

УДК 629.423.33::621.336.322: 001.891.573

## РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАКЛАДОК СТРУМОПРИЙМАЧІВ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ВЗАЄМОДІЇ З КОНТАКТНИМ ДРОТОМ

Баб'як М.О.

### RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR OPERATING PANTOGRAPH LININGS, TAKING INTO ACCOUNT THEIR INTERACTION WITH THE CONTACT WIRE

Babyak N.

*У статті розглянуто результати випробувань накладок струмоприймачів електрорухомого складу з нового перспективного матеріалу на основі бронзи, який дозволяє підвищити ресурс експлуатації як самих накладок пантографів, так і контактної дроти. Особливістю взаємодії нових накладок струмоприймачів і контактної дроти полягає в покращеному змащенні зони контакту і утворення струмопровідної політури на контактуючих поверхнях. Розроблені рекомендації щодо підвищення експлуатаційних характеристик та надійності контактних накладок струмоприймачів в умовах локомотивних депо, які ремонтують і експлуатують рухомий склад різних серій.*

**Ключові слова:** експлуатація, пантограф, контакт, зношення, накладка, дріт, ресурс

**Вступ.** Для тягового рухомого складу, який живе від контактної мережі, головним питанням залишається збереження постійного надійного ковзного контакту. У свою чергу надійна робота ковзного контакту, через який протікають великі струми, залежить від багатьох чинників: вид струму, яким електрифікована ділянка; встановлена швидкість руху поїздів по заданій ділянці; різновидність поїздів (пасажирський, вантажний, приміський чи швидкісний); профіль ділянки (рівнинний чи гірський); план залізничної колії (прямолінійна ділянка чи наявність кривих), тип контактної мережі і її підвішування (проста чи ланцюгова, компенсована чи некомпенсована), погодні умови (різкі, а інколи значні перепади температури, дощ і сніг, а особливо ожеледь на контактному дроті), тощо.

Проте, найбільш суттєвим при оцінці надійності роботи контактної пари "накладка струмоприймача - контактний дріт" залишається матеріал елементів, що контактують. Але, й тут не можливо врахувати усі вищенаведені, та й ще не згадані фактори, які б могли забезпечити безперебійне протікання електричного струму від

контактної мережі до всього електричного обладнання електрорухомого складу.

При проектуванні нового рухомого складу закладаються найбільш важкі умови експлуатації, але врахувати і передбачити де той чи інший електровоз чи електропоїзд буде працювати, практично не можливо.

Так, наприклад, швидкісні електропоїзди працюють на території усієї держави, при цьому необхідно враховувати специфіку електрифікації постійним і змінним струмом, а електровози, що працюють на Карпатському перевалі, обслуговують як вантажні, так і пасажирські поїзди, при чому їх використовують, як ведучими (в голові поїзда) так і штовхачами (в хвості поїзда).

На великих станціях, особливо стикових, є велика кількість секційних ізоляторів та повітряних стрілок, що нерідко призводить до механічного пошкодження як окремих контактних елементів, так і до можливого пошкодження цілого струмоприймача, а іноді, і псування значної ділянки контактної мережі.

Усі фактори, що впливають на працездатність контактів з великими значеннями струмів, можна умовно розділити на три групи: конструктивні (профіль контактної дроти, кількість струмом'ємних елементів на положі струмоприймача, тип контактної підвіски та її арматури), металознавчі (матеріал контактів та вид мастила, що застосовують на них) та експлуатаційні (швидкість руху, сили, що діють на контакт, струм та вплив навколишнього середовища) [1].

В основному на надійність контактів впливають чинники, які викликають пошкодження і руйнування їх поверхонь тертя. При підвищеній вологості зовнішні мастила з положів струмоприймачів змиваються, їхні змашуючі властивості знижуються, що призводить до утворення задирів на поверхні металевих контактів, а, як наслідок, до їхнього інтенсивного механічного

та електричного зношування. А при ожеледі на поверхні контактів, або намерзанні мокрого снігу, утворюється електрична дуга, а з цим тісно пов'язане ерозійне пошкодження і зношення контактної пари.

**Постановка проблеми.** На даний час в локомотивних та моторвагонних депо України, більшості країн СНД та Європи для електропоїздів та електровозів змінного струму практикують в якості електричних ковзних контактів вуглецеві (вугільні) вставки з коксу, або графіту.

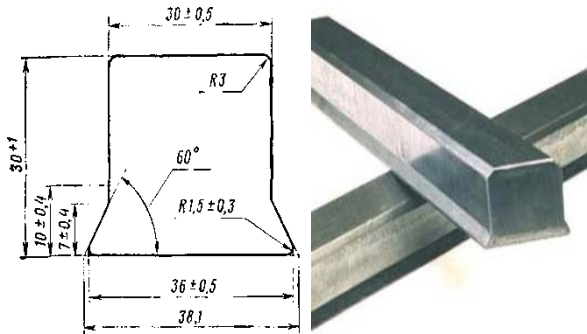


Рис. 1. Вугільні контактні вставки

На магістральних електровозах постійного струму, відповідно до конструкторської документації, на струмоприймачах повинна експлуатуватися в якості контактної накладки мідна смуга 30x6x1200 мм. При цьому, відповідно до Правил технічного обслуговування та поточних ремонтів електровозів постійного струму ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11, до бракувального розміру - 2,5 мм. по висоті пластини не допрацьовує вся смуга, а тільки середня ділянка, що найбільш інтенсивно зношується від зигзагоподібного розташування контактної дроту в плані над віссю залізничної колії [2].

Але, як відомо, найгіршим для умов тертя є використання двох елементів з однакового контактної матеріалу. Тому, впродовж останніх десятиліть проводилися пошуки і створення нового контактної матеріалу для використання в якості накладок струмоприймачів електрорухомого складу. Відомі в Україні та країнах СНД струмоз'ємні елементи розроблялися на основі сплавів заліза, міді, інших металів, металокерамічних пластин.

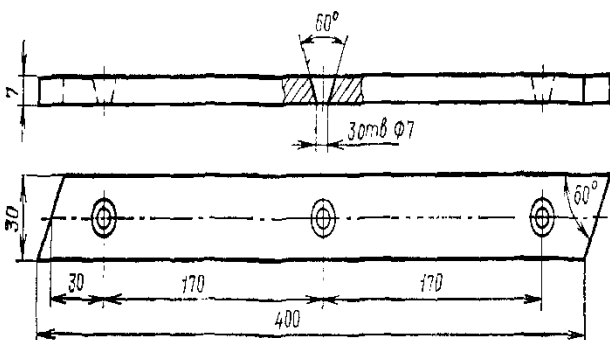


Рис. 2. Металокерамічні пластини ВЖЗп

Основною у Росії є контактна пластина марки ВЖЗп, яка описана в а.с. СРСР 892495, БИ №47, 23.12.81 р. Пластина є прокатоною порошковою смугою на залізо-мідній основі, просоченою свинцево-олов'яним сплавом [3].

Основним недоліком даних пластин є великий знос контактної дроту, а також суттєвий знос самих пластин. Для усунення цього недоліку використовують сухе графітове мастило (СГС-О) та його розчин на дихлоретані (СГС-Д), ефективність яких є недостатньою.

Ще одним недоліком, згідно з вимогами Директив Євросоюзу, які ставляться на пріоритетні позиції, є забруднення навколишнього середовища важкими металами. При цьому, хімічний склад і структура даних пластин не дозволяють суттєво покращити його експлуатаційні характеристики порівняно з мідними пластинами.

Крім цього, даний тип металокерамічних пластин вже заборонений до експлуатації на залізницях України. Проте, при можливій закупівлі нового тягового електрорухомого складу з Росії, на нових електровозах таких як 2ЕС6 та 2ЕС10, будуть встановлені саме ці контактні пластини.

Тому, багато наукових та комерційних організацій пропонують свою продукцію для експлуатації на струмоприймачах електрорухомого складу в якості контактних накладок. Найбільш поширеними є: імпортна пластина контактна металокерамічна для струмоприймача електровозів постійного струму МГ-487 АТ «Електрокарбон», м.Топольчани, Словаччина; та вітчизняного виробництва - пластина контактна на мідній основі для струмоприймачів електровозів постійного струму ПКД-4-2, ТОВ «Інтер-Контакт-Пріор», м.Київ.

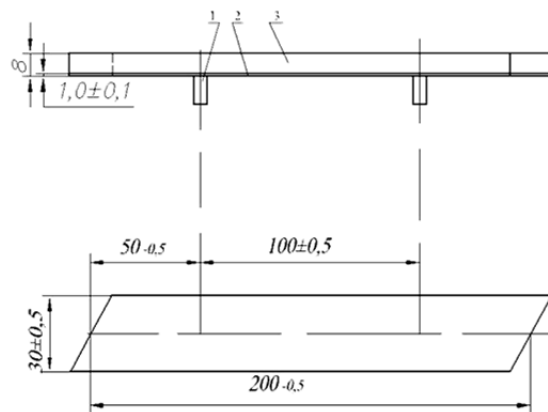


Рис. 3. Пластина контактна на мідній основі ПКД-4-2:  
1 – гвинти; 2 – несучий шар; 3 – робочий шар

Як показує дослід експлуатації даних пластин на електровозах постійного струму ВЛ10, ВЛ11м, вони, порівняно з металокерамічними пластинами ВЖЗп, мають більший ресурс та менше зношують контактний провід. Проте, відповідно до технічних умов, вони повинні експлуатуватися без

додаткового нанесення мастила в зону тертя з контактним дротом. Але внаслідок великих струмів таку операцію зберігають, оскільки сухе тертя призводить до задирів контактних пластин і нагортання на полози струмоприймача міді з контактного дроту, а при його недостатній кількості - до оплавлення пластин.



Рис. 4. Нагортання міді з контактного дроту на полоз струмоприймача



Рис. 5. Оплавлення контактних пластин

Крім цього, у пластин ПКД спостерігаються випадки виривання впресованих в несучий шар кріпильних гвинтів, що в свою чергу призводить до додаткового демонтажу-монтажу контактних пластин, а значить збільшує витрати на ремонтні операції та час простою на технічному обслуговуванні.

Нещодавно на ринку і в досвідній експлуатації на мережі постійного та змінного струму з'явилася накладка полозу струмоприймача електрорухомого складу постійного та змінного струму з композиційного матеріалу "Романіт - УВЛШ".

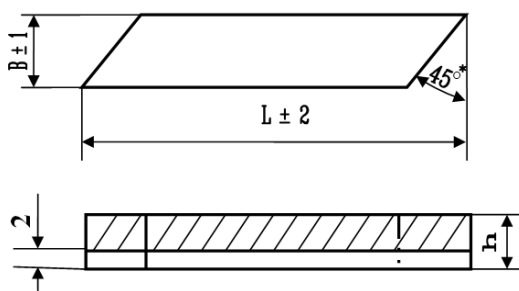


Рис. 6. Накладка НПТР-420-2 з матеріалу "Романіт-УВЛШ"

Відповідно до Технічних умов (ТУ У 30.2-37199864-001:2016) [4], на накладки полозів струмоприймачів для електрорухомого складу постійного та змінного струму всіх типів, виготовленого з композиційного матеріалу «Романіт-УВЛШ» призначені для встановлення на прямі ділянки струмоприймачів і являють собою біметалеву пластину, з одного боку якої - сталеві пластина-підкладка, а з іншого - робочий романітовий шар.

Пластини, відповідно до ТУ повинні витримувати допустимий струм:

- постійний - при стоянці 380 А, в русі – 750 А;
- змінний - при стоянці 80 А, в русі – 900 А.

Але, відповідно до Технологічної інструкції по технічному огляду і ремонту струмоприймачів ТИ-514 [5], контактні пластини повинні витримувати допустимий струм (для міді) при постійному струмі - при стоянці 550 А, в русі – 2100 А.

Можливо, це стає причиною недостатньої струмопровідності, що також призводить до перетікання значних струмів між рядами пласти і пошкодження струмопровідних мідних пластин під ними (рис. 6-7) та схоплення контактної дроту і пластини з подальшим нагортанням міді на полоз струмоприймача (рис. 7).



Рис. 6. Псування шунтуючих пластин на полозі



Рис. 7. Нагортання міді з контактного дроту на полоз струмоприймача і псування шунтуючих пластин

До речі, кріплення саме цих пластин і зміна кріплення струмовідвідних шунтів також ускладнює слюсарні роботи та збільшує час для виконання ТО. При цьому, інколи частково, а інколи повністю перекриваються технологічні отвори для стікання

води з полоза струмоприймача, що прискорює утворення ожеледі і намерзання мокрого снігу на полозі (рис. 8).



Рис. 8. Перекриття шунтуючими пластинами технологічних отворів на полозі

**Мета статті.** Аналіз існуючих контактних пластин для струмоприймачів електрорухомого складу, виявлення основних конструктивних, технологічних та експлуатаційних недоліків відомих контактних пластин та розробка ресурсозберігаючої технології експлуатації накладок струмоприймачів з урахуванням їх взаємодії з контактним дротом.

**Викладення основного матеріалу.** На даний час на електрорухомому складі залізничного, промислового та комунального транспорту використовують контактні накладки (вставки) двох типів: вуглецеві (вугільні) - на основі коксу, або графіту, та металеві, які можна поділити на мідні, мідно-графітові та металокерамічні. Нажаль, жодна контактна накладка не забезпечує в повній мірі надійність такого важливого електричного апарата, як струмоприймач.

Тому, врахувавши особливості взаємодії контактного дроту і ковзної контактної пластини у найважчих умовах Львівської залізниці - на Карпатському перевалі, було прийняте рішення про розробку свого матеріалу, який би був дешевший, надійніший і вітчизняний. Технічна задача, що вирішується нашою розробкою композиції для накладки струмоприймачів електрорухомого складу, є створення такого матеріалу струмоз'ємного елемента, який без використання зовнішнього мастила забезпечить зменшення зносу контактного проводу і самого струмоз'ємного елемента за рахунок зменшення коефіцієнту тертя при збереженні достатніх для експлуатації механічних і електрофізичних властивостей.

Суть розробки полягає у тому, що струмоз'ємний елемент струмоприймача електрорухомого складу, основу якого складають металеві порошки, їх з'єднання і графіт, відрізняється від відомих тим, що елемент виготовляється пористим. Суміш порошків пресується у прес-формі, яка відповідає конструкції елемента. Спресована заготовка термічно обробляється у захисній атмосфері. У результаті отримуємо пористий елемент, величина пористості

якого визначається кількістю технологічної речовини та технологічними параметрами виготовлення заготовки. Пори шляхом просочування заповнюються мастильною речовиною на основі органічних з'єднань вуглецю, кремнію, фтору та інших наповнювачів, що і визначає технічний ефект підвищення стійкості елемента до зношування при його терті по контактному дроті.

Прикладом реалізації даної моделі є контактні елементи на бронзовій основі БрЗГ струмоприймача електрорухомого складу з підвищеною зносостійкістю пари контактного дроту і струмоз'ємного елемента. Дослідна перевірка розробленого матеріалу показала, що на контактних поверхнях контактної мережі та накладки струмоприймача утворюється шар "політури". Розрахунок параметрів надійності після порівняльних випробувань розроблених накладок БрЗГ з накладками інших видів, які використовуються у локомотивному депо "Львів-Захід" показали, що знос накладок з розробленого матеріалу БрЗГ в 1,5...2,5 рази менший ніж знос накладок з матеріалів ВЖ-Зп, МГ-487.

Багаторічний досвід наукової дослідницької роботи дав змогу передбачити низку факторів, щоб використати їх при створенні нового контактного матеріалу та розробки дослідних зразків контактних пластин. Зокрема, удосконалена технологія виготовлення пластин, отримано покращений склад БрЗГ-1 (фазовий склад пластини – бронза – 35-40% об, залізо – 27-34% об, вуглець – 27-30% об).

На даний час авторами розробки проведені дослідження покращеної композиції для контактних пластин струмоприймачів електрорухомого складу постійного струму БрЗГ-2 (масова частка вуглецю в політурі перевищує 35%), що дозволить зменшити знос контактного проводу, з підвищенням ресурсу самої пластини.

Враховуючи розміри контактних пластин марок БрЗГ-1 (8x30x225) та БрЗГ-2 (9x30x225) можна сказати, що на один полоз струмоприймача їх необхідно 5+3+5, тобто 13 пластин, на відміну від контактних пластин марок ПКД-1 і ПКД-2 розмірами (8x30x200) при необхідності 6+4+6, тобто 16 пластин, що в загальному на один електровоз складає економію 12 пластин (18,75 %). При вартості пластин ПКД-2 понад 400 грн., це більше 4800 грн. на один електровоз, не враховуючи трудові затрати.

Враховуючи, що нові контактні пластини марок БрЗГ-1 та БрЗГ-2 мають більший ресурс в 1,25...2,5 рази ніж контактні пластини марок ПКД-1 і ПКД-2, тоді, при серійному використанні цих пластин, додатково знизяться загальні витрати на закупівлю пластин і зменшаться затрати робочого часу на їх монтаж-демонтаж.

Для електровозів змінного струму та електропоїздів передбачене кріплення вугільних вставок у два ряди, а висота вставки становить 30

мм. Тому було розроблено контактну пластину БрЗГ-4, у якій збільшено відсоток вуглецю, та збільшено висоту пластини до 10 мм., що продовжує ресурс пластини на 17..20%, у порівнянні з БрЗГ-1.

У моторвагонному депо Львів (РПЧ-1) відпрацьовано технологію нижнього болтового кріплення контактних пластин БрЗГ-4, а також розроблено покращену композицію зі зміцненим нижнім шаром контактної пластини БрЗГ-5, що дозволяє кріплення пластини до каркасу полоза як за допомогою шпильки, так і за допомогою гвинта.

Одним з головних показників роботи контактної пари "пластина - контактний провід" є ресурс обох контактуючих поверхонь. Тому, нами розроблено і на електропоїзді перевірено комплект контактних пластин БрЗГ-6 зі збільшеним відсотком просочування, що забезпечує покращене змащування контактного проводу зі зменшенням іскріння в зимовий період.

Для уніфікації кріплення контактних пластин БрЗГ по кріпильних отворах від накладок інших марок запропоновані накладки БрЗГ-7 та БрЗГ-9 з різною висотою та довжиною 200 мм, в якій отвір просвердлюється "по місцю" монтажу.

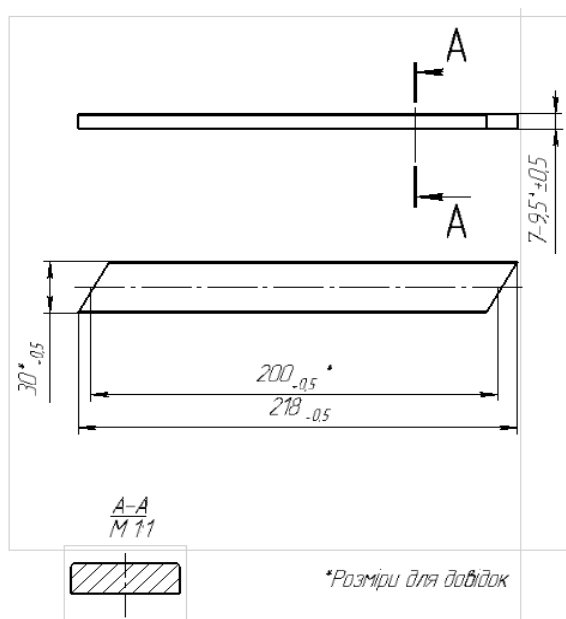


Рис. 9. Універсальна контактна пластинка БрЗГ-7,9

Зараз формується модельний ряд контактних пластин БрЗГ, з якого замовник може обирати накладку для своїх умов експлуатації електрорухомого складу, наприклад, в залежності від роду струму, або його величини - для пасажирського або вантажного електровоза.

Також суттєвою складовою економії коштів є використання контактних пластин БрЗГ для літнього або зимового періоду.

При розробці технології виготовлення пластин використані патенти України на корисну модель № 90838 та № 93116 [7, 8].

На основі патентів та власного досвіду, у науково-дослідній роботі нами розроблені рекомендації щодо підвищення експлуатаційних характеристик та надійності електричної частини електрорухомого складу, які дозволять підвищити стан безпеки руху поїздів.

**Висновок.** У роботі проаналізовано існуючі накладки струмоприймачів електрорухомого складу, причини виходу їх з ладу та можливі шляхи їх усунення. Розглянуто конструктивні та експлуатаційні особливості накладок і вставок, що експлуатуються на даний час у локомотивних та моторвагонних депо на Львівській залізниці.

Розроблено пропозиції щодо використання в якості накладок нового перспективного матеріалу БрЗГ з урахуванням специфіки взаємодії накладок струмоприймача та контактного дроту.

Впровадження повинно враховувати специфіку кріплення та вміст просочувального мастила накладок БрЗГ, а також їх умов експлуатації залежно від струмових навантажень та умов навколишнього середовища.

При впровадженні рекомендованої комплексної ресурсозберігаючої технології у локомотивних та моторвагонних депо необхідно замовляти контактні пластини для певного періоду і виду тяги, що значно зменшить перевитрати і збереже ресурс контактного дроту.

#### Література

1. Берент В.Я. Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта - М.: Интекст. 2005. - С.408.
2. ЦТ-0188. Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів електровозів постійного струму ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11. /М-во інфраструктури України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця
3. Беляев И.А. Машинисту о контактной сети и токосъеме. — Москва: Транспорт, 1986. — (Б-чка машиниста локомотива).
4. ТУ У 30.2-37199864-001:2016 Накладка ползів струмоприймачів для електрорухомого складу постійного та змінного струму з композиційного матеріалу «Романит-УВЛШ»
5. ТИ-514 - Техническое обслуживание и ремонт токоприемников отечественных электровозов постоянного и переменного тока. Технологическая инструкция. 1988.
6. ТУ У 31.2 – 2237310075 – 001: 2017. Пластинка контактна БрЗГ для струмоприймачів електротранспорту. Технічні умови.
7. Патент UA 90838 U. 10.06.2014. Композиція для виготовлення струмознімного елемента струмоприймача електрорухомого складу. – [Електро. ресурс]. Режим доступу: <http://uapatents.com/3-90838-kompoziciya-dlya-vigotovlennya-strumoznimnogo-elementa-strumoprijmacha-elektrohrukhomogo-skladu.html>
8. Патент UA 93116 U. 25.09.2014. Спосіб подачі мастила в зону тертя між контактним дротом та струмознімним елементом Режим доступу: <http://uapatents.com/4->

93116-sposib-podachi-mastila-v-zonu-tertya-mizh-kontaktym-drotom-ta-strumoznimnim-elementom.html

### References

1. Berent V. Materialy i svoystva elektricheskikh kontaktov v ustroystvakh zheleznodorozhnogo transporta - M.: Intekst. 2005. - S.408.
2. TST-0188. Pravyta tekhnichnoho obsluhovuvannya ta potochnykh remontiv elektrovoziv postynnoho strumu VL8, VL10, VL11. /M-vo infrastruktury Ukrayiny, Derzhadministratsiya zaliznychnoho transportu Ukrayiny, Ukrzaliznytsya
3. Belyayev I.A. Mashinistu o kontaktnoy seti i tokos'yeme. — Moskva: Transport, 1986. — (B-chka mashinista lokomotiva)
4. TU U 30.2-37199864-001:2016 Nakladka poloziv strumopryymachiv dlya elektrorukhomoho skladu postynnoho ta zminnoho strumu z kompozytsynnoho materialu «Romanyt-UVLSH»
5. TI-514 - Tekhnicheskoye obsluzhivaniye i remont tokopriyemnikov otechestvennykh elektrovozov postoyannogo i peremennogo toka. Tekhnologicheskaya instruktsiya. 1988.
6. TU U 31.2 – 2237310075 – 001: 2017. Plastyna kontaktna BrZ·H dlya strumopryymachiv elektrotransportu. Tekhnichni umovy.
7. Patent UA 90838 U. 10.06.2014. Kompozytsiya dlya vyhotovlennya strumoznimnoho elementa strumopryymacha elektrorukhomoho skladu. – [Elektro. resurs]. Rezhym dostupu: <http://uapatents.com/3-90838-kompoziciya-dlya-vigotovlennya-strumoznimnogo-elementa-strumoprijmacha-elektro-rukhomogo-skladu.html>
8. Patent UA 93116 U. 25.09.2014. Sposib podachi mastyla v zonu tertya mizh kontaktnym drotom ta strumoznimnym elementom Rezhym dostupu: <http://uapatents.com/4-93116-sposib-podachi-mastila-v-zonu-tertya-mizh-kontaktym-drotom-ta-strumoznimnim-elementom.html>

**Бабяк Н.А. Ресурсосберегающая технология эксплуатации накладок токоприемников с учетом их взаимодействия с контактным проводом.**

*В статье рассмотрены результаты испытаний накладок токоприемников электроподвижного состава с нового перспективного материала на основе бронзы, который позволяет повысить ресурс эксплуатации как самих накладок пантографов, так и контактного провода. Особенностью взаимодействия новых накладок токоприемников и контактного провода заключается в улучшенном смазке зоны контакта и образования токопроводящей политуры на контактирующих поверхностях. Разработаны рекомендации по повышению эксплуатационных характеристик и надежности контактных накладок токоприемников в условиях локомотивных депо, которые ремонтируют и эксплуатируют подвижной состав различных серий.*

**Ключевые слова:** эксплуатация, пантограф, контакт, износ, накладка, проволока, ресурс

**Babyak N. Resource-saving technology for operating pantograph linings, taking into account their interaction with the contact wire**

*In the article the results of tests of the lining of current collectors of electric rolling stock from a new perspective material based on bronze are considered, which allows increasing the service life of both the pantograph linings and the contact wire. The peculiarity of the interaction between the new pantograph linings and the contact wire is the improved lubrication of the contact zone and the formation of conductive polishing on the contacting surfaces. Recommendations are developed to improve the performance characteristics and reliability of pantograph contact pads in conditions of locomotive depots that repair and operate the rolling stock of various series.*

**Keywords:** operation, pantograph, contact, wear, lining, wire, resource.

**Баб'як М.О.** – докторант, к.т.н., доц., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (Львівська філія).

*Рецензент:* д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 04.04.2018