

Устройство для смазывания открытых узлов трения

А. Д. ПЕТРУШИН, О. Л. ИГНАТЬЕВ, Д. В. ГЛАЗУНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС), 344038, Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема повышенного износа пары «колесо — рельс». Эффективным решением данной проблемы является использование технических средств лубрикации, обеспечивающих снижение интенсивности изнашивания гребней колес подвижного состава. Предложено разработанное устройство, позволяющее точно наносить смазочный материал в форме твердого смазочного элемента на гребни колес подвижного состава и автоматизировано подавать смазочный материал в температурном диапазоне работы гребней колес подвижного состава. Описан механизм работы предлагаемого устройства для смазывания гребней колес, обеспечивающий поступление твердого смазочного материала к взаимодействующим поверхностям.

Ключевые слова: гребнесмазыватель; модификатор; бортовой гребнесмазыватель; стационарный рельсосмазыватель; передвижной рельсосмазыватель; гребень колеса; твердый смазочный материал; устройство для смазывания; механизм; открытый узел трения; подвижной состав

Введение. Одной из основных проблем железнодорожного транспорта является повышенный износ узлов подвижного состава. Наиболее напряженным узлом трения является пара «колесо — рельс», поскольку взаимодействие этих деталей одновременно происходит как по поверхностям катания, так и между гребнем колеса и боковой поверхностью рельса. Эффективным решением данной проблемы является использование технических средств лубрикации, обеспечивающих повышение ресурса колес подвижного состава и рельсов. Однако существенным недостатком технических средств лубрикации является попадание смазочного материала на поверхность катания колес тягового подвижного состава, что снижает коэффициент сцепления.

Цель работы. Целью данной работы является проведение обзора современных отечественных и зарубежных технологий смазывания и разработка устройства для смазывания гребня колеса подвижного состава, обеспечивающего при любых режимах работы и внешних условиях поступление твердого смазочного материала к взаимодействующим поверхностям и автоматическое поддержание свойств смазочной среды в необходимых пределах, предусматривающее управление процессом смазывания в соответствии

с алгоритмом, реализующим дискретное нанесение смазочного материала.

Материалы и инструменты. Бортовые гребнесмазыватели: зарубежный модификатор трения Low Coefficient of friction — с коэффициентом трения менее 0,2 (далее — LCF), отечественный гребнесмазыватель АГС-8, стационарные гребнесмазыватели СПР-02 и Protector IV, передвижной вагон-рельсосмазыватель компании «ТВЕМА».

Обзор современных зарубежных и отечественных устройств и технологий смазывания.

В настоящее время исследовательские работы по гребнесмазыванию на железных дорогах мира сконцентрированы на углубленной сравнительной оценке свойств различных устройств смазывания, разработке оптимальных режимов нанесения смазочного материала на рельсы в разных эксплуатационных условиях, определении воздействия при этом песка, позволяющего активизировать сцепление в паре «колесо — рельс», а также создании сухих антифрикционных смазок-покрытий [1–16].

До настоящего времени на железных дорогах мира использовались три основные системы смазывания с применением гребнерельсосмазывателей (лубрикаторов) (рис. 1):

- а) бортовые (на подвижном составе) [17, 18, 19];
- б) путевые стационарные [20];
- в) передвижные рельсосмазыватели [21].

Рассмотрим бортовые гребнесмазыватели. Бортовые гребнесмазыватели — устройства, устанавливаемые на локомотиве, применяемом в поездной или маневровой работе, или секциях моторвагонного подвижного состава, предназначенные для нанесения смазочного материала на гребни колес [17, 18, 19].

Устройства, разработанные компанией Portec Railway Maintenance Products (США), являются одними из последних достижений в области улучшения параметров антифрикционного контакта «колесо — рельс» и применяются в таких странах, как США, Канада, Франция. Использование модификатора трения LCF (рис. 2, а) для смазывания пары «колесо — рельс» дает возможность отменить специальные технологические окна в графиках движения для про-

пуска локомотивов-рельсосмазывателей на обычных и высокоскоростных участках, отказаться от использования операторов, осуществляющих управление процессом нанесения смазочного материала, уменьшить влияние человеческого фактора на управление процессами смазывания.

В нашей стране наибольшее распространение получили бесконтактные автоматические гребнесмазыватели АГС-8 на основе жидких смазочных материалов производства НПП «ФРОМИР» (рис. 2, б). Системами АГС-8 оборудовано более 7 000 единиц подвижного состава ОАО «РЖД», промышленного транспорта и метрополитена. АГС-8 при помощи специальных дозирующих форсунок наносят смазочный материал только во время движения локомотива на гребни набегающих колесных пар в количестве 3 г/км. В результате на гребнях (при движении по прямой) образуется антифрикционная пленка толщиной порядка 20 мкм. Вследствие взаимодействия гребней с рельсом смазочный материал переносится на боковую поверхность рельса и на последующие гребни. Расчетная толщина смазки на рельсе 0,1–0,3 мкм. В качестве смазочных материалов в настоящее время на АГС-8 используются «ПУМА-МР», «ПУМА-МГ». Управление АГС-8 осуществляется специальными электронными блоками, оснащенными датчиками пути. В качестве датчика пути для АГС-8 могут использоваться сигналы, генерируемые датчиками оборотов колеса (типа Л178), входящими в системы КПД, САУТ, КЛУБ и др. АГС-8 устанавливаются на любом типе подвижного состава [22, 23].

Однако бортовые гребнесмазыватели АГС-8 имеют ряд недостатков:

- отсутствие контроля за исправностью оборудования может стать причиной лавинного боксования; на грузовых локомотивах по горноперевальному участку гребнесмазыватель просто отключают;
- сложное устройство гребнесмазывателя, включающее электронный блок, пневматическую систему, форсунки, маслостойкие шланги, приводит к частому выходу из строя отдельных компонентов гребнесмазывателя;
- ремонт данного оборудования необходимо осуществлять высококвалифицированными слесарями при ТР.

Стационарные (путевые) рельсосмазыватели устанавливаются для смазывания стрелочных переводов с целью уменьшения износа рельсов и колесных пар локомотивов и вагонов, снижения уровня шума и вибрации при движении железнодорожных составов через населенные пункты, а также рационального использования энергии. В качестве смазочного материала в стационарных рельсосмазывателях СПР-02 (рис. 3, а) и Protector IV (рис. 3, б) может использоваться смазочный материал «СПЛ» ТУ 32 ЦТ 2186-93, смазка

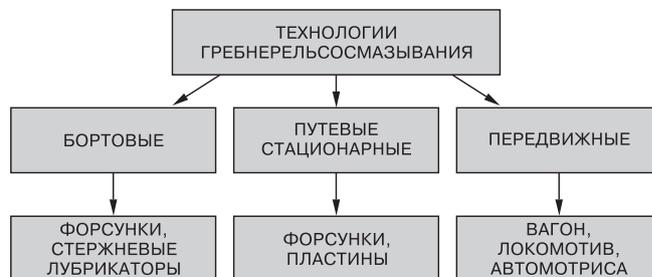


Рис. 1. Классификация технологий смазывания
Fig. 1. Classification of lubrication technologies

полужидкая «ПУМА-М» ТУ 0254-01055954-04; Tribol GmbH «MOLUB-ALLOY BIOTOP 9418», Rhenus Lub GmbH «Rhenus Norlith BWN 000».

При движении железнодорожного состава колеса проходят над датчиками. Сигналы от датчиков поступают в электронный блок, который в зависимости от заданного режима работы формирует импульсы управления электропневматическим клапаном форсунки-дозатора. При каждом импульсе электропневматический клапан открывается на время 0,25 с и форсунка производит выброс порции смазочного материала на боковую поверхность головки рельса. Для обеспечения распределения смазки вдоль рельса и ее хорошего захвата гребнями колес выброс производится в четыре точки, расположенные вдоль рельса в горизонтальной плоскости. Расстояние между ними регулируется — от 100 до 200 мм. Размер каждой точки — 8...10 мм. Расположение точек по уровню — регулируется. Один выброс содержит приблизительно 0,35 см³.

Рассмотренные стационарные рельсосмазыватели обладают сложной многокомпонентной систе-

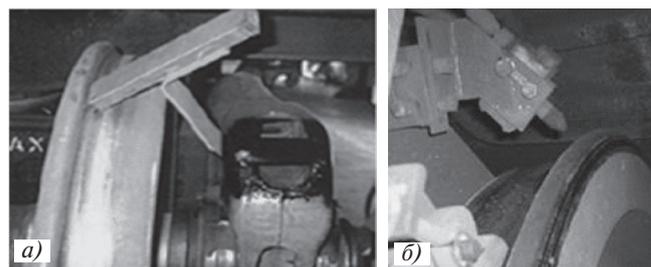


Рис. 2. Бортовые гребнесмазыватели: а — LCF; б — АГС-8
Fig. 2. Onboard flange lubricators: а — LCF; б — АГС-8



Рис. 3. Стационарные (путевые) рельсосмазыватели:
а — СПР-02; б — Protector IV
Fig. 3. Stationary (track) rail lubricators:
а — СПР-02; б — Protector IV

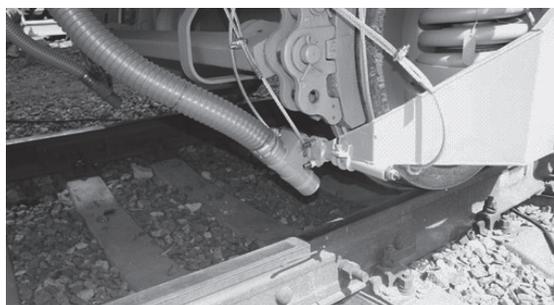


Рис. 4. Система лубрикации передвижного рельсосмазывателя
Fig. 4. Lubrication system for mobile rail lubricator

мой: бак, насос, питатели, шланги — следовательно, велика вероятность выхода из строя отдельных компонентов. При ремонте рельсосмазывателей необходимо предъявлять высокие требования к квалификации обслуживающего персонала, к качеству проводимых работ по ремонту или обслуживанию системы. Попадание смазки на дорожку качения приводит к уменьшению тяговых возможностей подвижного состава. Высокая зависимость вязкости смазывающего вещества от температуры окружающей среды позволяет осуществлять смазывание

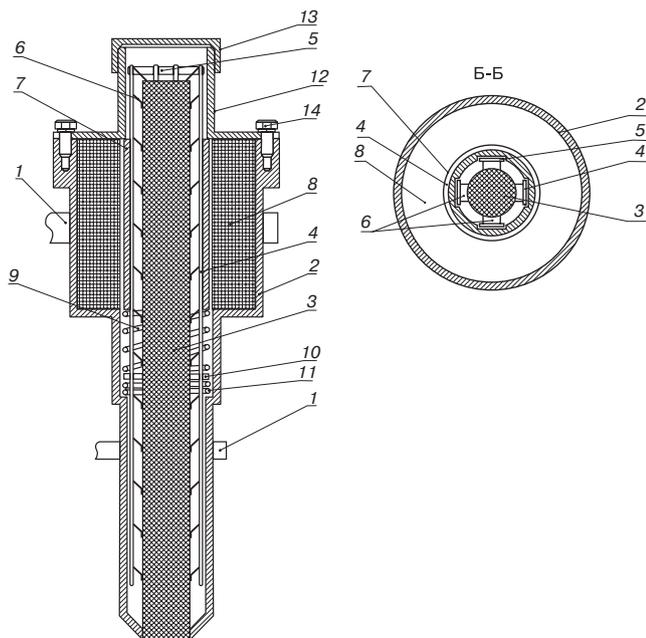


Рис. 5. Устройство для смазывания открытых систем:

- 1 — кронштейн; 2 — корпус; 3 — твердосмазочный элемент;
- 4 — первая группа пластин; 5 — вторая группа пластин;
- 6 — упругие лепестки; 7 — втулка; 8 — электромагнит;
- 9, 11 — возвратная пружина; 10 — диски; 12 — съемная часть корпуса; 13 — колпак; 14 — крепежный болт

Fig. 5. Device for lubricating open systems:

- 1 — bracket; 2 — case; 3 — solid lubricating element; 4 — the first group of plates; 5 — the second group of plates; 6 — elastic blades;
- 7 — bushing; 8 — electromagnet; 9, 11 — pull-back spring; 10 — disks; 12 — removable part of the case; 13 — cap; 14 — mounting bolt

только в ограниченном температурном диапазоне. Стационарные рельсосмазыватели работают на большом расстоянии от места установки.

Передвижной рельсосмазыватель — служебно-технический вагон, локомотив или автмотриса (дрезина), не используемые в поездной или маневровой работе, оборудованные устройством для нанесения смазочного материала на боковую грань головки рельса.

Компанией «ТВЕМА» создан вагон-рельсосмазыватель (PCM) с современным высокотехнологичным оборудованием, который по своей функциональности превышает возможности существующих аналогов за счет использования интеллектуального программного обеспечения (рис. 4). Рельсосмазывающая установка имеет основную (гидравлическую) и резервную (пневматическую) подачу смазочного материала и включает в себя: заправочную систему; два расходных бака для смазки; компрессор с ресивером; автоматическую систему подачи смазки на форсунку с возможностью управления от GPS/ГЛОНАСС или гироскопического датчика (в качестве резервного); узлы подачи смазочного материала на рельсы с системой обогрева внешнего трубопровода и форсунок. Емкость баков для смазочного материала составляет 1 200 л. Два загрузочных модуля с обеих сторон вагона обеспечивают загрузку бочек со смазочным материалом общей емкостью 2 м³. Заправочная система содержит фильтры, исключающие загрязнение смазочного материала. Каждый из расходных баков оснащен оборудованием для определения количества и перемешивания смазочного материала. Обратное плечо при разовой заправке смазочным материалом составляет до 5 000 км. Удельный расход смазочного материала на 1 км смазываемого рельса в кривой вне зависимости от скорости движения вагона — 0,15...0,35 л. Эксплуатация передвижных рельсосмазывателей снижает пропускную способность участка. Кроме того, расход электроэнергии электровозом с рельсосмазывателем составляет порядка 50 000 кВт·ч в месяц, тепловозом — 12 т дизельного топлива [24]. Серьезной проблемой может стать отсутствие свободных ниток в графике для пропуска РСМ, особенно на однопутных участках пути с учетом низкой скорости их рабочего движения.

Учитывая вышеизложенное можно сделать вывод, что в настоящее время не существует технологий лубрикации, полностью отвечающих всем условиям работы трибоконтакта «колесо — рельс».

Поэтому вопрос о повышении эффективности смазывания колесных пар тягового подвижного состава является актуальным.

Новое устройство для смазывания гребней колес подвижного состава. При разработке нового устройства для смазывания гребней колес, которое не имело бы недостатков существующих конструкций, использовались оригинальные решения, реализуемые за счет

применения секционного оформления твердосмазочного элемента, введения дополнительных промежуточных упругих элементов. Новое устройство для смазывания гребней колес (рис. 5) содержит: кронштейн 1, на котором закреплен корпус 2 с расположенным в нем твердосмазочным элементом 3, вдоль которого размещены две группы пластин 4 и 5 с упругими лепестками 6, соприкасающимися с твердосмазочным элементом. Группа пластин 4 закреплена на внутренней поверхности втулки 7, сообщающейся с электромагнитом 8, связанным с блоком управления, и возвратной пружиной 9, а вторая группа пластин 5 связана с дисками 10, расположенными в корпусе 2, и сообщается с возвратной пружиной 11. Устройство для смазывания гребней колес работает следующим образом. Смазывание гребня колеса твердосмазочным элементом производится периодически. Электрические сигналы, формируемые блоком управления в соответствии с принятым способом смазывания, поступают на электромагнит 8, который, взаимодействуя с втулкой 7, осуществляет подачу и прижатие твердосмазочного элемента к поверхности гребня колеса. При включении электромагнита 8 группа пластин 4, закрепленных на внутренней поверхности втулки 7, находящейся в зоне действия электромагнита 8, перемещается вместе с закрепленным в них твердосмазочным элементом, фиксируемым с торца упругими лепестками 6 на величину, определяемую ходом втулки 7. При этом соотношение жесткостей упругих лепестков 6, пружин 9 и 11 таково, что сначала сжимается пружина 11 группы пластин 5, не связанных с электромагнитом 8, и твердосмазочный элемент перемещается вместе с расположенными вдоль его оси группами пластин 4 и 5. При дальнейшем движении втулки 7 группа пластин 4 вместе с твердосмазочным элементом перемещается относительно выбравших свой ход группы пластин 5, преодолевая сопротивление пружины 9 и трение между упругими лепестками 6, расположенными на пластинах 5, осуществляя подачу и прижатие смазочного материала к гребню колеса. При отключении электромагнита втулка 7 с закрепленными в ней пластинами 4 под действием пружины 9 перемещается относительно твердосмазочного элемента и группы пластин 5. Затем под действием возвратной пружины группа пластин 4 и 5 возвращается в исходное положение, удерживаемый в них твердосмазочный элемент посредством упругих лепестков отводится от гребня колеса и нанесение смазочного материала прекращается. Устройство для смазывания гребней колес подвижного состава, представляющее собой корпус с расположенным в нем механизмом подачи твердосмазочного элемента, монтируется на балансирах колесной пары подвижного состава при помощи кронштейна. Механизм подачи смазочного элемента дополнительно содержит элект-

ромагнит и втулку, состоящую из группы пластин с упругими лепестками, соприкасающимися с твердосмазочным элементом.

Выводы. 1. В результате обзора современных зарубежных и отечественных устройств смазывания определено, что основными видами систем лубрикации являются: бортовые (на подвижном составе), путевые стационарные, передвижные РСМ. Главными недостатками существующих систем лубрикации являются: сложность конструкции систем гребнесмазывания, точность нанесения смазочного материала на гребень колеса, отсутствие контроля за исправностью оборудования (бортовые и стационарные гребнесмазыватели), отсутствие свободных ниток в графике для пропуска передвижных РСМ, особенно на однопутных участках пути с учетом низкой скорости их рабочего движения.

2. Представлено устройство для смазывания гребней колес, позволяющее обеспечить точность нанесения смазочного материала на гребень колеса и автоматизированную подачу твердого и пластичного смазочного материала в температурном диапазоне работы колесно-рельсовой трибосистемы, а также управлять процессом смазывания в соответствии с алгоритмом дискретного нанесения смазочного материала. Данное устройство представляет собой корпус с расположенным в нем механизмом подачи твердосмазочного элемента и устанавливается на балансирах колесной пары подвижного состава при помощи кронштейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркурьев Г. Д., Елисеев Л. С. Смазочные материалы на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1985. 255 с.
2. Tuzik R. E. When wheel meets rail // *Railway Age*. 2000. No. 7. P. 42–43, 45.
3. Matoba K. Four key technologies can not only help optimize the wheel/rail interface, but save money. *Railway Track & Structures*. 2000. No. 7. P. 31–33.
4. Kalousek I., Magel E. The Magic Wear Rate. *Railway Track & Structures*. 1997. No. 5. P. 31–32.
5. Luczak M. Ways to optimize the system «wheel — rail». *Railway Age*. 1999. No. 1. P. 51–55.
6. Оули Р., Рейфф Р. Продление срока службы рельсов и колес: пер. с англ. // *Железные дороги мира*. 2000. № 9. С. 44–49.
7. Певзнер В. О., Белоцвєтова О. Ю., Потапов А. В. Результаты наблюдений по оценке влияния эксплуатационных факторов на боковой износ рельсов // *Вестник ВНИИЖТ*. 2016. № 4. С. 242–247. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-4-242-247>.
8. Бартенева Л. И., Никитин В. Е. Технология комплексного снижения износа гребня колеса и рельса с помощью передвижных рельсосмазывателей // *Железные дороги мира*. 2004. № 1. С. 62–68.
9. Ишида М., Аоки Ф. Влияние лубрикации на взаимодействие подвижного состава и пути: пер. с англ. // *Железные дороги мира*. 2005. № 9. С. 52–61.
10. Judge T. *Railway Track & Structures*. 2000. No. 2. P. 29–31.
11. Cregger D. E. *Bulletin AREA*. 1997. No. 760. P. 67–75.
12. Богданов В. М., Михайлова Н. В. Развитие исследований в области взаимодействия пути и подвижного состава // *Вестник*

ВНИИЖТ. 2016. № 4. С. 256–260. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-4-256-260>.

13. Knauer T. *Verkehr und Technik*. 1995. № 9. С. 374–377.
14. Kalay S., Samuels J. *Railway Track & Structures*. 2002. No. 3. P. 13–16.
15. Matoba K. *Railway Track & Structures*. 2000. No. 7. P. 31–33.
16. Майба И. А., Носков В. Н., Глазунов Д. В. Применение лубрикации зоны контакта «колесо — рельс» на железных дорогах // Вестник машиностроения. 2016. № 4. С. 86–88.
17. Глазунов Д. В., Больших И. В. Основные технологии смазывания трибоконтакта «ребро колеса — рельс» // Проблемы синергетики в трибологии, трибоэлектрохимии, материаловедении и мехатронике: сб. науч. ст. по материалам 13-й Международной науч.-практ. конф. / Южно-Российский гос. политех. ун-т (НПИ) им. М. И. Платова. Новочеркасск, 2015. С. 63–70.
18. Машкович О. Н. Оптимизация процесса взаимодействия колеса с рельсом за счет трения // Железнодорожный транспорт за рубежом. 1998. Вып. 5, 6. С. 4–8. (Сер. IV. Путь и путевое хозяйство).
19. Машкович О. Н. Программа оптимизации взаимодействия колеса с рельсом // Железнодорожный транспорт за рубежом. 1998. Вып. 5, 6. С. 8–11. (Сер. IV. Путь и путевое хозяйство).
20. Judge T. *Railway Age*. 2004. № 12. P. 35–37.
21. Ромен Ю. С. Факторы, обуславливающие процессы взаимодействия в системе «колесо — рельс» при движении поезда в кривых // Вестник ВНИИЖТ. 2015. № 1. С. 17–26.

22. Дорожкин В. Н., Фроянц Г. С. Бортовые автоматические гребнесмазыватели НПП «ФРОМИР» // Локомотив. 2002. № 4. С. 25.

23. Дорожкин В. Н., Фроянц Г. С. Как повысить эффективность применения автоматических гребнесмазывателей АГС-8 // Локомотив. 2003. № 7. С. 27.

24. Система лубрикации [Электронный ресурс]. URL: <https://tvema.ru/512> (дата обращения: 19.09.2017).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ПЕТРУШИН Александр Дмитриевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Электрический подвижной состав», ФГБОУ ВО РГУПС

ИГНАТЬЕВ Олег Леонидович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», ФГБОУ ВО РГУПС

ГЛАЗУНОВ Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрический подвижной состав», ФГБОУ ВО РГУПС

Статья поступила в редакцию 02.10.2017 г., актуализирована 11.11.2017 г., принята к публикации 27.11.2017 г.

Device for lubrication of open friction units

A. D. PETRUSHIN, O. L. IGNAT'EV, D. V. GLAZUNOV

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Rostov State Transport University" (FGBOU VO RGUPS), 344038, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. The article considers the problem of increased wear of the wheel—rail pair. An effective solution to this problem is the use of technical means of lubrication, which ensure a reduction in the wear rate of the crests of rolling stock wheels. Based on the survey of modern foreign and domestic lubrication devices and technologies, the main types of flange lubrication systems are identified: onboard (on rolling stock), track stationary, mobile rail-lubricators. The main shortcomings of the existing lubrication systems have been identified: the complexity of the construction of flange lubrication systems, the accuracy of lubricant application on the wheel flange, the lack of control over the serviceability of equipment (onboard and stationary combs), the lack of free paths in the graph for skipping mobile rail-lubricators, especially on single-track line considering the low speed of their operation. These drawbacks lead to the conclusion that at present there are no lubrication technologies that fully meet the conditions of the wheel—rail pair operation.

A developed device is proposed that allows accurately applying a lubricant in the form of a solid lubricating element to the wheel flanges of the rolling stock and to provide an automated supply of lubricant in the temperature range of the operation of the rolling stock flanges. Authors described the mechanism of operation of the proposed device for lubricating the wheel flange, which ensures the flow of solid lubricant to the interacting surfaces.

Keywords: flange lubricator; modifier; onboard flange lubricator; stationary rail lubricator; mobile rail lubricator; flange of the wheel; solid lubricant; lubricating device; mechanism; open friction unit; rolling stock

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-6-348-353>

REFERENCES

1. Merkur'ev G. D., Eliseev L. S. *Smazochnye materialy na zheleznodorozhnom transporte* [Lubricants for railway transport]. Moscow, Transport Publ., 1985, 255 p.

2. Tuzik R. E. *When wheel meets rail*. *Railway Age*, 2000, no. 7, pp. 42–43, 45.

3. Matoba K. *Four key technologies can not only help optimize the wheel/rail interface, but save money*. *Railway Track & Structures*, 2000, no. 7, pp. 31–33.

4. Kalousek I., Magel E. *The Magic Wear Rate*. *Railway Track & Structures*, 1997, no. 5, pp. 31–32.

5. Luczak M. *Ways to optimize the system "wheel—rail"*. *Railway Age*, 1999, no. 1, pp. 51–55.

6. Awley R., Reiff R. *Prodlenie sroka sluzhby rel'sov i koles [Wheel and rail service life extension]*. *Zheleznye dorogi mira*, 2000, no. 9, pp. 44–49.

7. Pevzner V. O., Belotsvetova O. Yu., Potapov A. V. *Rezultaty nablyudeniya po otsenke vliyaniya ekspluatatsionnykh faktorov na bokovoy iznos rel'sov* [The results of observations to assess the effect of operational factors on lateral wear of rails]. *Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute]*, 2016, Vol. 75, no. 4, pp. 242–247. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-4-242-247>.

8. Barteneva L. I., Nikitin V. E. *Tekhnologiya kompleksnogo snizheniya iznosa grebnya kolesa i rel'sa s pomoshch'yu peredvizhnykh rel'sosmazyvateley* [Technology of complex reduction of wear of the wheel flange and a rail by means of mobile rail-lubricators]. *Zheleznye dorogi mira*, 2004, no. 1, pp. 62–68.

9. Ishida M., Aoki F. *Vliyaniye lubrikatsii na vzaimodeystvie podvizhnogo sostava i puti* [Effect of lubrication on the interaction of rolling stock and track]. *Zheleznye dorogi mira*, 2005, no. 9, pp. 52–61.

10. Judge T. *Railway Track & Structures*, 2000, no. 2, pp. 29–31.

11. Cregger D. E. *Bulletin AREA*, 1997, no. 760, pp. 67–75.

12. Bogdanov V. M., Mikhaylova N. V. *Razvitie issledovaniy v oblasti vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava* [Development of research in the field of interaction between track and rolling stock]. *Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute]*, 2016,

Vol. 75, no. 4, pp. 256–260. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-4-256-260>.

13. Knauer T. *Verkehr und Technik*, 1995, no. 9, pp. 374–377.

14. Kalay S., Samuels J. *Railway Track & Structures*, 2002, no. 3, pp. 13–16.

15. Matoba K. *Railway Track & Structures*, 2000, no. 7, pp. 31–33.

16. Mayba I. A., Noskov N. V., Glazunov D. V. *Primenenie lubrikatsii zony kontakta "koleso — rel's" na zheleznykh dorogakh* [Application of lubrication of the contact zone "wheel—rail" on the railways]. *Vestnik mashinostroeniya*, 2016, no. 4, pp. 86–88.

17. Glazunov D. V., Bol'shikh I. V. *Osnovnye tekhnologii smazyvaniya tribokontakta "greben' kolesa — rel's"* [The main lubrication technologies for tribocontact "flange wheel—rail"]. *Problemy sinergetiki v tribologii, triboelektrokhimii, materialovedenii i mekhatronike*. Sb. nauch. st. po materialam 13-y Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. [Problems of synergetics in tribology, triboelectrochemistry, materials science and mechatronics. Coll. sci. art. on the materials of the 13th International Scientific-Practical Conference]. Novocherkassk, the South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov Publ., 2015, p. 63–70.

18. Mashkovich O. N. *Optimizatsiya protsessov vzaimodeystviya kolesa s rel'som za schet treniya* [Optimization of the process of wheel-rail interaction due to friction]. *Zheleznodorozhnyy transport za rubezhom*, 1998, no. 5–6, pp. 4–8.

19. Mashkovich O. N. *Programma optimizatsii vzaimodeystviya kolesa s rel'som* [Program for optimizing wheel—rail interaction]. *Zheleznodorozhnyy transport za rubezhom*, 1998, no. 5–6, pp. 8–11.

20. Judge T. *Railway Age*, 2004, no. 12, pp. 35–37.

21. Romen Yu. S. *Faktory, obuslavlivayushchie protsessy vzaimodeystviya v sisteme "koleso — rel's" pri dvizhenii poezda v krivykh* [Factors causing the interaction processes in the "wheel—rail" system when the train is moving in curves]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2015, no. 1, pp. 17–26.

22. Dorozhkin V. N., Froyants G. S. *Bortovye avtomaticheskije grebnesmazыvateli NPP "FROMIR"* [Onboard automatic wheel flange lubricator NPP "FROMIR"]. *Lokomotiv* [Locomotive], 2002, no. 4, p. 25.

23. Dorozhkin V. N., Froyants G. S. *Kak povysit' effektivnost' primeneniya avtomaticheskikh grebnesmazыvateley AGS-8* [How to improve the efficiency of the automatic flange lubricators AGS-8]. *Lokomotiv* [Locomotive], 2003, no. 7, p. 27.

24. *Lubrication system*. (in Russ.). URL: <https://tvema.ru/512> (retrieved on 19.09.2017).

ABOUT THE AUTHORS

Aleksander D. PETRUSHIN,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department "Electric rolling stock", FGBOU VO RGUPS

Oleg L. IGNAT'EV,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department "Cars and car facility", FGBOU VO RGUPS

Dmitriy V. GLAZUNOV,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department "Electric rolling stock", FGBOU VO RGUPS

Received 02.10.2017

Revised 11.11.2017

Accepted 27.11.2017

E-mail: glazunovdm@yandex.ru (D. V. Glazunov)

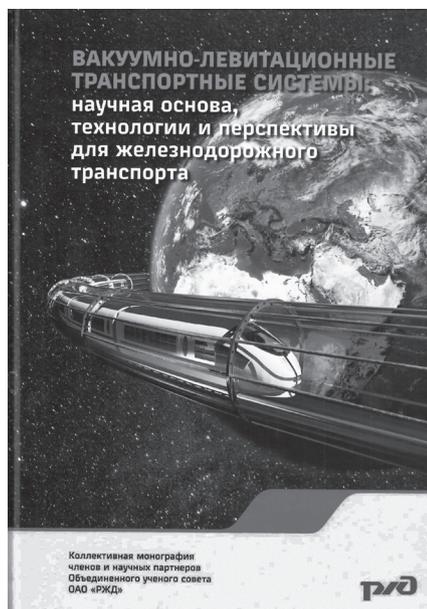
ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Вакуумно-левитационные транспортные системы: научная основа, технологии и перспективы для железнодорожного транспорта: коллективная монография членов и научных партнеров Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» / под ред. Б. М. Лapidуса и С. Б. Нестерова. М.: РАС, 2017. 192 с.

В коллективной монографии членов и научных партнеров Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», объединяющего ведущих представителей отраслевой и фундаментальной российской науки, отражены результаты фундаментальных научных исследований в области магнито-левитационных и вакуумно-левитационных технологий, выполненных по инициативе Объединенного ученого совета при непосредственном участии членов Совета и сотрудничающих с Советом ученых и научных коллективов.

В контексте общемировых тенденций развития транспортных систем в монографии описаны научные решения в области вакуумной левитации, раскрыты проблемы обеспечения безопасности инновационных транспортных систем на основе учета рисков при их разработке и эксплуатации, описана методология оценки эффективности вакуумно-левитационных транспортных систем, раскрыты региональные аспекты развития транспортных систем в Российской Федерации, что имеет большое значение для принятия решений в будущем о реализации конкретных транспортных проектов, основанных на использовании вакуумно-левитационных технологий в нашей стране.

Монография предназначена для руководителей и сотрудников ОАО «РЖД» и соответствующих отделений РАН, руководителей и сотрудников научно-исследовательских, конструкторских, технологических организаций, преподавателей, докторантов, аспирантов и студентов университетов путей сообщения и других высших учебных заведений.



По вопросам приобретения книги обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (499) 260-43-20, e-mail: rio@vniizht.ru, www.vniizht.ru.