

(60)

ISSN 1814-3520

№1  
2012

# ВЕСТНИК

Иркутского Государственного Технического Университета

Издательство Иркутского Государственного Технического Университета, 2012



## СОДЕРЖАНИЕ



### Транспорт



- |  |     |
|--|-----|
| ■ <b>Алфимцев А.Н., Лычков И.И., Девятков В.В.</b> Метод отслеживания транспортных средств в видеопотоке.....                      | 79  |
| ■ <b>Буйнов А.П., Пышный И.М., Тихонов В.А.</b> Ремонт локомотивов без прекращения их эксплуатации.....                            | 85  |
| ■ <b>Гусев И.Н., Лодыгин А.А.</b> Состояние безопасности полетов в гражданской авиации России.....                                 | 91  |
| ■ <b>Захаренко А.В.</b> Взаимодействие автомобильного колеса с деформирующейся грунтовой поверхностью в условиях эксплуатации..... | 98  |
| ■ <b>Корчагин В.А., Клявин В.Э., Симаков А.В.</b> Классификация наземных пешеходных переходов.....                                 | 103 |



### Химия и металлургия



- |   |     |
|---|-----|
| ■ <b>Губанов Н.Д.</b> Исследование режимов работы ректификационных колонн установки первичной переработки нефти. Часть 2. Моделирование атмосферной колонны.....  | 109 |
| ■ <b>Епифоров А.В., Богородский А.В., Баликов С.В., Емельянов Ю.Е., Копылова Н.В.</b> Лабораторные исследования высокотемпературного автоклавного окисления полиметаллических золотосодержащих сульфидных концентратов..... | 116 |
| ■ <b>Сокольникова Ю.В., Васильева И.Е.</b> Выбор условий химической пробоподготовки для анализа кварцитов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.....  | 119 |
| ■ <b>Хапусов В.Г.</b> Исследование влияния состава шихты на температуру придонных слоев стекломассы в стекловаренной печи.....  | 127 |



### Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь



- |  |     |
|--|-----|
| ■ <b>Губин А.В., Лесовой С.В.</b> Цифровой широкополосный коррелятор ССРТ..... | 132 |
|--|-----|



### Энергетика



- |   |     |
|---|-----|
| ■ <b>Астраханцев Л.А., Тихомиров В.А.</b> Повышение эффективности полупроводникового регулятора мощности печи для сушки изоляций электрических машин..... | 138 |
| ■ <b>Савина Н.В., Мясоедов Ю.В.</b> Системные исследования потерь электроэнергии при функционировании распределительных электрических сетей.....          | 142 |



Кроме того, данный метод способен обрабатывать видеопоток в реальном времени (20 кадров в секунду), решая тем самым актуальную задачу транспортного мониторинга, которая обусловлена современными проблемами организации и контроля дорожного движения в крупных городах.

Программная реализация метода была протестирована на видеозаписи движения реального транспортного потока. Метод продемонстрировал приемлемую точность отслеживания транспортных средств, эффективно исключая из рассмотрения тени объектов.

Аппаратная реализация метода была выполнена на ПЛИС Altera Cyclone IV EP4CE115. Она позволяет быстро интегрировать предложенный метод в архитектуру транспортного видеодетектора.

В дальнейшем планируется развить метод для захвата и отслеживания транспортных средств с учетом их типа. Применение метода захвата в паре с методом отслеживания позволит снизить требования к качеству получаемого видеопотока.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента РФ (№ МК-3013.2010.9).*

#### Библиографический список

1. Luz E.Y., Mimbela A. Summary of vehicle detection and surveillance technologies used in intelligent transportation systems // The Vehicle Detector Clearinghouse. Southwest Technology Development Institute at New Mexico State University. 2007. URL: <http://www.nmsu.edu/traffic/> (дата обращения: 14.04.2011)
2. Funk N. A Study of the Kalman Filter applied to Visual Tracking. University of Alberta, Project for CMPUT 652. 2003. 6 p.
3. Meier E.B., Ade F. Tracking cars in range images using the condensation algorithm // Proceedings of IEEE/IEEEJ/JSAI International Conference on Intelligent Transportation Systems. 1999. P. 129-134.
4. Real-Time Multiple Objects Tracking with Occlusion Handling in Dynamic Scenes / Yang T., Li S.Z., Pan Q., Li J. // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05). 2005. Vol. 1. P. 970-975.
5. Paragios N., Deriche R. Geodesic Active Contours and Level Sets for the Detection and Tracking of Moving Objects // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2000. Vol. 22. No. 3. P. 266-280.
6. A survey of visual surveillance of object motion and behaviors / Hu W.M., Tan T. N., Wang L., Maybank S. // IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics (T-SMC). 2004. Vol. 34. No. 3. Part C. P. 334-352.
7. Алфимцев А.Н., Лычков И.И. Индексирование в алгоритме захвата объектов на цифровых изображениях // Информатика: проблемы, методология, технологии. Сб. трудов 11-ой междунар. науч.-метод. конф. Воронеж, 2011. Т. 1. С. 44-46.
8. Алфимцев А.Н., Лычков И.И. Метод обнаружения объекта в видеопотоке в реальном времени // Вестник Тамбовского государственного технического университета. Тамбов, 2011. Т. 17, № 1. С. 37-48.
9. Wolfson H.J., Rigoutsos I. Geometric Hashing: An Overview // IEEE. Computational Science and Engineering. Vol. 4. No. 4. 1997. P. 10-21.
10. LabelMe video: Building a video database with human annotations / Yuen J., Russell B.C., Liu C., Torralba A. // Proceedings of ICCV. 2009. P. 1451-1458.
11. Everingham M., Winn J. The PASCAL visual object classes challenge (VOC 2007) development kit. Technical report. 2007. 23 p.
12. Bradsky G., Kaehler A. Learning OpenCV. Sebastopol, CA: O'Reilly Media Inc. 2008. 557 p.

УДК 629.4.014.24

## РЕМОНТ ЛОКОМОТИВОВ БЕЗ ПРЕКРАЩЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**А.П. Буйносов<sup>1</sup>, И.М. Пышный<sup>2</sup>, В.А. Тихонов<sup>3</sup>**

Уральский государственный университет путей сообщения,  
620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66.

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по оценке влияния применения триботехнического состава НИОД на повышение ресурса деталей и узлов локомотивов в период их эксплуатации. Изложены конструкторско-технологические решения по нанесению состава НИОД на гребни колесных пар. Выполнен сравнительный анализ долговечности бандажей колесных пар, обработанных и необработанных составом НИОД, после проведения широкомасштабного эксперимента в шести локомотивных депо на четырех сериях локомотивов.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. 8 назв.

**Ключевые слова:** локомотив; ремонт; триботехнический состав; деталь; колесная пара; ресурс.

## IN-SERVICE REPAIR OF LOCOMOTIVES

**A.P. Buinosov, I.M. Pyshny, V.A. Tikhonov**

<sup>1</sup>Буйносов Александр Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры электрической тяги, тел.: (343) 3585504, (343) 3455932, e-mail: byunosov@mail.ru, ABuinosov@et.usurt.ru

Buinosov Alexander, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Electric Traction, tel.: (343) 3585504, (343) 3455932, e-mail: byunosov@mail.ru, ABuinosov@et.usurt.ru

<sup>2</sup>Пышный Игорь Михайлович, аспирант, ассистент кафедры электрической тяги, тел.: (343) 3585504, e-mail: igorkz45@mail.ru Pyshny Igor, Postgraduate, Assistant Professor of the Department of Electric Traction, tel.: (343) 3585504, e-mail: igorkz45@mail.ru

<sup>3</sup>Тихонов Виктор Артурович, аспирант, тел.: (343) 3585504, e-mail: va.tikhonov@yandex.ru Tikhonov Victor, Postgraduate, tel.: (343) 3585504, e-mail: va.tikhonov@yandex.ru



Ural State University of Railway Engineering,  
66 Kolmogorov St., Ekaterinburg, 620034.

The article presents the results of theoretical and experimental studies to assess the effect of the application of the tribotechnical composition of ion-plating on the increase of durability of locomotive parts and components during their operation. It describes design and technological solutions on coating wheelset flanges with ion-plating. After a large-scale experiment held in six locomotive depots on four series of locomotives the authors perform a comparative analysis of the durability of wheelset tyres treated and untreated with ion-plating composition.

3 figures. 1 table. 8 sources.

*Key words: locomotive; repair; tribotechnical composition; part; wheelset; resource (durability).*

Известно, что основная доля затрат, связанных с ремонтом локомотивов, приходится на их техническое обслуживание (ТО) и ремонт, а средний ремонт (СР) за весь срок службы (45 лет) по затратам в 6–7 раз превосходит стоимость нового электровоза или тепловоза [1]. Существенной статьёй расходов при СР является простой локомотива в депо. Таким образом, сокращение сроков СР даёт значительный экономический эффект.

Как правило, основной причиной, вызывающей необходимость ремонта является параметрический отказ деталей и узлов локомотивов. И это несмотря на то, что большая часть ТО локомотивов направлена на предотвращение износа (смена смазки, регулировка зазоров и пр.). Одной из основных причин износа узлов трения на локомотиве можно считать различие свойств, прежде всего твердости соприкасающихся поверхностей [2].

Очевидно, что обеспечить при изготовлении точное совпадение твердости поверхности хотя бы двух деталей практически невозможно, поэтому обычно одну из деталей изготавливают заведомо износостойкой, обеспечив, по возможности, простоту ее замены. Таким образом, неизбежность ремонта заложена практически во всех узлах локомотива конструктивно.

Возможен принципиально иной метод, позволяющий не только предотвратить износ, но и восстановить функциональное состояние изношенных поверхностей, причем без прекращения эксплуатации локомотива.

В основе метода лежит процесс направленной ионной диффузии, давший название применяемому при его реализации триботехническому составу (ТС) НИОД (нанесение ионного покрытия на детали). Это твердое вещество, параметры кристаллической решетки которого очень близки к аналогичным параметрам одной из фазовых составляющих стали, что позволяет ему при определенных условиях диффундировать в глубину поверхностного слоя и вызывать при этом упрочнение его дислокации.

Рассмотрим подробнее этот процесс на примере обработки электровозной зубчатой передачи ТС НИОД. В микрообъеме пятна контакта зубчатой пары возникает давление до 100 МПа. Попадая в зону контакта, внесенные в смазки мелкодисперсные частицы ТС НИОД воспринимают энергию этого давления, активируются и начинают диффундировать в кристаллическую решетку стали. Одновременно происходит процесс микрошлифования поверхностей соприкасающихся зубьев с кристаллами ТС НИОД, приводящий к существенному уменьшению шероховатости их по-

верхности. Так, очень упрощенно протекает первая фаза процесса, продолжающаяся до насыщения поверхностного слоя. По ее завершении остаток ТС НИОД удаляют из механизма, и начинается вторая фаза процесса. Внедрившийся в поверхность стали ТС НИОД под воздействием контактных нагрузок диффундирует вглубь стали. Происходящие при этом изменения приводят к значительному увеличению линейных размеров. Математическое ожидание прироста толщины зуба  $m_y = 0,614$  мм при среднеквадратическом отклонении  $\sigma_y = 0,148$  мм на сторону. При этом достигалась твердость HRC 56–58 и шероховатость поверхности  $R_a = 0,16$  мкм.

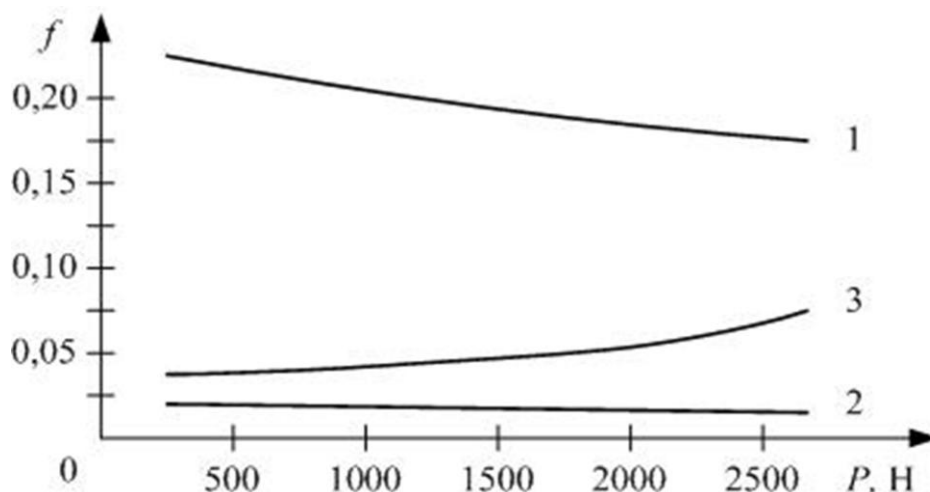
Характерной особенностью процесса является его способность к саморегуляции, обусловленная тем, что он происходит одновременно в обеих контактирующих поверхностях под воздействием одной и той же нагрузки. При этом диффузия ТС НИОД в более твердую поверхность происходит медленнее, что приводит в итоге к полному выравниванию микротвердости поверхностных микрослоев контактирующих поверхностей. Одинаковая микротвердость в сочетании с низкой шероховатостью поверхностей приводит к возникновению уникального антифрикционного эффекта.

В Уральском государственном университете путей сообщения были проведены испытания на стационарной машине трения СМТ-1. Испытывались пары трения: 1-ая – не обработанная ТС НИОД со смазкой ТАД-17И; 2-ая – обработанная ТС НИОД со смазкой ТАД-17И; 3-я – пара трения, обработанная ТС НИОД без смазки. Нагрузка варьировалась от минимальной рабочей до предельной (от 135 до 3000 Н) (рис. 1). Твердость измеряли твердомером Роквелла, микротвердомером ПМТ-3 и электронным прибором неразрушающего контроля К-61 [4, с. 24–25].

Во всем диапазоне рабочих нагрузок (от 145 до 2300 и более Н) отмечено позитивное влияние ТС НИОД как на время приработки пар трения и уменьшения температуры образцов и моментов трения, так и на изменение микроструктуры поверхностного слоя и триботехнические качества поверхности.

Саморегулирующимся является и процесс роста толщины зуба, продолжающийся до тех пор, пока не будут выбраны существующие зазоры. Дальнейшее увеличение не происходит, поскольку оно привело бы к значительным деформациям, а следовательно, нуждается в значительно большей энергии.

Способность к саморегуляции открывает широкие перспективы в применении ТС НИОД, его использование позволяет восстанавливать изношенные зубчатые передачи, буксовые и моторно-осевые подшипники,



**Рис. 1. Результаты стандартного испытания на СМТ-1 пар трения:**  
 1 – не обработанная НИОД со смазкой ТАД-17и; 2 – обработанная НИОД со смазкой ТАД-17и;  
 3 – обработанная НИОД без смазки

бандажи колесных пар. Высокие антифрикционные свойства образующихся поверхностей позволяют значительно снизить энергозатраты, а в отдельных случаях эксплуатировать механизмы без смазки.

При обработке ТС НИОД [5, с. 25-26]:

- обеспечивается адгезия покрытия к подложке выше, чем у применяемых смазочных материалов за счет хорошей очистки и высокой энергии конденсирующихся частиц (способствующей необходимой активации поверхностного слоя);
- не требуется дополнительного повышения температуры подложки, благодаря чему сохраняется структура и свойства основного материала;
- обеспечивается возможность нанесения тонких (до 10 мкм) равномерных по толщине покрытий на окончательно обработанные поверхности
- в зависимости от применяемых материалов пар трения имеется возможность варьировать состав и свойства покрытий в широких пределах;
- существенно повышается износостойкость и надежность трущихся поверхностей колеса и рельса;
- экологическая чистота метода.

При проведении испытаний выявлено наличие трех характерных зон максимального и минимального значений температур и моментов трения, указывающих на три стадии процесса: абразивное удаление дефектного поверхностного слоя с образованием ювеноальной поверхности; дробление ТС НИОД с образованием свободных ионов, диффундирование их в поверхностный слой деталей и модификация поверхностей; удаление упрочненного слоя и дальнейшая приработка поверхностей.

С 1995 г. в локомотивном депо ст. Свердловск-пассажирский в сотрудничестве с фирмой «Урал-Тест» проводилась обработка гребней бандажей колесных пар пассажирских электровозов серии ЧС2 и ЧС7. С 1996 г. работы выполнялись и в депо ст. Ишим на электровозах серии ВЛ11, а с весны 1997 года – в депо станций Свердловск-сортировочный, Пермь-сортировочная, Смычка Свердловской железной доро-

ги и Курган, Челябинск Южно-Уральской железной дороги. Для этого использовались угольные стержни с наполнителем из состава самосмазывающего материала типа НИОД по ТУ 0254-002-23124986-96. В результате была разработана технология нанесения ТС НИОД на гребни колесных пар подвижного состава.

Учитывая результаты проведенных исследований на катковой станции кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения, эксплуатационных наблюдений была изменена технология обработки составом ТС НИОД гребней колесных пар подвижного состава, увеличена длина угольного стержня с ТС НИОД от 100 до 120 мм, что привело к существенному увеличению ресурса колес до обточки в локомотивных депо.

Схема нанесения ТС НИОД на гребни колесных пар приведена на рис. 2.



**Рис. 2. Схема нанесения ТС НИОД на гребни колесных пар**

Под воздействием стержня на гребень бандажа частицы ТС НИОД диффундируют в структуру металла. В результате обработки на начальном этапе на поверхности гребня бандажа образуется стеклокерамическое покрытие, которое резко снижает коэффициент трения гребня бандажа и рельса. В процессе эксплуатации под действием высоких давлений, воз-





никающих между колесом и рельсом, состав НИОД внедряется в структуру металла, значительно увеличивая износостойкость гребня.

Для сравнения интенсивности изнашивания бандажей колесных пар, обработанных и необработанных составом НИОД, в локомотивных депо станций Свердловск-пассажирский, Свердловск-сортировочный, Ишим, Пермь-сортировочная и Смычка Свердловской ж.д., Курган и Челябинск Южно-Уральской ж.д. на кафедре «Электрическая тяга» УрГУПС был проведен анализ изнашивания бандажей колесных пар пассажирских электровазозов ЧС2 и ЧС7, грузовых электровазозов ВЛ10 и ВЛ11.

Первоначальный анализ интенсивности износа гребней колесных пар электровазозов ЧС2 и ЧС7 рассматривал сравнительно малый период времени и небольшое количество данных по семи электровазозам разных серий, которое не превышало тридцати замеров. Поэтому принято решение об увеличении выборки значений контролируемого параметра. Наблюдения распространили на 74 электровазоза серии ЧС2 (69 ед.) и ЧС7 (5 ед.), гребни колесных пар которых обработаны составом ТС НИОД.

Причем у двенадцати электровазозов ЧС2 начальная толщина бандажа при обработке ТС НИОД составляла 90 мм, восемнадцать электровазозов имели начальную толщину бандажа 80 мм, девятнадцать – 70 мм, а шестнадцать электровазозов – 60 мм. В качестве контрольных были выбраны 43 электровазоза, из них серии ЧС2 – 39 и ЧС7 – 4. Десять электровазозов ЧС2 имели начальную толщину бандажа 90 мм, двенадцать электровазозов – 80 мм, девять – 70 мм и восемь электровазозов – 60 мм. Контрольными грузовыми электровазозами являлись все остальные (ВЛ10 – 44, ВЛ11 и ВЛ11<sup>М</sup> – 140) из приписных парков локомотивных депо станций Свердловск-сортировочный, Ишим, Пермь-сортировочная и Смычка Свердловской железной дороги, Челябинск и Курган Южно-Уральской железной дороги.

В результате наблюдения за большим количеством электроподвижного состава различных серий накоплен обширный материал для сопоставительной оценки работоспособности колесных пар (обработанных и не обработанных составом ТС НИОД) при эксплуатации в одинаковых условиях.

Контролируемые параметры, характеризующие изнашивание и ресурс бандажей колесных пар, – это прокат и толщина гребня. При исследовании изменения контролируемых параметров рассматривались пробег  $L$ , отсчет которого производился от момента восстановления (обточка) конфигурации профиля бандажей, и условия эксплуатации электроподвижного состава. Измерения проводились при помощи прибора КИП-03 [6] и штангенциркуля типа ПШВ (ТУ 2–034–655–83). Относительная погрешность измерительного инструмента не превышает 10%.

Контролируемые параметры бандажей колесных пар локомотивов при фиксированном значении пробега хорошо описываются нормальным законом, что является следствием действия закона больших чисел. Плотность распределения:

$$f(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(Y - M_y)^2}{2\sigma_y^2}},$$

где  $M_y$  – математическое ожидание контролируемого параметра;  $\sigma_y$  – среднеквадратическое отклонение контролируемого параметра;  $Y$  – текущее значение контролируемого параметра.

Значения числовых характеристик контролируемых параметров и закон распределения позволяющих прогнозировать процесс их изменения при больших значениях пробега, определяется ресурс бандажей. Для этого определены аналитические зависимости среднего значения  $m_y(l)$  и среднеквадратического отклонения  $\sigma_y(l)$  от пробега вида  $y = a/l + b$ , представленных в виде примера для электровазозов ВЛ11 (локомотивное депо Пермь-сортировочная) на рис. 3.

Значения всех коэффициентов корреляции полученных аналитических зависимостей изменения значений контролируемых параметров бандажей, обработанных и необработанных составом НИОД, составляют 0,757–0,999, что свидетельствует об адекватности линейной аппроксимации, то есть о достаточно тесной линейной связи контролируемых параметров с величиной пробега  $L$  в семи локомотивных депо Свердловской и Южно-Уральской железных дорог.

Угловые коэффициенты и свободные члены уравнений регрессии контролируемых параметров бандажей с применением и без применения ТС НИОД в различных депо отличаются между собой. Нам нужно было понять: отклонение уравнений регрессии друг от друга только случайно или же оно существенно? Ответ на поставленный вопрос получен при использовании методов теории статистических гипотез [1, 7, с. 63–68].

Сравнение проходило в три этапа: проверка гипотезы о равенстве остаточных дисперсий уравнений регрессии контролируемого параметра; проверка гипотезы о равенстве интенсивностей износа бандажей колесных пар; проверка гипотезы о равенстве начальных значений контролируемого параметра. Только в случае, когда не могла быть отвергнута ни одна из проверяемых гипотез, утверждалось, что нет различий между износом бандажей, имеющих разный профиль поверхности катания. Очередной этап проверки начинался в том случае, если не отвергается предшествующая гипотеза. В противном случае сравнение методов анализа информации прекращалось и считалось, что износ бандажей с разными профилями в статистическом смысле не эквивалентен между собой. Таким образом, только когда не отвергалась ни одна из проверяемых гипотез, утверждалось, что бандажи колесных пар изнашиваются одинаково у электровазозов, приписанных к депо станций Свердловск-пассажирский, Курган, Челябинск, Свердловск-сортировочный, Пермь-сортировочная, Ишим и Смычка.

На основании проверки гипотез о равенстве остаточных дисперсий, угловых коэффициентов уравнений регрессии контролируемых параметров (проката, толщины гребня и бандажа) бандажей с различными профилями в различных депо можно сделать вывод:

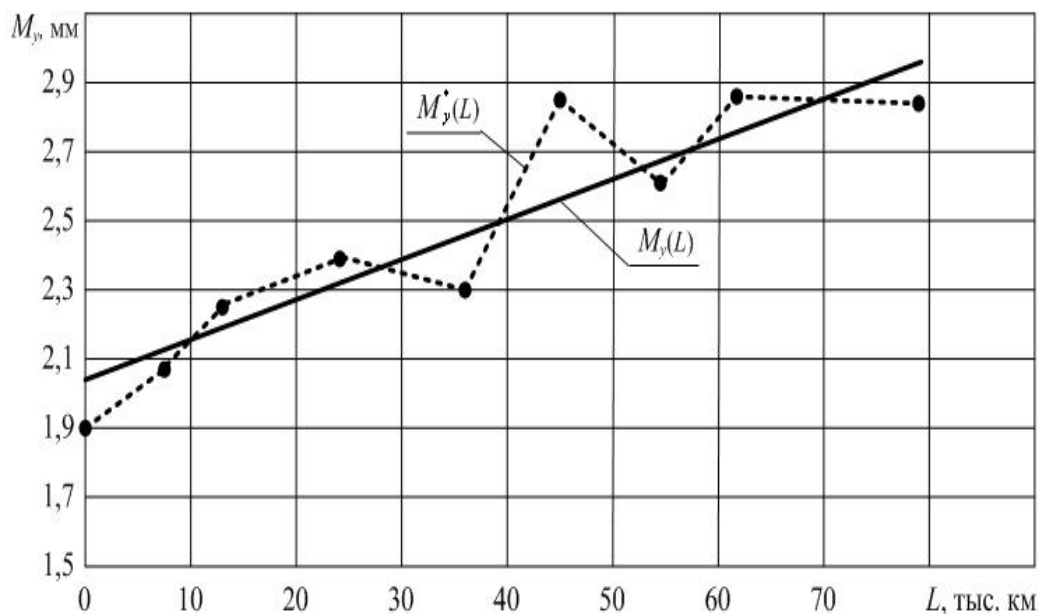


Рис. 3. Зависимость среднего значения проката бандажей колесных пар электровозов ВЛ11 (локомотивное депо ст. Пермь-сортировочная)

износ бандажей в статистическом смысле не эквивалентен между собой. Числовые характеристики законов распределения контролируемых параметров много изменяются с увеличением пробега локомотивов, бандажи колесных пар которых имеют различные профили поверхности катания.

На основании полученных зависимостей  $m_y(l)$  и  $\sigma_y(l)$  можно прогнозировать процесс изнашивания и определить ресурс бандажей колесных пар. Для этого зависимости  $m_y(l)$  и  $\sigma_y(l)$  экстраполируют в область больших значений пробега в предположении, что характер этих зависимостей не изменится, то есть изна-

шивание колеса останется в пределах периода нормальной эксплуатации [3, 8].

С увеличением пробега  $L$  возрастает вероятность отказа  $P$ . Для износа гребня вероятность отказа при заданном пробеге

$$P(L) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{y_{ном.}}^{\frac{M_y + 3\sigma_y}{\sigma_y(L)}} \frac{1}{\sigma_y(L)} e^{-\frac{(x - M_y(L))^2}{2\sigma_y^2(L)}} dy.$$

Если восстанавливать конфигурацию изношенного бандажа или производить его замену при наработке (пробеге), не превышающей 90%-го ресурса ( $P = 0,1$ ), то вероятность отказа бандажа в межремонтном пе-

#### Ресурс бандажей колесных пар локомотивов до обточки

Начальная толщина бандажей, мм	90%-ный ресурс бандажей, тыс. км		Увеличение ресурса бандажей, раз
	обработанных составом НИОД	без обработки составом НИОД	
Электровозы серии ЧС2 депо ст. Свердловск-пассажирский			
90	199,1	91,0	2,18
80	154,8	86,1	1,79
70	91,6	60,3	1,52
60	66,8	47,6	1,40
Электровозы серии ЧС7 депо ст. Свердловск-пассажирский			
—	157,2	65,7	2,41
Электровозы ВЛ10 депост. Курган, Челябинск			
—	86,8	84,9	1,02
Электровозы серии ВЛ11 депо ст. Свердловск-сортировочный			
—	58,0	49,7	1,16
Электровозы серии ВЛ11 депо ст. Пермь-сортировочная			
—	64,2	58,3	1,10
Электровозы серии ВЛ11 ст. депо Ишим			
—	68,25	69,0	0,99
Электровозы серии ВЛ11 депо ст. Смычка			
—	62,0	61,7	1,01



риоде не превысит 10%, и отклонение межремонтного пробега от установленной величины также окажется в пределах  $\pm 10\%$ , то есть находится в соответствии с относительной погрешностью применяемого в локомотивных депо измерительного инструмента. Поэтому целесообразно ограничить межремонтные пробеги 90%-ым ресурсом [3].

Результаты выполненных расчетов по прогнозированию ресурса бандажей колесных пар электроподвижного состава приведены в таблице.

Как видно из таблицы, применение ТС НИОД в депо Свердловск-пассажирский (электровозы ЧС2 и ЧС7) позволило увеличить ресурс бандажей (колес) до обточки от 1,4 до 2,41 раз; установлено: чем толще бандаж электровозов ЧС2, тем эффективнее обработка гребней ТС НИОД.

Однако из табл. видно, что эффект от обработки ТС НИОД гребней колесных пар электровозов ВЛ10 и ВЛ11 (депо ст. Курган, Челябинск, Свердловск-сортировочный, Пермь-сортировочная и Смычка) более низкий (до 16 %), или даже отрицательный (ВЛ11 депо ст. Ишим). Это обстоятельство объясняется наличием на грузовых электровозах ВЛ10 и ВЛ11 гребневых тормозных колодок ТИИР-303 (дет. М659-000), ТИИР-303/ТИИР-300 (У-21-149) Уральского завода АТИ. ТС НИОД не успевает диффундировать в структуру металла на достаточную глубину, образовавшееся при обработке «карандашом» керамическое покрытие разрушается («сдирается») при торможении гребневой колодкой. При периодическом воздействии на гребень бандажа колодкой образуются риски и задиры, термотрещины и выбоины, а при большом тормозном усилии развивается юз колесных пар, особен-

но в кривых участках пути при значительных непогашенных ускорениях, и обработка ТС НИОД становится неэффективной.

Итак, можно сделать следующие выводы:

1. Использование «карандаша» с ТС НИОД длиной 120 мм позволяет эксплуатировать локомотивы до следующей обточки колесных пар без необходимости пополнения состава.

2. Проведенные стендовые и экспериментальные исследования позволили определить наиболее эффективные конструктивно-технологические решения нанесения ТС НИОД на гребни колесных пар локомотивов.

3. Применение ТС НИОД для обработки гребней колесных пар пассажирского электроподвижного состава, приписанного к локомотивному депо ст. Свердловск-пассажирский, позволило увеличить ресурс бандажей до 2,4 раза.

4. Незначительный и (или) отрицательный эффект от обработки ТС НИОД получен на грузовых электровозах из-за наличия на ВЛ10 и ВЛ11 гребневых колодок.

Необходимо отметить, что достижение приведенных результатов, традиционным способом потребовало бы вывода локомотива из эксплуатации на одну-две недели, в то время как с использованием ТС НИОД они были достигнуты в процессе обычной эксплуатации в течение 1,5–3 ч. Таким образом, можно считать применение ТС НИОД одним из наиболее перспективных и экономичных способов увеличения ресурса деталей и узлов локомотивов, повышения их надежности в эксплуатации.

#### **Библиографический список**

1. Буйносов А.П. Основные причины интенсивного износа бандажей колесных пар подвижного состава и методы их устранения. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2009. 224 с.
2. Буйносов А.П. Влияние твердости колеса и рельса на их износ // Локомотив. 1995. № 3.
3. Буйносов А.П. Методы повышения ресурса колесных пар тягового подвижного состава: монография. М.: ГОУ «УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте», 2010. 244 с.
4. Кирель Л.А., Буйносов А.П., Наговицын В.С., Янус Ю.Р., Цыпуштанов А.Г., Трофимов М.Н. Создан прибор неразру-

- шающего магнитного контроля // Локомотив. 2000. № 6.
5. Буйносов А.П., Кузьмин К.А. Обработка бандажей составом НИОД // Локомотив. 1996. № 3.
6. Буйносов А.П., Цихалевский И.С., Трофимов М.Н. Новый измерительный прибор // Локомотив. 1998. № 6.
7. Буйносов А.П., Худояров Д.Л. Влияние упрочнения на ресурс бандажей колесных пар // Транспорт Урала. 2010. № 1 (24).
8. Буйносов А.П. Снизить интенсивность износа гребней // Локомотив. 1995. № 6.