонального струмознімання на міському електротранспорті. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2015р.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі – розвитку ресурсозберігаючих технологій раціонального струмознімання на міському електротранспорті за рахунок застосування в системі струмознімання альтернативних матеріалів і удосконаленої конструкції сталеалюмінієвого контактної проводу.

Проведено математичне моделювання процесів зношування деталей та вузлів транспортних засобів. Досліджено процеси, які відбуваються в контактні «струмоприймач-контактний провід» та доведено можливість застосування

перспективного контактного проводу в контактній мережі міського електротранспорту.

Розроблено конструкцію пристрою для фізичного моделювання основних параметрів струмознімання для випробування контактних проводів і струмоприймачів різних конструкцій.

Ключові слова: електротранспорт, контактна мережа, контактний провід, ресурсозбереження, ресурсовикористання, працездатність, триботехнічні властивості, раціональний підбор параметрів.

Скурихин В.И. Развитие ресурсосберегающих технологий рационального токосъема в городском электротранспорте. На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.09 – электротранспорт. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2015г.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-практической задачи – развитие ресурсосберегающих технологий рационального токосъема на городском электротранспорте за счет применения в системе токосъема альтернативных материалов и усовершенствованной конструкции сталеалюминиевого контактного провода.

В работе системно рассмотрено состояние ресурсосбережения на электрическом транспорте. Проанализировано влияние технического состояния средств системы электроснабжения электротранспорта на уровень ресурсосбережения.

Условиями эксплуатации, которые влияют на износ контактного провода, являются: количество светофоров, остановок, перекрестков и поворотов на маршрутах.

Установлена закономерность потерь электроэнергии от величины износа контактного провода.

Разработана математическая модель динамики износа контактного провода, установлено, что процесс изнашивания зависит не только от таких факторов, как пробег и скорость, а и от величины тока, что характерно для городского электротранспорта.

Разработана конструкция устройства для физического моделирования основных параметров токосъема для испытания контактных проводов и токоприемников разных конструкций. Оригинальность данного устройства защищена патентом на полезную модель №53528.

Проведены испытания медного МФ-85 и сталеалюминиевого САФ-150/28 контактного проводов в лабораторных условиях и в депо. Выявлено, что в городских условиях движения контактный провод подвержен в большей степени электроэрозионному износу.

Исследованы процессы, которые происходят в контакте «токоприемник-контактный провод». Установлено, что поскольку сталеалюминиевый контактный провод более дешевый, чем медный, но имеет худшие физико-химические свойства, то рекомендуется использовать его на участках с низкой интенсивностью движения, спусках и территориях депо.

Сформулированы мероприятия по улучшению токосъема с применением рационального подбора колесно-моторных блоков, которые позволяют существенно снизить буксование и преждевременный износ контактного провода.

Ключевые слова: электротранспорт, контактная сеть, контактный провод, ресурсосбережение, ресурсоиспользование, работоспособность, триботехнические свойства, рациональный подбор параметров.

V. Skurikhin. The development of resource-saving technologies for the rational collector in urban electric. Manuscript.

Thesis for granting the Degree of Candidate of Technical sciences in speciality 05.22.09 – Electrical Transport. – National Technical University “Kharkiv Politechnical Institute”, Kharkiv, 2015.

The dissertation is devoted to solving actual scientific and practical task – development of resource-saving technologies rational of current collection by a city electric vehicle through the use of alternative materials and improved construction of a contact wire.

Mathematical modeling of the wear of the parts and components of vehicles. The processes that occur in contact "pantograph-contact wire" and proved the possibility of application promising contact wires of the contact network of city electric transport.

Developed the design of the device for physical modeling of main parameters of current collection for testing contact wires and current collectors of different designs.

Key words: electric vehicle, contact network, contact wire, resource conservation, resource use, efficiency, tribological properties, a rational selection of parameters.



Відповідальний за випуск
к.т.н., доц. кафедри електричного транспорту
ХНУМГ імені О.М. Бекетова
Коваленко А.В.

Підписано до друку 03.02.2016 р.

Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.

Друк на різнографі. Умовн. друк. арк. 0,9. Тираж 100 прим. Зам. № 9862

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №4705 від 28.03.2014