

## **Узагальнення досвіду літературних джерел і експериментальних даних для комплексних порівняльних випробувань вставок пантографів**

М.О. Баб'як, В.Л. Горобець, В.В. Артемчук

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*У роботі проведено аналіз контактних матеріалів для накладок пантографів на основі літературних даних та нормативних документів. Розглянуто результати експериментальних досліджень експлуатаційного зношування накладок пантографів електровозів постійного струму та вставок електровозів змінного струму. Зроблено висновок про доцільність експлуатації окремих видів накладок.*

**Ключові слова:** пантограф, контактний дріт, контактна пластина, вставка, накладка, зношування, електровоз.

### **Вступ**

Згідно з ГОСТ 14312 електричним контактом називають з'єднання тіл, що забезпечують безперервність електричного кола. Електричні контакти, окрім свого основного призначення - пропускати електричний струм, у багатьох випадках виконують роль деталей, без яких неможливо провести монтаж контактної підвіски на електрифікованих ділянках залізниць і промислових підприємств.

На багатьох залізничних та промислових ділянках колії, постійно ведуться роботи з удосконалення і підвищення надійності різних електричних контактів, що беруть участь у забезпеченні передачі електричної енергії з контактної мережі на електрорухомий склад. Електричний струм через сильнострумовий ковзний контакт знімається з контактного дроту струмоз'ємними елементами полозів струмоприймачів і надходить у силове коло рухомого складу.

Надійна робота сильнострумового ковзного контакту визначається перш за все елементами, що забезпечують безперешкодне проходження струму. Усі негативні чинники конструювання контактів та вибір матеріалу для них повністю передбачити важко.

Робота електричних контактів пов'язана із складними фізико-хімічними процесами, які протікають на їх поверхнях та у внутрішніх областях. В експлуатації на них утворюються з'єднання, що можуть значно вплинути на первинні властивості матеріалу. Тому важливим є вивчення процесів на поверхнях контактів і в міжконтактному проміжку, що дозволяють оптимізувати вимоги до матеріалів контактів, умов їх роботи і в кінцевому підсумку підвищити надійність комутації струму [1].

### **Актуальність проблеми**

Знімання великих струмів при високій напрузі забезпечується парою ковзного контакту, що складається з контактного дроту і

струмоємних елементів, що встановлені на полозах струмоприймачів електрорухомого складу (наземний електричний транспорт, транспорт шахт і копалень). Особливо складними є умови роботи ковзного контакту електричного наземного транспорту: широкий діапазон температур навколишнього середовища, осідання у вигляді дощу і снігу, відкладення ожеледі і паморозі, загазованість оточуючої атмосфери, тощо.

Усі ковзні контакти є трибосистемами, крізь які проходить електричний струм, що викликає їх знос, нагрів і проходження хімічних реакцій на поверхнях контактів. Ерозійні процеси в ковзних контактах (без явища тертя) повністю ідентичні процесам у комутаційних контактах.

Зростання швидкостей руху, збільшення потужності і пускових струмів електрорухомого складу призводять до прискорення зносу контактного дроту і струмоємних елементів.

Контактний дріт є одним з основних елементів контактної мережі, від працездатності якого залежить безаварійна робота електрифікованих залізниць. Він піддається зносу, ерозійним пошкодженням, дії досить високих температур і механічних навантажень. На нього діє напруження розтягання, він нагрівається транзитними струмами і струмами при струмозіманні. Кожне руйнування контактного дроту викликає перерву в русі поїздів в середньому на 2 години, що супроводжується істотними матеріальними втратами. Інтенсивний знос мідного контактного дроту призводить до щорічної заміни майже 1000 т дротів по всій мережі залізниць, що викликає втрати міді у середній кількості 350 т. Зростаюча дефіцитність міді і її висока вартість роблять проблему збільшення терміну служби контактних дротів дуже важливою.

У зв'язку з цим з'явилася необхідність у вдосконаленні технології виготовлення контактних дротів, в розробці мідних сплавів, дослідженні процесів, що протікають на поверхнях сильнострумового ковзного контакту з метою пошуку умов його нормальної роботи, в розробці складів і технологій виготовлення струмоємних елементів, що мають властивості самозмащування, для полозів струмоприймачів.

У вирішенні проблеми підвищення працездатності контактної мережі враховувався досвід і результати досліджень таких вчених, як І.І.Власов, Ю.А.Родзаєвська, І.Я.Сегал, І.А.Беляєв, І.А.Порцелан, В.П.Кольцов, В.А.Вологін, А.І.Гуков, В.Н.Міхеєв, Ю.І.Горошків.

При дослідженні процесів зносу, характеру ураженості поверхонь тертя брався до уваги вклад, який внесли до вивчення трибосистем і явлень в них В.Я.Берент, І.С.Гершман, В.Г.Сиченко, І.М.Любарський, І.В.Крагельський, А.П.Семенов, Д.К.Хренов, Ю.Г. Купцов, С.Б.Аінбіндер, Н.А.Буше, А.В.Чичинадзе, Б.І.Костецкий, Н.Б.Демкин, Р.М.Матвеевський, Ф.П.Боуден, В.Н.Дерягин, і фахівці з електроконтактів Ю.І.Дуксин, Р.Хольм, Б.М.Золотих, В.В.Вусів, Н.Л.Правоверов, Н.К.Мишкин.

Нормальна стійка робота сильнострумового ковзного контакту розглядалася з точки зору положень синергетики, взаємодії окремих підсистем загальної системи, що є трибологічним вузлом.

Структурно-енергетична пристосовуваність ковзних контактів, самоорганізація взаємодії визначає їх малий знос і пошкоджуваність. Цій проблемі приділялася основна увага.

Розглядалися всі доступні методи і розроблялися відповідні заходи щодо забезпечення стійкої роботи ковзного контакту.

### **Характеристики сучасних накладок струмоприймачів**

У даний час на електрорухомому складі застосовуються два основні типи струмоз'ємних матеріалів - металеві композиційні матеріали на основі міді або заліза і композиційні на основі вуглецю, а саме коксу. Причому, металеві матеріали можуть містити приблизно до 20 % графіту, а вуглецеві — до 50 % металевих складових, головним чином мідь.

Вуглецеві матеріали (в основному на основі коксу, рідше - графіту) мають високий питомий електричний опір (ПЕО) - від 15 до 35 мкОм·м. ПЕО металевих струмоз'ємних матеріалів істотно нижче: від 0,15 до 0,5 мкОм·м. Вуглецево-мідні матеріали мають проміжні значення - від 1 до 10 мкОм·м, в залежності від вмісту металу. Значення ПЕО є визначальним у використанні струмоз'ємних матеріалів. Матеріали на основі металу застосовуються в контактних вставках потужних електровозів постійного струму. Контактні вставки з вуглецю застосовуються для струмоз'єму електропоїздів і електровозів змінного струму.

До переваг вставок (накладок) на основі металу можна віднести їх низький ПЕО, високу міцність, відносно високу власну зносостійкість, особливо в режимі інтенсивного струмоз'єму.

Основними недоліками цих накладок є: їх висока щільність (від 5,5 до 7,5 г/см<sup>3</sup>), що викликає підвищення маси струмоприймача, що у свою чергу призводить до погіршення його динамічних характеристик; болтове кріплення до полоза струмоприймача; висока вартість; порівняно висока інтенсивність зношування контактного дроту ніж на змінному струмі. Для зниження вірогідності схоплювання таких вставок з контактним дротом в контактні використовуються сухе графітове мастило, що ускладнює обслуговування струмоприймача і сприяє збільшенню контактного опору.

До переваг вставок на основі вуглецю можна віднести: їх низьку щільність (до 1,8 г/см<sup>3</sup>); низьку інтенсивність зношування контактного дроту; безболтове кріплення; низьку вартість.

До основних недоліків цих вставок відносяться: високий ПЕО; низька пластичність; відносно низька зносостійкість, особливо при інтенсивному струмоз'ємі.

Термін служби контактного дроту до граничного зносу при експлуатації мідних і металокерамічних накладок складає 15...20 років, а при експлуатації вугільних вставок - близько 40 років. Тому можна говорити про практичну неможливість взаємозамінності цих вставок. Вживання вставок на основі металу і вуглецю на одній ділянці може привести при перевищенні певної величини струму, що знімається, до значного зростання інтенсивності зношування контактного дроту і вуглецевих вставок; інтенсивність зношування вставок на основі металу при цьому значно знизиться. Цей ефект відомий в електротехніці [2] і в зарубіжній практиці струмоз'єму на електрифікованих залізницях [3].

За вказівкою Укрзалізниці нами проведено комплексні порівняльні випробування накладок і вставок для струмоприймачів різних виробників.

На залізницях України у різних депо використовувалися різні види накладок: мідно-профільні; металокерамічні на сталевій підкладці

«Стахановського заводу порошкової металургії»; ВЖЗП виробництва ВАТИ «Червона зоря» (м. Москва) [4]; саморобні, виготовлені з полюсів тягових двигунів; мідно-графітові (вміст міді 98%) накладки НМГ-1200А, НМГ-1200Б, НМГ-1200 виробництва НТЦ «Реактивелектрон» НАН України (м. Донецьк); графітно-мідні накладки виробництва ТОВ «Глорія» (м. Запоріжжя), які по своїх електрофізичних властивостях відповідають вставкам типу «Б», а по фізико-механічним – вставкам типу «А»; керамічні і на коксовій основі вставки струмоприймачів МГ-487 виробництва АТ «Електрокарбон» (м. Топольчани, Словаччина); вуглеграфітові марки EG-8220, EG-5003, EG-4003) з направленою анізотропією електрофізичних характеристик (фірма «Лег» (м. Харків)); біметалеві пластини на мідній основі для струмоприймачів ПКД-4-1, ПКД-4-2 виробництва ТОВ «Інтер-Контакт-Пріор» (м. Київ) [5 - 7]; також випробовувались бронзо-залізо-графітові накладки типу БрЗГ, м. Львів.

Накладки на основі міді забезпечують надійний струмоз'єм, але іноді призводять до перепалення контактного дроту. При використанні накладок типу ВЖЗП, особливо в зимовий період, спостерігався підвищений знос як контактного дроту, так і самих накладок.

За результатами дослідних поїздок та результатів виконаних нами замірів проведено математичні розрахунки чисельної оцінки надійності контактних пластин струмоприймачів електровозів постійного струму за критерієм зношування в експлуатації. Засобами математичної статистики розраховано середній знос пластин в мм/10<sup>4</sup> км, інтенсивність зносу, ресурс кожного виду пластин, а також дана характеристика зносу пластин в залежності від характеру роботи електровоза. Визначено імовірність безвідмовної роботи за критерієм товщини контактних пластин при різних умовах роботи електровозів для різних матеріалів, а також отримано  $\gamma$ -відсотковий ресурс пластин.

### **Висновки**

Грунтуючись на аналізі хімічного складу накладок можна зробити висновок, що в Україні найбільш оптимальними для мереж змінного струму є графітові вставки для пантографів виробництва ТОВ «Глорія», (м. Запоріжжя) та вставки типу «Б», Росія. Аналіз геометрії вставок також показав перевагу вище вказаних вставок виробництва ТОВ «Глорія».

На основі аналізу характеристик сучасних накладок для струмоприймачів, що використовуються в Україні на ділянках постійного струму, заснованого на відомостях про хімічний склад, представлений в технічній документації, та за результатами експериментальних поїздок, можна сказати, що найбільш оптимальним в гірській місцевості є використання біметалевих пластин на мідній основі для струмоприймачів ПКД-4 виробництва ТОВ «Інтер-Контакт-Пріор» (м. Київ). і дослідних бронзо-залізо-графітових накладок типу БрЗГ (м. Львів). Можливе часткове використання накладок типу НМГ-1200, виробництва НТЦ «Реактивелектрон» НАНУ (м. Донецьк).

На залізницях, кліматичні умови яких сприяють підвищеній електроерозії (з вологими та нестабільними кліматичними умовами) застосування накладок НМГ-1200 не бажане, але можна допускати їх

використання в більш сухому, континентальному кліматі (Донецька, частково Південна залізниця).

Морфологічний та хімічний аналіз складових накладок показав, що зразок з найбільш дисперсними структурними складовими виробництва ПКД-4 виробництва ТОВ «Інтер-Контакт-Пріор» (м. Київ) має найбільш прийнятні експлуатаційні характеристики.

При проведенні випробувань виявлено позитивний вплив на всі досліджувані вставки пакування консистентним графітним композитом.

Комплексні показники якості накладок струмоприймачів різних виробників, що використовуються в Україні на ділянках постійного струму, зведено у таблицю.

№ з/п	Назва зразку	Виробник	Значення Rk
1	ПКД-4	ТОВ «ІнтерКонтактПріор», м.Київ, Україна	1,3929
2	Пантографна мідь	«ПрАТ Львівський ЛЛРЗ», м.Львів, Україна	0,7014
3	НМГ 1200	НТЦ «Реактивелектрон» НАНУ, м.Донецьк, Україна	1,29832
4	МГ-487	«Електрокарбон», Словаччина	1,268

#### Література.

1. Берент В.Я. Материали и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта – М.: Интекст. 2005 – С. 408.
2. Нейкирхен И. Угольные щетки и причины непостоянства условий коммутации машин постоянного тока. [Текст] Нейкирхен И. М.-Л, ОНТИ, 1937. 150 с.
3. Контактные подвески и токоприемники для высокоскоростных линий // железные дороги мира. [Текст] 2000. № 7. С. 37-40.
4. Гершман И.С. «Токоъемные угольно-медные материалы» [Текст] Гершман И.С. // - М.: Вестник ВНИИЖТ. 2002, №5- С. 15-20.
5. ТУ У32.22117843.003-2000 Вставки угольные контактные для токоприемников электродвижущего состава [Текст].
6. ТУ У 5.2-03534794-001:2005 Накладка типу НМГ-1200 токоприемников подвижного состава. [Текст]
7. ТУ У 31.6-20573531-002:2009 Пластины контактные на медной основе для токоприемников тягового подвижного состава. [Текст].
8. М.О. Баб'як, М.Д. Грилицький. Про деякі особливості розрахунку зносу контактних пластин//Вісн. Східноукр. нац. ун-т. – 2011. №4 (158) ч.1- С. 232-236.

## **Обобщение опыта литературных источников и экспериментальных данных для комплексных сравнительных испытаний вставок пантографов**

Н.А. Бабяк, В.Л. Горобец, В.В. Артемчук

*В работе проведен анализ контактных материалов для накладок пантографов на основе литературных данных и нормативных документов. Рассмотрены результаты экспериментальных исследований эксплуатационного износа накладок пантографов электровозов постоянного тока и вставок электровозов переменного тока. Сделан вывод о целесообразности эксплуатации отдельных видов накладок.*

**Ключевые слова:** пантограф, контактный провод, контактная пластина, вставка, накладка, износ, электровоз

## **Summarizing the experience of literature and experimental data for complex comparative tests inserts pantographs**

Babyak M., Gorobets V., Artemchuk V.

*The analysis of contact materials for the pantographs overlays based on data in the literature and regulatory documents. The results of experimental studies of operational wear pads pantographs of electric DC and AC electric inserts. It was concluded that the feasibility of operation of certain types of linings.*

**Keywords:** pantograph, the contact wire and contact plate, insert, overlay, wear, electric locomotive