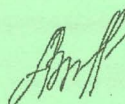


A8E

V+

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ імені академіка В. ЛАЗАРЯНА

АРТЕМЧУК ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ



УДК 629.4.027.115-192

45
008850

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОРПУСІВ БУКС
КОЛІСНИХ ПАР ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Спеціальність 05.22.07 – рухомий склад залізниць
та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

НТБ
ДНУЗТ

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі теоретичних основ електротехніки Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту (ДПТ) імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

КОСТИН Микола Олександрович,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту України,
завідувач кафедри теоретичних основ електротехніки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

ТАРТАКОВСЬКИЙ Едуард Давидович,

Українська державна академія залізничного транспорту
Міністерства транспорту України,
завідувач кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу.

кандидат технічних наук, доцент

ГІЛЕВИЧ Олег Ілліч,

Український науково-дослідний проектно-конструкторський інститут
електровозобудування (УЕЛНДІ) Мінпромполітики України,
провідний науковий співробітник – керівник робіт з випробувань,
експлуатації та ремонту електровозів.

Провідна установа: Київський університет економіки і технологій транспорту, кафедра рухо-
мих складових, м. Київ.

іні спеціалізованої
залізничного транс-
Акад. В.А. Лазаря-

го національного

Жуковицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

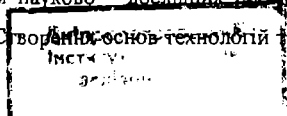
Актуальність теми. Парк рухомого складу залізничного транспорту України становить 4,8 тис. локомотивів і 4 тис. вагонів електро- та дизель-поїздів. Із них відпрацювали свій нормативний термін служби 55 % електровозів, 18 % тепловозів, 40 % секцій електропоїздів і 46 % секцій дизель-поїздів. Зокрема, через невиконання вимог законодавчих актів щодо задоволення потреб залізничного транспорту у транспортних засобах, надмірне падіння обсягів капітального ремонту і дефіцит запасних частин ступінь зношення електровозів у середньому сягає 70,3 %.

Тому забезпечення високої надійності та продовження ресурсу існуючого рухомого складу залізниць України шляхом його відновлення є найважливішою з усіх пріоритетних задач галузі. До того ж в існуючій ситуації стану економіки країни першоступеневе значення набуває рішення поставленої задачі шляхом повторного використання деталей після їх відновлення та зміцнення. Це диктується тим, що на відновлення спрацьованої деталі до номінальних параметрів витрачається матеріалів, електроенергії та праці, а також утворюється шкідливих забруднень у 10 – 100 разів менше, ніж на виготовлення нової. Тому в усьому світі вважають, що, якщо зношені локомотиви і вагони можливо модернізувати чи відновити їх ресурси, то це слід робити, бо це на 40 – 80 % дешевше, ніж будувати нові. Зокрема, собівартість відновлення деталей механічної частини машин у 2-3 рази менше, ніж ціна нових. А використанням новітніх технологій нанесення зносостійких матеріалів при відновленні деталей можна доводити ресурс їх роботи до рівня нових і навіть перевищувати його.

Із механічного устаткування електровозів найбільш відповідальними вузлами є колісні пари. І в той же час найбільший відсоток – 27-29 % - складають позапланові ремонти пошкодженням колісних пар. При цьому найбільший показник цих ремонтів на 1 млн. км пробігу – належить буксовим вузлам (після бандажів), надійна робота яких багато в чому визначає безпеку руху потягів. Основні пошкодження відбуваються внаслідок зношення корпусів букс. В той же час задача відновлення зношених корпусів знаходиться лише на самому початку свого розв'язання: 4 – 5 років тому їх ніяк не відновлювали, а замінювали новими, що коштують ~ 1000 – 1100 грн. для електровозів ВЛ 8, ВЛ 10, ВЛ 11, ВЛ 80, ВЛ 82 та ~ 4100 - 5000 грн – ЧС 2, ЧС 4, ЧС 7

У зв'язку з вищевикладеним оцінка існуючого рівня надійності роботи корпусів букс колісних пар електровозів та розробка нових, більш простих, ресурсозберігаючих технологій їх відновлення, які до того ж забезпечують високий рівень надійності і здешевлення ремонту, є актуальною задачею теоретичних і практичних досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з планом науково – дослідних робіт “Укрзалізниця” на 1999 – 2001 рр. (наказ від 30.10.98) за темою “С



ці” зношених великогабаритних (“корпусних”) деталей рухомого складу”, шифр 21.01.99.01, державний реєстраційний номер – 0199U000049, а також за планом на 2000 – 2002 рр. дослідних робіт Придніпровської залізниці за темою “Розробка технології, виготовлення і впровадження установки для відновлення корпусів букс електровозів ВЛ 8”, шифр ПР/НТО(Т)-01-3/НЮ-432 (НТО/Т-30-00/НЮ-347) (13-НТО/Т-2000/21.11.2000.2002) від 10.04.2000 р.

Мета роботи. Підвищення рівня надійності експлуатації та здешевлення ремонту корпусів буксових вузлів колісних пар електровозів шляхом їх відновлення позаванним проточним електrolітичним залізненням.

Задачі досліджень.

1. Встановити кількісні імовірносно-статистичні закономірності зносу корпусів букс електровозів ВЛ 8, ВЛ 10, ВЛ 11, ВЛ 80, ЧС 2, ЧС 4, ЧС 7. Розробити модель і методику оцінки більш високої надійності технологічного процесу відновлення зношених деталей електrolітичним методом і чисельно оцінити надійність технології позаванного відновлення зношених корпусів букс електровозів нанесенням шарів гальванічного залізнення. Виконати порівняльні прискорені й експлуатаційні випробування на зносостійкість корпусів букс нових і відновлених різними методами.

2. Розробити модель формування поступової відмови за критерієм зношування, а також оцінити і порівняти показники параметричної надійності корпусів букс відновлених різними методами. Виконати прогнозування параметрів надійності роботи корпусів букс, відновлених різними методами.

3. Оцінити працездатність відновлених корпусів букс за критерієм витривалості. Розробити і виготовити дослідно-промислову установку; на її базі налагодити і впровадити технологічний процес відновлення корпусів букс електровозів методом позаванного проточного електrolітичного залізнення.

Об’єкт досліджень – процеси експлуатації та ремонту електрорухомого складу залізниць України.

Предмет досліджень – ремонт буксових вузлів колісних пар електровозів.

Методи досліджень. Для оцінки показників надійності буксових вузлів і технологічних процесів відновлення застосовували методи теорій імовірностей і надійності. Вимірювання зношення корпусів букс здійснювали відомими інструментальними методами. Структуру та механічні властивості відновлювальних шарів заліза досліджували металофізичними методами на приладах ПМТ – 3, ДРОН – 2, “Неофот” Зносостійкість досліджували на машині тертя СМЦ – 2, механічні властивості – на машинах УГ20/2, МУІ – 6000, УКІ – 10М. Електротехнічні виміри виконували осцилографічно на приладах С1-17, С1-18, С1-68, С1-83 та з використанням вимірювальних приладів з класом точності 0,5.

Обробку експериментальних даних проводили на ПЕОМ, використовуючи методи математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Знайшли подальший розвиток методи оцінки безвідмовності і ресурсу корпусів букс, в основі яких вперше покладена математична модель фізичного формування поступових відмов за критерієм зношування.
2. Розроблено нову модель надійності технологічного процесу відновлення деталей електрорухомого складу, яка відрізняється від існуючих моделей більш точним врахуванням випадкового характеру зміни показників якості процесу.
3. Вперше встановлено закономірності впливу експлуатаційних характеристик пари тертя "корпус букси – зовнішнє кільце підшипника" та структури і механічних властивостей відновлювальних шарів заліза на зносостійкість і витривалість корпусів букс.
4. Запропоновано механізм експлуатаційного зношування матеріалу корпусів букс (як фретинг-корозія), що дозволило більш точно підібрати необхідні властивості відновлювальних шарів заліза.

Практичне значення одержаних результатів

1. Отримані закономірності зношування корпусів букс, відновлених різними методами, і розроблена на їх основі модель параметричної надійності можуть бути застосовані для прогнозування надійності буксових вузлів електровозів в процесі їх експлуатації.
2. Запропоновані математичні моделі і методи оцінки параметрів надійності технологічних процесів відновлення пропонується використовувати при розробці нових, більш надійних технологій ремонту деталей електрорухомого складу, що дозволить підвищити їх експлуатаційну надійність.
3. В локомотивному депо Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці впроваджено розроблені за результатами дисертаційних досліджень технологія і мобільна установка позаванного відновлення проточним електролітичним залізненням корпусів букс електровозів ВЛ 8. Це дозволило на 0,15 – 0,21 підвищити імовірність безвідмовної роботи буксових вузлів колісних пар. При цьому корпуси букс, що відновлені залізненням володіють ресурсом, який більший в 1,15 – 1,16 разів, ніж ресурс нових корпусів, і в 1,20 – 1,21, ніж ресурс корпусів, відновлених наплавленням. Річний економічний ефект лише по вказаному депо склав 542,0 тис. грн

4. Розроблені технологія та установка також прийняті для їх впровадження на ВАТ “Запорізький електровозоремонтний завод” для відновлення корпусів букс електровозів серії ЧС. Очікуваний річний економічний ефект складає 2457,7 тис. грн.
5. За результатами досліджень запропоновано Укрзалізниці Міністерства транспорту України організувати в одному з локомотивних чи вагонних депо виготовлення розроблених технологічних установок з подальшим їх тиражуванням і передачею іншим депо для використання при відновленні корпусів букс колісних пар.
6. Результати окремих розділів використовуються у навчальному процесі кафедрами “Електрорухомий склад” і “Локомотиви” Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Особистий внесок здобувача полягає в плануванні та проведенні теоретичних і експериментальних досліджень, обробці отриманого матеріалу, формулюванні наукових положень і висновків. Постановку мети та задач дослідження виконано спільно з науковим керівником. В публікаціях, в яких відображено основні результати дисертації та які написані у співавторстві, автору належать: в [1,2] – розробка математичних моделей формування зносових відмов для оцінки показників надійності корпусів букс; [4,6,7,11] – виконання експериментальних досліджень по нанесенню зносостійких покриттів, визначення їх властивостей, систематизація результатів; [5] – чисельна оцінка раціонального міжремонтного пробігу електровозів; [9,12] – ідея і методика одержання шаруватих залізних осадів.

Роботи [3,8,10,13,14] написані автором особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи доповідались і одержали схвалення на наступних Міжнародних науково-технічних конференціях: 7-й “Технологии ремонта машин, механизмов и оборудования» (Ремонт – 99), Київ, 1999 р; “Надежность машин, механизмов, оборудования», Київ, 2000 р; 8-й “Технологии ремонта машин, механизмов и оборудования» (Ремонт – 2000), Київ, 2000 р; “Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів”, Львів, 2000 р; 9-й “Технологии ремонта машин, механизмов и оборудования», Київ, 2001 р., 2-й “Инженерия поверхности и реновация изделий», Київ, 2002 р.

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковано в 14 наукових працях, у тому числі: 7 – у фахових виданнях, 1 – депонована, 6 – в матеріалах міжнародних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п’ятьох розділів, висновків, переліку використаної літератури і 4 додатків. Основний текст роботи викладено на 156 сторінках. Дисертація містить 87 рисунків і 15 таблиць, рисунки і таблиці, які розміщені на окремих сторінках, займають 21 сторінку. Список літератури з 143 найменувань на 14 сторінках. Додатки на 12 сторінках. Повний об’єм дисертації складає 203 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтована актуальність досліджень, сформульовані мета і завдання досліджень, приведені основні наукові положення та результати, які винесені на захист, а також відомості про практичне значення результатів роботи, їх апробацію і публікацію матеріалів дослідження.

У *першому розділі* показано сучасний стан досліджуваної задачі. Представлено конструктивно-технологічні характеристики буксових вузлів досліджуваних електровозів. Приведено огляд літератури щодо існуючих методів відновлення зношених деталей рухомого складу, і зокрема корпусів букс колісних пар, надійності технічних і технологічних систем відновлення.

Згідно правил ремонту електровозів у практиці ремонтних виробництв залізничного транспорту найбільше застосовується наплавлення, газотермічне напилювання і електролітичне нанесення відновлювального шару. Кожний із указаних методів займає своє місце в ремонтному виробництві і, що особливо важливо підкреслити, не є єдиним, універсальним методом, являючись у рівній мірі ефективним при відновленні та зміцненні деталей із різноманітних матеріалів при їх різних конструктивних виконаннях. Будь-яка з зазначених технологій відновлення має певні переваги і недоліки.

У *другому розділі* викладено методики експериментальних досліджень. Визначено кількість необхідних спостережень при експериментальних випробуваннях.

У *третьому розділі* викладено розроблені модель, методику та результати чисельної оцінки надійності технологічного процесу нанесення відновлювальних шарів заліза за критеріями “міцність зчеплення”, “мікротвердість” і “товщина шару”

Під надійністю технологічного процесу відновлення (НТПВ) слід розуміти властивість цього процесу виконувати функції по збереженню в потрібний проміжок часу і в зазначених межах установлені ритм відновлення і параметри якості відновлювальних деталей, забезпечуючи необхідні їх безвідмовність та довговічність. Основним показником НТПВ є безвідмовність. Безвідмовність ТПВ за даним “і”-тим параметром якості чисельно визначається імовірністю $P_i(t)$ виконання завдання за даним параметром. В свою чергу, імовірність $P_i(t)$ виконання завдання за “і”-тим параметром – це імовірність виконання вимог нормативно-технічної документації по цьому параметру для кожної деталі, відновлювальної в проміжок часу $(0 - t)$, тобто це імовірність того, що значення контролюваного параметра y_i в момент часу t знаходиться в межах допуску:

$$P_i(t) = \text{Імов}\{y_{i,n} \leq y_i(t) \leq y_{i,n}\} = \int_{y_{i,n}}^{y_{i,n}^*} f(y_i) dy_i, \quad (1)$$

де $y_i(t)$, $y_{i,n}$, $y_{i,n}^*$ – відповідно фактичне, нижнє і верхнє значення і-того контролюваного параметра;

$f(y_i)$ – густина розподілення імовірностей значень i -того параметру в момент часу t .

Оцінка надійності усього НТПВ, тобто безвідмовність технології відновлення за усіма "п" контрольованими параметрами, передбачає визначення імовірності виконання завдання за усіма параметрами одночасно:

$$P_{\Sigma}(t) = \text{Iмов}\{y_{i,n} \leq y_i \leq y_{i,s}, \dots, y_{m,n} \leq y_m \leq y_{m,s}\}. \quad (2)$$

Якщо параметри якості незалежні, то цей узагальнений показник НТПВ визначається за правилами множення імовірностей:

$$P_{\Sigma}(t) = \prod_{i=1}^m P_i(t) \quad (3)$$

В цій роботі, на відміну від існуючих, для знаходження $P_i(t)$ за виразом (1) закон розподілення $f(y_i)$ знаходиться не за даними усього об'єму вибірки, а за статистичними даними екстремальних (мінімальних чи максимальних) значень параметрів якості. Це дозволяє знати найбільш точний стохастичний опис параметрів якості, а, отже, забезпечує визначення найбільш високої надійності технології відновлення.

На базі викладеної моделі в роботі викладена методика оцінки екстремальної НТПВ, яка містить 11 основних етапів.

Надійність технологічного процесу по параметру «міцність зчеплення». Висока міцність зчеплення $\sigma_{зч}$ з основним металом є визначальним параметром при використанні електролітичного заліза для відновлення зношених деталей. Якими б високими не були механічні характеристики одержуваного покриття, його працездатність вирішальним чином залежить від міцності зчеплення з основою. З точки зору найбільш високої НТПВ доцільно визначення і використання мінімальних значень $\sigma_{зч}$, як параметру якості.

Закон розподілення випадкової величини $\sigma_{зч}$ в вихідній вибірці $f(\sigma_{зч})$ є відсіченим нормальним (рис. 1, крива 1), а густина розподілення її мінімальних значень $f_{n1}(\sigma_{зч})$ має вираз (рис. 1, крива 2):

$$f_{n1}(\sigma_{зч}) = \left(1 - \frac{1}{0,9821} \cdot \Phi\left(\frac{\bar{\sigma}_{зч}}{\sigma_{зч}}\right) - \frac{1}{0,9821} \cdot \Phi\left(\frac{\sigma_{зч} - \bar{\sigma}_{зч}}{\sigma_{зч}}\right) \right)^{n-1} \cdot \frac{1}{0,9821} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\sigma_{зч} - \bar{\sigma}_{зч})^2}{2\sigma_{зч}^2}} \cdot \frac{1}{\sigma_{зч}}, \quad (4)$$

де $n = 537$; $\bar{\sigma}_{зч} = 121,15$ МПа, $\sigma_{зч} = 58,4$ МПа, а $\Phi(\dots)$ – відома функція Лапласа.

Для умов повної вихідної вибірки з допустимим значенням $\sigma_{зч} = 40$ МПа імовірність відмови ТП за критерієм $\sigma_{зч}$, склала 0,093. Тобто, при існуючій моделі надійності, бракується 50 деталей, що складає 9,3 % від загальної вибірки (площа S_1 на рис. 1). За тих же самих умов, але використовуючи запропоновану модель оцінки надійності, імовірність відмови, що визначена за формулою

$$Q_{\sigma_{3ч}} = 1 - \int_{40(50)}^{\infty} f_{n1}(\sigma_{3ч}) d\sigma_{3ч}, \quad (5)$$

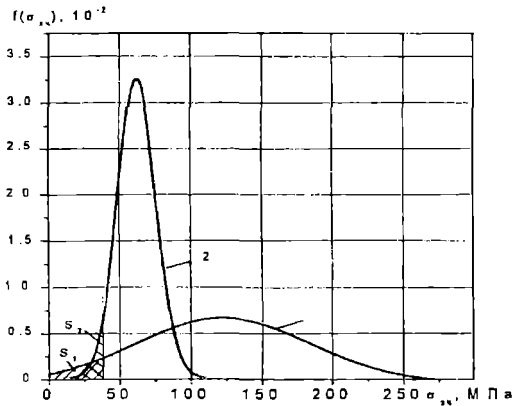


Рисунок 1 Відсічене нормальне розподілення $\sigma_{3ч}$ в вихідній вибірці (крива 1) і густина розподілення мінімальних значень $\sigma_{3ч}^{min}$ (крива 2)

дорівнює 0,115. Тобто, кількість деталей, що бракуються, склала 62, у процентному відношенні це 11,5 % (площа S_2). Ті ж розрахунки, але при границі допуску $\sigma_{3ч}$, рівній 50 МПа, показують, що кількість відбракованих деталей відповідно 65 (тобто 12 %) і 70 (тобто 13 %).

В роботі на основі асимптотичного розподілення $F_{n1}(y_i) = 1 - e^{-e^2}$ виконано також прогнозування мінімальних значень $\sigma_{3ч}$, згідно якого при імовірності 0,9 значення $\sigma_{3ч}^{min} \geq 40$ МПа.

Надійність технологічного процесу за критерієм «мікротвердість». Мікротвердість H_μ електролітичного заліза знаходиться у певному зв'язку зі структурою і фізико-механічними й експлуатаційними властивостями його осадів (механічною міцністю, внутрішньою напруженістю, зносостійкістю та ін.) тому і обрана як другий показник якості відновлювальних шарів заліза.

Густина розподілення мінімальних значень H_μ одержана у вигляді (рис. 2, крива 2):

$$f_{n1}(H_\mu) = n \left(1 - \frac{1}{A} \cdot \Phi \left(\frac{\bar{H}_\mu}{\sigma_{H_\mu}} \right) - \frac{1}{A} \cdot \Phi \left(\frac{H_\mu - \bar{H}_\mu}{\sigma_{H_\mu}} \right) \right)^{n-1} \cdot \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(H_\mu - \bar{H}_\mu)^2}{2\sigma_{H_\mu}^2}} \cdot \frac{1}{\sigma_{H_\mu}}, \quad (6)$$

а максимальних значень мікротвердості H_μ як (рис.2, крива 3):

$$f_{n2}(H_\mu) = \frac{n}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma_{H_\mu}} e^{-\frac{(H_\mu - \bar{H}_\mu)^2}{2\sigma_{H_\mu}^2}} \cdot \left(0.5 + \Phi \left(\frac{H_\mu - \bar{H}_\mu}{\sigma_{H_\mu}} \right) \right)^{n-1} \quad (7)$$

де $n = 177$; $\bar{H}_\mu = 4555$ МПа, $\sigma_{H_\mu} = 759,1$ МПа, $A = 0,99865$.

Зв'язок мікротвердості зі зносостійкістю суто індивідуальний і залежить від багатьох факторів. В результаті наших випробувань на зносостійкість пари «корпус букси - зовнішнє кільце підшипника» встановлено границі оптимальної мікротвердості за умов співвідношення «мікротве-

рдість - зносостійкість" Нижня границя складає 2900 МПа, верхня - 6100 МПа. Ці границі і обрані за критерієм оптимальної роботи відновленого корпусу букси і зовнішнього кільця підшипника. Тоді, враховуючи ці границі, кількісні розрахунки по запропонованій моделі надійності, показують, що імовірність безвідмовної роботи технології залізнення за критерієм "мікротвердість" $P_{H_{\mu}}$ складає 0,935. Тобто лише у 6,5 % корпусів букс величина мікротвердості відновлювальних шарів заліза виходить за допустимі границі: більше 6100 МПа і менше 2900 МПа. При цьому у 3 % корпусів букс не витримуються вимоги по

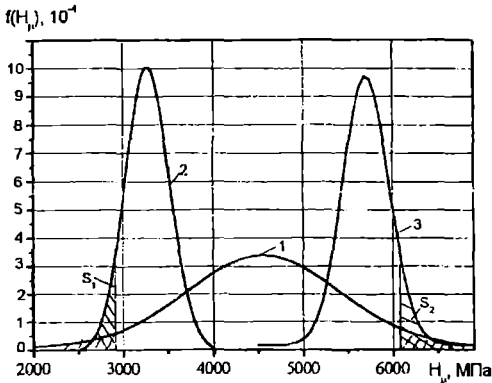


Рисунок 2 Густина розподілення мікротвердості H_{μ} у вихідній вибірці (крива 1), розподілення мінімальних (крива 2) та максимальних (крива 3) її значень залізних відновлювальних шарів

лівій границі (площа S_1 на рис. 2), а у 3,5 % правій границі (площа S_2 на рис. 2). Для порівняння, розрахунки $P_{H_{\mu}}$ по існуючій моделі дають значення $P_{H_{\mu}} \approx 0,95$, тобто за критерієм H_{μ} бракується $\sim 5\%$ корпусів, з них: 2,4 % - по мінімальних і 2,6 % - максимальних значеннях мікротвердості.

Подібно прогнозуванню s_{z1} було зроблено прогнозування максимальних і мінімальних значень мікротвердості H_{μ} . В результаті на імовірнісному папері побудовано прогнозні залежності, які дозволяють зробити прогнози щодо імовірностей, за якими максимальні значення H_{μ} перевищують

верхню границю, а мінімальні H_{μ} - будуть менші встановленої нижньої границі.

Надійність технологічного процесу по параметру "товщина відновлювального шару" Товщина покриття при залізненні контролюється з позицій необхідності забезпечення заданих розмірів при відновленні поверхні корпусу букси відповідно до встановлених технічною документацією із припуском на фінішне опрацювання.

При існуючій моделі оцінки НТПВ імовірність виконання завдання по параметру "товщина осаду" являється високою і коливається в границях 0,98 - 0,995, тобто можливий брак по товщині нанесеного шару не перевищує 2 %. По запропонованій моделі НТПВ імовірність виконання завдання по даному параметру складає не більше 0,9690, тобто можливий брак складає не менше 3,1 %.

Повна надійність технологічного процесу залізнення визначена імовірністю виконання завдання за трьома незалежними параметрами якості (H_μ , $\sigma_{3\mu}$ і Δ). Для запропонованої моделі поєднання НТПВ букс електролітичним залізненням, що розрахована за (3), склала 0,81, тобто імовірність безвідмовної роботи технологічного процесу відновлення залізненням дорівнює 0,81 і можливий брак відновлених деталей складає 19 %.

У четвертому розділі розроблено модель формування поступових відмов за критерієм зносу і на основі лабораторних та експлуатаційних випробувань визначено показники параметричної надійності корпусів букс.

Сумарне зношення корпусу букси обумовлено факторами експлуатаційного і технологічного зносів. Основним видом експлуатаційного зносу є зминання металу корпусу, а також фретинг-корозія, яка супроводжується появою на поверхнях, що контактують, темно-бурих, або червоних плівок – оксидів заліза. Технологічний знос обумовлений зменшенням товщини стінок корпусу при верстатному усуєнні овальності, конусності, рисок та слідів корозії внутрішньої поверхні. З метою порівняльної оцінки надійності нових, із Ст 25Л, корпусів букс і відновлених різними методами, було виконано прискорені й експлуатаційні випробування на зносостійкість відновлювальних шарів, які дозволили одержати графічні, що представлені в роботі, та наступні регресійні залежності середніх значень зносу $\bar{\delta}$ від кількості циклів n прискорених випробувань для зразків (мм):

$$\left. \begin{aligned} - \text{із базової сталі Ст 25Л: } \bar{\delta} &= 5,3571 \cdot 10^{-5} + 1,254 \cdot 10^{-6} \cdot n - 1,0028 \cdot 10^{-11} \cdot n^2, \\ - \text{залізнених: } \bar{\delta} &= 1,3214 \cdot 10^{-4} + 6,7783 \cdot 10^{-7} \cdot n - 2,665 \cdot 10^{-12} \cdot n^2 \\ - \text{наплавлених: } \bar{\delta} &= 0,00165 + 1,4125 \cdot 10^{-6} \cdot n - 9,8077 \cdot 10^{-12} \cdot n^2 \\ - \text{напилених: } \bar{\delta} &= 8,9643 \cdot 10^{-4} + 9,9014 \cdot 10^{-7} \cdot n - 7,2802 \cdot 10^{-12} \cdot n^2 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

У дисертації ці вирази перераховано також на шлях тертя l .

Також отримано залежності середньоквадратичного відхилення σ_δ від кількості циклів n і від шляху тертя l ; їх апроксимуючі вирази наведено в дисертації.

Експлуатаційні натурні випробування виконано на корпусах букс електровозів ВЛ 8. При цьому випробовували три групи корпусів: із базової сталі Ст 25Л (без покриття); відновлених електролітичним залізненням, надійність якого оцінено в розділі 3, і наплавлені (рис. 3). Відновлення газотермічним напильованням не проводили, тому що така технологія поки що на Україні не застосовується для відновлення корпусів букс.

Отримані апроксимуючі вирази залежностей середнього значення зносу $\bar{\delta}$ і середньоквадратичні відхилення σ_δ корпусів від пробігу l електровозів ВЛ 8 мають вигляд відповідно для букс (мм):

$$\left. \begin{aligned} \text{із Ст 25Л: } \bar{\delta}(l) &= 2,039 \cdot 10^{-6} l, & \sigma_\delta(l) &= 5,04 \cdot 10^{-4} \sqrt{l}; \\ \text{залізнених: } \bar{\delta}(l) &= 1,617 \cdot 10^{-6} l, & \sigma_\delta(l) &= 4,44 \cdot 10^{-4} \sqrt{l}; \\ \text{наплавлені: } \bar{\delta}(l) &= 2,214 \cdot 10^{-6} l, & \sigma_\delta(l) &= 4,15 \cdot 10^{-4} \sqrt{l} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

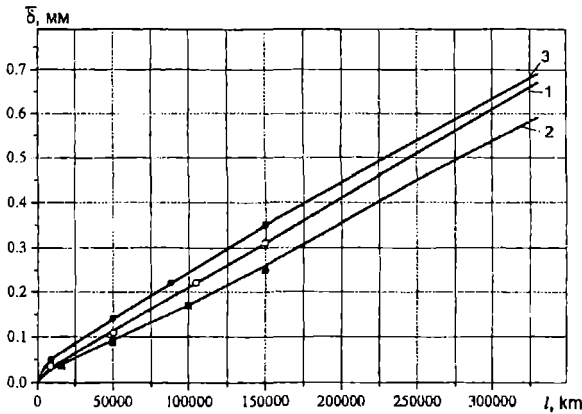


Рисунок 3 - Залежність середнього значення величини зносу внутрішньої поверхні корпусів букс від пробігу електровозів ВЛ 8 для корпусів: 1 - без покриття (Ст 25Л), 2 - залізних; 3 - наплавлених

Аналізуючи вищевикладені результати випробувань можна зробити такі висновки: експлуатаційні випробування підтверди-

ли характер і кількісні закономірності прискорених випробувань на знос досліджених нанесених шарів; максимальне значення середньої швидкості нанесення покриттів спостерігається при газотермічному напилюванні, мінімальне – при наплавленні; товщина шару, що наноситься, має обмеження при гальванічному методі - до 5 мм, при газотермічному напилюванні – до 15 мм; максимальне зчеплення $\sigma_{зч}$ покриття з металом деталі спостерігається при наплавленні, $K_{зч} = 1,0$, мінімальне – при газотермічному напилюванні, $K_{зч} = 0,15$; максимальна зносостійкість належить відновлювальним електролітичним шарам, $\bar{\delta} = 0,58$ мм на 330 тис. км пробігу електровозів ВЛ 8, мінімальна – наплавленням, $\bar{\delta} = 0,7$ мм на 330 тис. км пробігу; найбільший розкид величин зносу у корпусів з базового матеріалу, $\sigma_{\delta} = 0,33$ мм на 330 тис. км пробігу, мінімальна – у наплавлених, $\sigma_{\delta} = 0,27$ мм.

Результати попередніх досліджень на зносостійкість дали змогу оцінити ресурс і імовірність безвідмовної роботи корпусів букс за критерієм зносу. Для цього було розроблено модель формування поступових відмов за критерієм зносу ($\delta = \gamma \cdot l$) (рис. 4), згідно якій імовірність безвідмовної роботи корпуса букси дорівнює

$$P(l) = 1 - \frac{A \cdot \sigma_{\gamma} \sqrt{\pi}}{2} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\delta_{np}}{l} - \bar{\gamma} \right) \right), \quad (10)$$

де A – постійна; $\bar{\gamma}$ і σ_{γ}^2 – середнє значення і дисперсія швидкості зносу; δ_{np} – допустимий знос.

Більш повна схема втрати працездатності корпусом букси повинна враховувати також початковий розкид діаметра внутрішньої поверхні корпуса, тобто початковий розкид δ_0 величини зносу

$$\delta = \delta_0 + \gamma \cdot l,$$

(11)

Тоді по аналогії з (10) було одержано вираз імовірності безвідмовної роботи корпусу при наявності δ_0 .

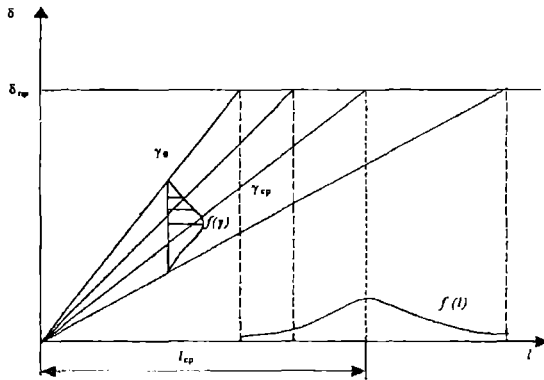


Рисунок 4 - Схема формування поступової відмови

Окрім зазначених вище факторів при визначенні ресурсу L корпусів букс потрібно враховувати також технологічний знос K :

$$\delta = \delta_0 + \gamma \cdot l + K, \quad (12)$$

що є випадковою величиною і розподіляється за Гауссом.

Тоді імовірність безвідмовної роботи визначиться як

$$P(l/\delta_0, K) = 1 - \frac{A \cdot \sigma_\gamma \cdot \sqrt{\pi}}{2} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\delta_{np} - \delta_0 - K}{l} - \gamma \right) \right) \quad (13)$$

Отримані залежності дозволили визначити ресурс корпусу букси. В цій роботі це виконано для корпусів букс електровоза ВЛ 8: нових (із Ст 25 Л), відновлених наплавленням і відновлених залізненням. В результаті розрахунків без врахування K отримано такі значення ресурсу: для базової Ст 25 Л – 339,2 тис. км; для наплавлених корпусів букс – 327,9 тис. км; для відновлених залізненням – 393,49 тис. км. З врахуванням технологічного зносу K величина ресурсу зменшується і складає: для базової Ст 25 Л – 255,0 тис. км; наплавлених – 246,5 тис. км і відновлених залізненням – 307,4 тис. км.

Для виконання імовірнісного прогнозування параметричної надійності корпусів букс було знайдено закон розподілу величини діаметра корпусу D при будь-якому значенні пробігу l електровоза. З врахуванням його початкового значення D_0 і залежностей (9), цей закон має загальний вигляд:

$$f_\Sigma(D) = f(D_{L_0} \leq D \leq D_{L_k}) = \frac{2 \cdot \sigma_D}{a \cdot b^2 \cdot (L_k - L_0)^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{L_0}^{L_k} \frac{1}{b \cdot \sqrt{l}} e^{-\frac{[D - (D_0 + a \cdot \sqrt{l})]^2}{2b^2 l}} dl \quad (14)$$

Тоді імовірність прогнозування V_D величини D в області $D_{L_0} \leq D \leq D_{L_k}$ за критерієм зносу корпусу визначиться залежністю

$$V_D = 1 - \int_0^{D_{ep}} f_{\Sigma}(D) dD = 1 - \left[\int_0^{D_{ep}} \frac{2 \cdot \sigma_D}{a \cdot b^2 \cdot (L_k - L_0)^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{L_0}^{L_k} \frac{1}{b \cdot \sqrt{l}} e^{-\frac{[D - (\bar{D}_0 + a \cdot l)]^2}{2b^2 l}} dl dD \right] \quad (15)$$

Користуючись одержаними формулами, було виконано прогнозування величини імовірності відмови корпусів букс різних типів електровозів за пробіг до ПР 3, тобто за $L_k - L_0$. При цьому розрахунки виконано для нових корпусів, відновлених наплавкою і залізненням.

На рис. 5 побудовано так звані миттєві для певних пробігів (криві 1, 2, 3, 4) і сумарний (крива 5) імовірнісні закони розподілення величини діаметра корпусів букс електровозів ВЛ 8. Імовірність відмови корпусів букс V_D , тобто вихід величини діаметра D корпусу за допустиме значення $D_{доп} = 321$ мм, що розраховано за формулою (15), на цих рисунках зображено заштрихованими площами відповідно S_1 . Чисельно зазначені імовірності відмов склали: 0,0769 для нових, із Ст 25 Л, 0,1778 – відновлених наплавкою і 0,0219 – відновлених залізненням корпусів букс.

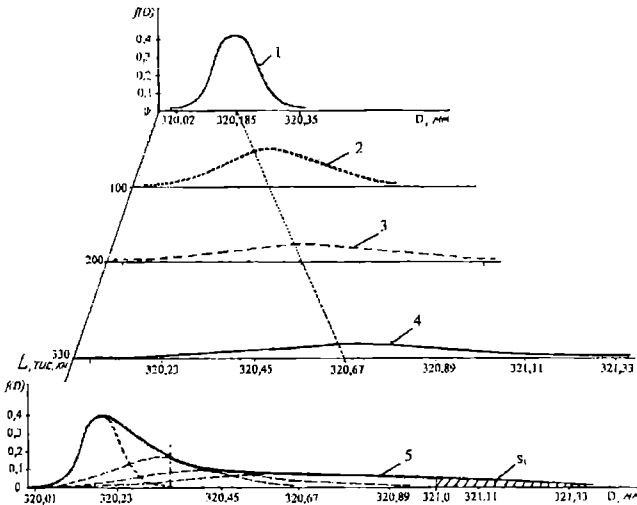


Рисунок 5 Миттєві (криві 1, 2, 3, 4) при пробігах відповідно 0; 100; 200 і 330 тис км та сумарний (крива 5) закони розподілення внутрішнього діаметра нових, із Ст 25 Л, корпусів букс електровозів ВЛ 8

В дисертації аналогічно розраховано та побудовано мит-

теві та сумарні закони розподілення внутрішнього діаметра корпусів букс усіх досліджених електровозів. В результаті одержано, що імовірність відмови корпусів букс по граничному значенню їх діаметру електровозів ВЛ 10, ВЛ 11, ВЛ 80, ВЛ 82 складо 0,0877 – для нових і 0,1853 – наплавлених корпусів. Імовірність відмови корпусів букс електровозів ЧС 2 складо 0,068, електровозів ЧС 4 – 0,0296 і електровозів ЧС 7 – 0,0256. Таким чином, для електровозів ВЛ 8 через 330 тис. км (ПР 3)

на кожну 1000 буксових вузлів вийде за встановлені границі по діаметру (321,00 мм) – 77 нових корпусів букс; наплавлених - 176 букс; залізнених - 33. Аналогічно, для електровозів ВЛ 10, ВЛ 11, ВЛ 80, ВЛ 82 через ≈ 370 тис. км пробігу – 70 нових корпусів букс; наплавлених - 171 букс. Для електровозів ЧС 2 через 350 тис. км умовно відмовлять - 68 корпусів букс; для ЧС 4 через 350 тис. км пробігу - 30 корпусів букс; для ЧС 7 через 400 тис. км пробігу – 26 корпусів.

Зносостійкість є основною експлуатаційною характеристикою і тому в роботі обговорюються існуючі та пропонується інший механізм зносостійкості відновлювальних шарів заліза і її залежність від ряду факторів, зокрема одержана важлива залежність зносостійкості від мікротвердості, з аналізу якої витікає таке. По-перше, практично в усіх режимах електролітично нанесений шар заліза за зносостійкістю або в 1,65 – 1,7 рази більше, або, що найменше (в неоптимальних режимах), рівний по зносу сталі 25 Л, з якої виготовлено реальний корпус букси. По-друге, залежність між зносом та мікротвердістю шару заліза має «сідловидний» характер: найменший знос спостерігається при $H_d = 4000 - 5500$ МПа. Тобто, для підвищення надійності роботи (по зносу) корпусів букс електровозів ВЛ 8 не варто відновлювати їх найбільш твердим електролітичним залізом, як це рекомендовано деякими працями.

В роботі представлено пояснення, яке, на нашу думку, відображає сутність «сідловидного» характеру залежності зносу залізних відновлюючих шарів від їх мікротвердості.

Враховуючи ударні вібраційно-коливальні переміщення пари «корпус букси – зовнішнє кільце підшипника» в роботі також виконана оцінка працездатності корпусів букс за критерієм «втомлена міцність» (на витривалість).

У *п'ятому розділі* подано результати промислової реалізації наукових розробок. На основі результатів виконаних вище досліджень було розроблено 4 варіанти промислових систем-ліній (установок) відновлення корпусів букс позаванням проточним залізненням.

Крім того, було розроблено тиристорне джерело напруги для живлення корпусу букси як електролізера залізнення, що дозволяє (рис. 6) одержувати комбінований струм, який використовується для операції залізнення; одержувати постійний струм для операції електрохімічного знежирювання й анодного травлення; забезпечувати живлення самохідного візка-навантажувача установки залізнення.

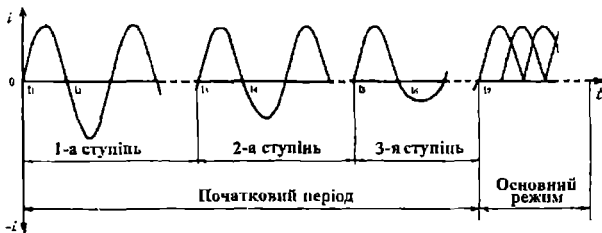


Рисунок 6 - Струмові режими залізнення

В дисертації виконано розрахунок річного економічного ефекту (при заданій програмі ремонту) від використання технології та установки відновлення проточним позаванням заліз-

ненням корпусів букс електровозів серій ВЛ та ЧС. Реальний економічний ефект від впровадження технології і установки для умов локомотивного депо Нижньодніпровськ - Вузол Придніпровської залізниці склав 542,0 тис. грн. Очікуваний економічний ефект від застосування технології проточного позаванного залізнення при заводському (на ВАТ “Запорізький електровозоремонтний завод”) відновленні корпусів букс електровозів серії ЧС – 2457,7 тис. грн. за рік. Також річний очікуваний економічний ефект від застосування технології та установки проточного позаванного залізнення при заводському (на ВАТ “Львівський локомотиворемонтний завод”) відновленні корпусів букс електровозів серій ВЛ 10, ВЛ 11, ВЛ 80, ВЛ 82 склав 1188,552 тис. грн.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень вирішена важлива науково – технічна задача підвищення рівня надійності, продовження термінів експлуатації та здешевлення ремонту діючих електровозів залізниць України. Виконані в дисертації дослідження дозволяють зробити такі висновки.

1. Встановлено, що такі відповідальні за безпеку руху потягів вузли, як буксові вузли колісних пар електровозів, є найменш надійними вузлами механічного устаткування. Основні їх пошкодження, що складають 27 – 29 %, відбуваються внаслідок зношення корпусів букс. В той же час на сьогодні практично відсутні технологічні процеси відновлення корпусів; найчастіше зношені корпуси замінюють новими, які коштують занадто дорого: 1000 – 1100 грн кожний корпус для електровозів типу ВЛ і 4100 – 5000 грн – типу ЧС, до того ж закупівля останніх здійснюється в Чехії.

2. Виконано вимірювально – статистичний аналіз зношення внутрішньої поверхні нових, із базової сталі Ст 25 Л, корпусів букс, із якого витікає, що величина зносу за пробіг до ПР 3 для електровозів серій ВЛ досягає 1,6 – 1,7 мм, овальність – 0,7 – 0,72 мм, а конусність – 0,6 мм; у електровозів серії ЧС величина зносу на 30 – 35 %, а овальність на порядок – менші. При цьому для всіх типів корпусів основним видом експлуатаційного зносу є корозійно – абразивне зношення, а основною причиною – фреттинг-корозія.

3. Розроблено нову математичну імовірнісну модель і методику оцінки більш високих показників надійності довільного технологічного процесу відновлення, які більш точно враховують стохастичний характер зміни параметрів якості процесу і тому базуються на імовірнісних законах розподілення екстремальних значень цих параметрів. Виконано числові розрахунки показників надійності технології відновлення електродітним залізненням за трьома критеріями – параметрами якості нанесених відновлювальних шарів: міцністю зчеплення, мікротвердістю і товщиною відновлювального шару.

4. Розрахунками (з прогнозуванням) і подальшими промисловими експериментальними дослідженнями встановлено, що повна, тобто за трьома критеріями, імовірність безвідмовної роботи технологічного процесу відновлення залізненням складає 0,81, тобто 19 % корпусів букс бракується за невиконанням допустимих значень вищевизначених параметрів якості процесу. При цьому найбільший відсоток браку спостерігається за критеріями “міцність зчеплення” і “мікротвердість”: імовірність відмови процесу залізнення за кожним з них складає відповідно 0,11 і 0,065.

5. Згідно регресійним залежностям, одержаним за результатами порівняльних експериментальних випробувань на зносостійкість відновлювальних шарів, нанесених різними способами:

максимальна зносостійкість належить відновлювальним шарам заліза, нанесеним електролітично (величина середнього зносу $\bar{\delta} = 0,58$ мм 330 тис. км пробігу), а мінімальна – наплавленим ($\bar{\delta} = 0,70$ мм);

найбільший розкид величини зносу σ_{δ} характерний для базового матеріалу Ст 25 Л ($\sigma_{\delta} = 0,33$ мм на 330 тис. км пробігу), найменший – для наплавлених шарів ($\sigma_{\delta} = 0,27$ мм);

6. Розроблено модель і методику формування поступових відмов за критерієм зносу, які враховують фізику явищ зношення. В результаті розрахунків по цій моделі встановлено, що значення ресурсу для корпусів букс електровозів ВЛ 8 склали: 339,2 тис. км для нових, тобто із Ст 25 Л; 327,9 тис. км – для відновлених наплавленням; 393,49 тис. км – відновлених електролітичним залізненням.

7. Методом імовірнісного прогнозування визначено імовірності відмов V_D за критерієм зносу корпусів букс усіх типів досліджених електровозів за пробіг до ПР 3. В результаті, зокрема для електровозів ВЛ 8 встановлено, що величина V_D складала: 0,0769 для корпусів із базового матеріалу; 0,1778 – відновлених наплавкою і 0,0219 – відновлених електролітичним залізненням.

8. Границя втоми σ_{-1} корпусів букс, відновлених металопокриттям, нанесеним будь – яким способом знижується, імовірно, внаслідок високих місцевих концентрацій напружень і більш низької пластичності. Встановлено, що значення σ_{-1} для корпусів із базової Ст 25 Л дорівнює 237 МПа. Після 106 циклів границя втоми для залізнених деталей складала 204 МПа, в порівнянні з відомими в літературі даними: 150 МПа – наплавлених дротом Св 08 і 172 МПа – напилених залізо-нікелевим сплавом. Однак відмов по тріщинам залізнених корпусів в практиці експлуатації електровозів не спостерігалось.

9. Розроблено і змонтовано в гальванічному відділенні локомотивного депо Нижньодніпровськ – Вузол Придніпровської залізниці промислову установку позаванного гальванічного відновлення корпусів букс колісних пар електровозів ВЛ 8 шляхом проточного електролітичного залізнення. Відпрацьовано ефективні режими нового технологічного процесу відновлення.

10. Щорічний економічний ефект від впровадження розроблених технології і установки відновлення корпусів букс склав: 542,0 тис. грн при деповських ремонтах електровозів ВЛ 8; 2457,7 тис. грн при заводських ремонтах електровозів серій ЧС; 1160,15 тис. грн при заводських ремонтах електровозів ВЛ 10, ВЛ 11, ВЛ 80 і ВЛ 82.

Основні положення і результати дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Артемчук В.В., Костин Н.А. Оценка вероятности безотказной работы и ресурса корпусов букс колесных пар электровозов // Транспорт. 3б. наук. пр. ДПТ. – Дніпропетровськ: Наука і освіта. - 2001. – Вип.7 – С. 7-11.
2. Костин Н.А., Артемчук В.В., Шейкина О.Г. Параметрическая надежность корпусов букс электровозов, восстановленных различными способами // Транспорт. 3б. наук. пр. ДПТ. – Дніпропетровськ: Наука і освіта. - 2002. – Вип. 10. – С. 75-80.
3. Артемчук В.В. Модель и прогнозирование показателей высокой надежности технологии восстановления железнодорожных корпусов букс колесных пар электровозов // Транспорт. 3б. наук. пр. ДПТ. – Дніпропетровськ: Наука і освіта. - 2002. – Вип. 9. – С. 3 - 8
4. Артемчук В.В., Шейкина О.Г., Костин Н.А. Выбор износостойкого электролитического покрытия для восстановления деталей механической части подвижного состава // Транспорт. 3б. наук. пр. ДПТ. – Дніпропетровськ: Наука і освіта. - 1999. – Вип.1. – С. 10-14
5. Костін М.О., Баб'як М.О., Артемчук В.В. Модель раціонального діагностування зношувальних деталей рухомого складу залізниць // Гірничі електромеханіка та автоматика. Науково – технічний збірник Національного гірничого університету України. – Дніпропетровськ. - 2001, № 67 – С. 144-151.
6. Розумна О.В., Артемчук В.В., Костін М.О. Наводнення електролітичних залізних покриттів при відновленні деталей рухомого складу залізниць // Фізико-хімічна механіка матеріалів. Спеціальний випуск. – 2000, № 1. – С. 311-315.
7. Костин Н.А., Бондарь О.И., Михайленко Ю.В., Артемчук В.В. Моделирование процесса электролитического осаждения железа при восстановлении деталей подвижного состава // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Частина II. – 1999. – С. 35-38.

Додаткові праці:

8. Артемчук В.В. Модель высокой надежности технологического процесса железнодорожного восстановления / Днепропетр. гос. техн. ун-т ж.-д транспорта. – Днепропетровск, 2001. – 38 с. – Рус. – Деп. в ГНТБ Украины 8.01.02, № 1 – Ук 2002.
9. Костин Н.А., Резниченко Г.Г., Шейкина О.Г., Артемчук В.В. Восстановление деталей подвижного состава железных дорог слоистыми электролитическими композитами железа // Матеріали 7-

- ої Міжнар. конф. «Технологии ремонта машин механизмов и оборудования» (Ремонт – 99), Київ, 1999. – С. 76.
10. Артемчук В.В. Характеристика износа и методов восстановления корпусов букс электровозов // Матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. «Надежность машин, механизмов, оборудования». Київ, 2000. – С. 4-5.
11. Костин Н.А., Михайленко Ю.В., Артемчук В.В. Модель высокой надежности электролитической технологии восстановления деталей // Матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. «Надежность машин, механизмов, оборудования». Київ, 2000. – С. 57-58.
12. Костин Н.А., Артемчук В.В. Нанесение многослойных упрочняющих и восстановительных гальванопокрытий // Матеріали Міжнар. конф. «Технологии ремонта машин механизмов и оборудования» (Ремонт – 2000), Київ, 2000. – С. 45 - 46.
13. Артемчук В.В. Сравнительный анализ различных методов восстановления деталей // Матеріали 9-ої Міжнар. наук. – практ. конф. «Организация и технологии ремонта машин, механизмов, оборудования», Київ, 2001. – С. 6
14. Костин Н.А., Шейкина О.Г., Бондарь І.Л., Михайленко Ю.В., Артемчук В.В., Бондарь О.І., Розумна О.В., Бучнева Р.Є. Звіт про НДР № держреєстрації – 0199 U001431. – Дніпропетровськ, 2001. – 140 с.
15. Артемчук В.В. Внутренние напряжения в железных покрытиях, нанесенных электролитическим методом // Матеріали 2-ої Міжнар. наук.-техн. конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий», Київ, 2002. – С. 5-6.

АНОТАЦІЯ

Артемчук В.В. Підвищення надійності корпусів букс колісних пар електровозів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2002.

Дисертація присвячена підвищенню надійності роботи та здешевленню ремонту буксових вузлів колісних пар електровозів шляхом відновлення їх корпусів лозаванням проточним електролітичним залізненням.

Розроблено математичну імовірнісну модель і методику оцінки більш високих показників надійності технологічного процесу відновлення, які дозволяють більш точно враховувати зміни параметрів якості процесу. Розраховано показники надійності технології відновлення електролітичним залізненням за трьома параметрами якості нанесених відновлювальних шарів: міцністю зчеплення, мікротвердістю і товщиною відновлювального шару.

Дніпропетровський
інститут інженерів
залізничного
транспорту
БІЕЛІСІ

Розроблено модель формування поступових відмов за критерієм зносу, що враховує фізику явищ зношення. На основі результатів виконаних прискорених і експлуатаційних випробувань розраховано ресурс корпусів букс, відновлених різними методами. Методом імовірнісного прогнозування визначено імовірності відмов за критерієм зносу корпусів букс усіх типів досліджених електровозів за пробіг до ІР 3. Розглянуто механізм зносостійкості відновлювальних шарів заліза і її залежність від ряду факторів. Встановлено працездатність відновлених корпусів букс за критерієм витривалості.

Розроблено і впроваджено технологію та установку відновлення, розраховано річний економічний ефект.

Ключові слова: надійність, корпус букси, відновлення, технологічний процес, залізнення, знос, зносостійкість, відновлювальний шар.

АННОТАЦИЯ

Артемчук В.В. Повышение надежности корпусов букс колесных пар электровозов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2002.

Диссертация посвящена повышению надежности работы и снижению стоимости ремонта буксовых узлов колесных пар электровозов путем восстановления их корпусов вневанным проточным электролитическим железнением. В работе представлена конструктивная характеристика буксовых узлов электровозов, дана характеристика существующих методов восстановления изношенных деталей подвижного состава, а также особенности технологии ремонта деталей электролитическим железнением.

Разработаны математическая модель и методика оценки более высоких показателей надежности технологического процесса восстановления изношенных деталей, которые позволяют более точно учитывать характер изменения параметров качества процесса. Рассчитаны показатели надежности технологии восстановления электролитическим железнением по трем параметрам качества нанесенных восстанавливающих покрытий: прочности сцепления, микротвердости и толщины восстановительного слоя.

Разработана модель формирования постепенных отказов по критерию износа, которая учитывает физику явлений изнашивания. На основе результатов выполненных ускоренных и эксплуатационных испытаний рассчитан ресурс корпусов букс, восстановленных различными методами. Методом вероятностного прогнозирования определены вероятности отказов по критерию износа корпусов букс всех типов исследуемых электровозов за пробег до ТР 3. Проведен сравнительный анализ работоспособности различных покрытий нанесенных наплавкой, газотермическим напыле-

нием и железнением. Рассмотрен механизм износостойкости восстанавливающих слоев железа и ее зависимость от ряда факторов. Установлена работоспособность восстановленных корпусов букс по критерию усталости.

Разработаны и внедрены в производство установка и технология вневажного восстановления корпусов букс. Разработан и реализован в установке тиристорный источник напряжения, позволяющий осуществлять необходимые операции. В работе представлены основные операции и эффективные режимы технологического процесса восстановления корпусов букс. Дана технико-экономическая оценка технологий восстановления корпусов букс.

Ключевые слова: надежность, корпус буксы, восстановление, технологический процесс, железнение, износ, износостойкость, восстанавливающее покрытие.

ABSTRACT

Artemchuk V V A reliability augmentation of bodies of axle-box of wheel pairs of electric locomotives. - Manuscript.

Thesis on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.22.07 - carriage rolling stock of railway and thrust of trains. - Dnipropetrovsk national university of railway transport named after Academician V Lazaryan, Dnipropetrovsk, 2002.

The thesis is dedicated to a reliability augmentation of activity axle-box of clusters of wheel pairs of electric locomotives, and also reliability augmentation of a technological process of recovery of bodies of axle-box.

Offered new mathematical model and technique of an estimation of higher parameters of reliability of technological process of recovery of worn parts allow more precisely to calculate nature of change of parameters of quality of process. The parameters of reliability of technology of recovery by electrolytic iron plating are calculated on three parameters of quality of the marked restoring covers are counted: by bond strength, microhardness and depth of a deposit.

The model of formation of gradual failures by yardstick of wearing is designed, which allows for physics of phenomena of deterioration. The method of probabilistic forecasting determines probabilities of failures by yardstick of wearing of axle-box of bearings of all types of investigated electric locomotives for run up to CR 3. The comparative analysis of functionality of different covers marked by a surfacing, gasthermel by a spraying and iron plating is conducted. The gear of a wear resistance of restoring layers iron and its relation to a number of the factors is reviewed. The functionality of recovered bodies of axle-box by yardstick of a fatigue is established.

A system line out of a bath of recovery of bodies of axle-box is designed and inserted in effecting. A technological estimation of technologies of recovery of bodies of axle-box is given.

Keywords: reliability, axle-box body, recovery, master schedule, iron plating, wearing, wear resistance, restoring cover.

Артемчук Віктор Васильович

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОРПУСІВ БУКС
КОЛІСНИХ ПАР ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Автореферат

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку "10" "12" 2002 р.

Формат 60х84 1/16. Папір для множильних апаратів. Різограф.

Ум. др. арк. 1,0. Обл.-вид. л.1,0. Тираж 100 прим.

Замовлення № 1393. Безкоштовно.

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Адреса університету і ділянки оперативної поліграфії:

49010, Дніпропетровськ, вул. Акад. В.А.Лазаряна, 2.

НТБ
ДНУЗТ