

Повышение эффективности фрикционной системы «колесо — рельс»

В. В. ШАПОВАЛОВ¹, П. Н. ЩЕРБАК¹, В. М. БОГДАНОВ², Э. Э. ФЕЙЗОВ¹, П. В. ХАРЛАМОВ¹,
В. А. ФЕЙЗОВА¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС), Ростов-на-Дону, 344038, Россия

² Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. Рассмотрена актуальность темы повышения эффективности фрикционной системы «колесо — рельс». Показано, что основным условием существенной оптимизации процессов взаимодействия в системе «колесо — рельс» является применение научно обоснованных технологий и технических средств лубрикации динамически нагруженной открытой пары трения. Описаны технология контактно-ротапринтного стержневого гребнерельсосмазывания «ГРС — РАПС» и ее преимущества над аналогами, а также опыт промышленного внедрения и эксплуатации.

Сделан особый акцент на том, что в технологии гребнерельсосмазывания «ГРС — РАПС» термопластичный адгезив в основе стержневых твердых термопластичных смазочных материалов обеспечивает высокий уровень ресурса разового нанесения и, самое главное, активный переход смазочного материала с колеса на рельс и обратно, реализуя смазывание и защиту от износа не только гребней всех колес подвижного состава, но и боковой поверхности головки рельса в кривых участках пути и элементах стрелочных переводов.

Предложена новая концепция построения системы лубрикации зоны контакта «колесо — рельс» на базе модернизированной и улучшенной технологии «ГРС — РАПС» и технологии модифицирования (металлоплакирования) рабочих поверхностей.

Ключевые слова: фрикционная система «колесо — рельс»; повышение эффективности; лубрификация; технология модифицирования; металлоплакирование; экономический эффект

Введение. Рост объемов перевозок, увеличение грузонапряженности на основных направлениях сети, появление грузовых вагонов с повышенными нагрузками на ось, ухудшение технического состояния тележек модели 18-100 грузовых вагонов, ослабление внимания к соблюдению технологии лубрикации на ряде направлений и участков сети привели к существенному изменению условий в системе «колесо — рельс» в сравнении с 90-ми гг. XX в. Это подтверждается в последние годы экспоненциальным ростом интенсивности изнашивания гребней вагонных колес и боковой поверхности головки рельса в кривых сверх установленных нормативов.

Проблема интенсивности износа в системе «колесо — рельс» в очередной раз стала актуальной. Предлагаемые пути ее решения должны учитывать обоснованные сроки и необходимые средства на реализацию проекта.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что основным условием существенной оптимизации процессов взаимодействия в системе «колесо — рельс» является применение научно обоснованных технологий и технических средств лубрикации динамически нагруженной открытой пары трения [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Сегодня необходимо проанализировать причины снижения должного внимания к принятой и доказавшей во всем мире свою эффективность технологии лубрикации. Модернизация применяемых технологий лубрикации, а также появление новых технологий, направленных на улучшение условий взаимодействия в системе «колесо — рельс», требует внесения в кратчайшие сроки соответствующих корректив в концепцию построения системы лубрикации зоны контакта «колесо — рельс».

Способ решения. В открытом узле трения «колесо — рельс» целесообразно применять смазочные материалы, подобные тем, что используются в кузнечно-прессовом производстве. Это твердые термопластичные смазочные материалы (ТТСМ) с антифрикционными или фрикционными свойствами, которые имеют высокий уровень ресурса разового нанесения и высокий коэффициент перехода с одной рабочей поверхности на другую, с гребня колеса на боковую поверхность рельса и обратно. Данные смазочные материалы должны устойчиво воспринимать высокие (до 3,5 ГПа) контактные давления, возникающие, например, в контакте колеса с рельсом при взаимодействии железнодорожного пути и подвижного состава, воздействие атмосферных осадков, а также сохранять неизменными свои триботехнические характеристики в широком температурном диапазоне (от –50 до +50 °С), обладать экологической чистотой [7].

На отечественных железных дорогах к таким смазочным материалам относятся стержни семейства РАПС (г. Ростов-на-Дону) и РС-6В (г. Воскресенск). Смазочный материал РС-6В использовался в порядке опытного применения на Забайкальской железной дороге на рельсосмазывателях конструкции ВНИКТИ, однако он был снят с производства из-за нарушений условий пожарной безопасности при

■ E-mail: eminf@yandex.ru (Э. Э. Фейзов)

изготовлении. Смазочные стержни семейства РАПС применяются с 90-х гг. XX в. и по сегодняшний день в конструкциях гребнерельсосмазывателей (ГРС) на Северо-Кавказской, Октябрьской, Юго-Восточной Свердловской, Восточно-Сибирской и других железных дорогах.

Теоретические обоснования предложенных решений.

Как известно, жидкие и/или пластичные смазочные материалы (ЖСМ и/или ПСМ) практически не отвечают ни одному из вышеперечисленных требований, что и объясняет их низкую эффективность, а иногда и получение негативных результатов при их применении в динамически нагруженном открытом узле трения «колесо—рельс». ЖСМ не выдерживают вышеуказанных высоких контактных нагрузок и просто выдавливаются, в частности на поверхность катания. Применение ЖСМ создает условия появления двусторонних ползунов, замасливания пути и подвижного состава, ухудшения экологических показателей системы «путь—подвижной состав» (шумовое воздействие, вибрации, загрязнение окружающей среды и др.) [8].

При дистанционной схеме подачи ЖСМ в зону контакта «колесо—рельс» наблюдается явление выброса смазочного материала из зоны трения (контакта). Связано это с наличием зазора между рабочим органом и зоной лубрикации (до 5–10 мм), при этом суммарная скорость ветровой нагрузки и движения подвижного состава в ряде случаев исключает попадание смазочного материала на поверхность трения.

ЖСМ подается с определенной скоростью для преодоления ветровой нагрузки, однако при этом получается «барабанный эффект». Скорость потока ЖСМ, необходимая для преодоления ветровой нагрузки, приводит к тому, что смазочный материал, точнее та его часть, которая достигает поверхности смазывания, не имеет возможности на ней закрепиться и разбрызгивается, в том числе и на тяговую поверхность катания колес локомотивов и рельсов.

В связи с вышесказанным, на грузовых локомотивах перед преодолением сложных затяжных подъемов внештатно отключаются системы АГС (автоматические бортовые гребнесмазыватели, работающие на ЖСМ с дистанционным способом подачи смазочного материала). Эта вынужденная мера, продиктованная практическим опытом многолетней эксплуатации систем АГС, снижает вероятность возникновения негативных длительных режимов с 100% проскальзыванием колес локомотивов и отражает низкую эффективность применения данных систем лубрикации.

Движение любого вагона-рельсосмазывателя с дистанционной подачей ЖСМ сопровождается наличием «облака» смазочного материала. Подаваемый дистанционно смазочный материал до 60–90% попадает не в зону контакта гребней колес с рельсами, а в окружающую среду, тем самым загрязняет ее

и следом идущий подвижной состав. Жалобы пассажирских компаний-перевозчиков на загрязнение пассажирских вагонов, замасливание экипажной части вагонов, приводящее в частности к образованию двусторонних ползунов, привели к тому, что раньше вагон-рельсосмазыватель был в голове поезда, а сейчас — в хвосте.

Данное мероприятие по вагонам-рельсосмазывателям снизило лишь уровень масляного загрязнения пассажирских вагонов, при этом загрязнение окружающей среды по-прежнему имеет место наряду с низкой эффективностью данной технологии дистанционной лубрикации в целом.

Вышеперечисленных и ряда других недостатков лишена технология контактно-ротапиринтного стержневого гребнерельсосмазывания «ГРС—РАПС».

Результаты испытаний предложенных систем.

С целью определения эффективности технологии «ГРС—РАПС» по распоряжению руководства ОАО «РЖД» в локомотивном депо Туапсе Северо-Кавказской железной дороги в 2006–2008 гг. проводились сравнительные испытания технических средств лубрикации. За период эксплуатационных испытаний средняя удельная интенсивность изнашивания гребней бандажей колесных пар подконтрольных локомотивов ВЛ10, оснащенных ГРС, составила 0,3 мм на 10 тыс. км, а без применения технических средств лубрикации — 2 мм на 10 тыс. км пробега (улучшение показателя по контрольным локомотивам почти в 10 раз) [9]. Снижение более чем в 5 раз интенсивности изнашивания гребней колесных пар по всему парку локомотивов депо, увеличение ресурса их бандажей в 2,4 раза за счет применения технологии «ГРС—РАПС» позволяет сделать вывод о ее высокой эффективности.

Особенностью технологии «ГРС—РАПС» является применение научно обоснованного контактно-ротапиринтного способа подачи стержневых ТТСМ. Рабочими органами в данной технологии гребнерельсосмазывания являются гребни колес штатного подвижного состава — маневровых или магистральных грузовых и пассажирских локомотивов, электропоездов, что исключает необходимость применения технологических «окон» и специального подвижного состава [10]. В составе ТТСМ РАПС в качестве термопластичной адгезивной основы используются низкомолекулярные составляющие крекинга нефти (битумные твердые смолы) с различными функциональными присадками. Применение ТТСМ РАПС и контактно-ротапиринтного способа смазывания обеспечивает точность нанесения смазочного материала и исключает его попадание в зону реализации тягового усилия. При этом отсутствуют ограничения скорости движения подвижного состава, так как ветровая нагрузка, динамика взаимодействия системы «путь—экипажная часть» влияния на процесс лубрикации не оказывают.

Следует сделать особый акцент на том, что термопластичный адгезив в основе стержневых ТТСМ обеспечивает высокий уровень ресурса разового нанесения и, самое главное, активный переход смазочного материала с колеса на рельс и обратно, реализуя смазывание и защиту от износа не только гребней всех колес подвижного состава, но и боковой поверхности головки рельса в кривых участках пути и элементах стрелочных переводов.

Дополнительные испытания по подтверждению эффективности технологии гребнерельсосмазывания «ГРС—РАПС» были проведены на участке Адлер—Туапсе. По участку следовал пассажирский поезд в полном вагонном составе с оборудованным этой системой локомотивом в голове. В ходе испытаний на гребнях колес последнего вагона пассажирского поезда было зафиксировано наличие смазочного материала. Высокий уровень коэффициента перехода смазочного материала стержней РАПС позволил через длинную цепочку переходов ТТСМ с гребня колеса локомотива на рельс, с рельса на гребень колеса пассажирского вагона, далее на рельс и снова на гребень и т. д. добиться наличия смазочного материала на гребнях последней колесной пары последнего вагона.

Кстати, именно этот факт объясняет снижение интенсивности изнашивания гребней бандажей колесных пар всех локомотивов парка депо Туапсе в период проведения вышеуказанных эксплуатационных испытаний, при том, что системами «ГРС—РАПС» было оборудовано менее половины локомотивов эксплуатируемого парка. На текущий момент данная технология лубрикации представлена на полигонах ряда железных дорог ОАО «РЖД», в частности Северо-Кавказской, Октябрьской, Юго-Восточной, Свердловской, Восточно-Сибирской и др.

Текущие и планируемые действия. На основе опыта эксплуатации технологии «ГРС—РАПС» в различных климатических зонах и режимах были проведены работы по ее адаптации и развитию. В частности, улучшены трибологические свойства стержневых смазочных материалов, увеличены объемы разовой заправки, оптимизирован привод подачи смазочных стержней. Эти меры в комплексе позволили повысить эффективность рассматриваемой технологии в 5–7 раз [11].

Таким образом, в результате ряда эксплуатационных испытаний и серийной эксплуатации технологии «ГРС—РАПС» было получено практическое подтверждение ее высоких технико-экономических и экологических показателей.

С целью повышения величины и стабильности силы тяги специалистами многих стран активно ведутся работы по созданию технологии, альтернативной подаче песка как активизатора сцепления, для исключения негативных последствий его применения

(интенсивный износ колес и рельсов, запесочивание балластной призмы и т. д.).

Проведенные учеными РГУПС исследования показали, что модифицирование рабочих поверхностей колес локомотивов методом металлополимерного плакирования является наиболее перспективным. В основе данной технологии лежит схема контактно-ротационного модифицирования тяговой поверхности смазочными материалами, имеющими анизотропные свойства, с целью реализации максимального уровня силы тяги (сил продольного крипа) при качении с 2–5% проскальзыванием [12].

Модернизация применяемых и внедрение новых технологий модифицирования в системе «колесо—рельс» позволяет предложить новую концепцию построения системы лубрикации зоны контакта «колесо—рельс» (далее — Концепция). Концепция включает в себя два основных направления.

1. *Лубрикация* главных и станционных путей апробированными системами гребнерельсосмазывания «ГРС—РАПС», установленными на маневровый и пассажирский тяговый подвижной состав, включая локомотивы и электропоезда. Смазочным материалом является ТТСМ РАПС. Рабочий орган лубрикации — гребень колеса рейсового пассажирского подвижного или маневрового подвижного состава.

В основе первого направления Концепции лежит технология стержневого гребнерельсосмазывания «ГРС—РАПС», представленная на рис. 1 [13].

На текущий момент существенно модернизированы предыдущие варианты конструктивного исполнения ГРС и создана унифицированная конструкция с консервативным приводом. Заправляется эта конструкция оптимизированными стержнями РАПС увеличенного диаметра с улучшенными трибологическими характеристиками. Емкость бункера ГРС по количеству стержней увеличена (в среднем) в два раза. Консервативный многослойный пружинный привод подачи смазочных стержней (СС) обеспечивает оптимальный постоянный уровень давления на них на протяжении всего рабочего ресурса.

Исключается передозировка подачи смазочного материала в начале рабочего цикла и его подача в зону тяги, а также режим масляного «голодания» и, соответственно, значительное снижение эффективности смазывания фрикционного контакта в конце рабочего цикла. Применение привода с многослойной спиральной пружиной обеспечивает широкий диапазон рабочих усилий при высоком уровне надежности консервативного привода лубрикатора ГРС.

В конечном счете внедрение патентно-чистой экологической технологии гребнерельсосмазывания «ГРС—РАПС» позволит эффективно решить вопрос лубрикации главных, второстепенных, а также станционных путей, заменить или дополнить технологии

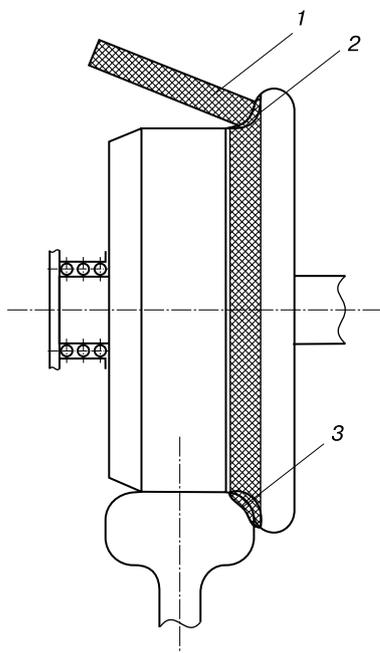


Рис. 1. Технология стержневого гребнерельсосмазывания «ГРС – РАПС»:

1 – ТТСМ в виде стержня; 2 – зона контакта стержня с гребнем; 3 – зона контакта гребня с боковой поверхностью головки рельса

Fig. 1. Technology of rod flange lubricator “GRS – RAPS”:

1 – solid thermoplastic lubricants in the form of a rod; 2 – zone of contact of the rod with the flange; 3 – zone of contact of the flange with the side surface of the rail head

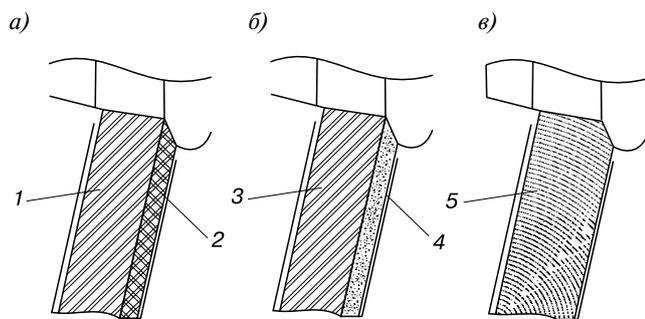


Рис. 2. Схема комбинированного металлополимерного плакирования поверхности гребня и тяговой поверхности круга катания колеса: а – комбинированное металлополимерное плакирование; б – комбинированное металлоплакирование; в – реализация анизотропных фрикционных связей;

1 – металлический (плакирующий фрикционный материал – ПФМ) элемент брикета модификатора; 2 – полимерный (плакирующий антифрикционный материал – ПАМ) элемент брикета модификатора; 3 – металлический (ПФМ) элемент брикета модификатора; 4 – металлический (ПАМ) элемент брикета модификатора; 5 – универсальный плакирующий материал (металл или полимер)

Fig. 2. Scheme of the combined metal-polymer cladding of the flange surface and the traction surface of the wheel rolling circle: а – the combined metalpolymeric cladding; б – combined metal plating; в – realization of anisotropic frictional links; 1 – metal (cladding friction material – CFM) briquette element modifier; 2 – polymer (cladding antifriction material – CAM) briquette element modifier; 3 – metal (CFM) briquette element modifier; 4 – metal (CAM) element of the briquette modifier; 5 – universal cladding material (metal or polymer)

лубликации главных путей стационарными лубрикатами и вагонами-рельсосмазывателями. С учетом того что текущие годовые затраты на обслуживание низкоэффективных вагонов-рельсосмазывателей измеряются сотнями миллионов рублей, экономический эффект от внедрения технологии стержневого гребнерельсосмазывания составит финансовый результат на порядок выше уровня затрат на лубликацию по данной технологии.

2. Применение новой технологии модифицирования (металлоплакирования) рабочих поверхностей колесных пар грузовых локомотивов, позволяющей повысить коэффициент сцепления до уровня 0,35–0,5 без использования песка и обеспечить защиту гребней бандажей колесных пар от износа, а в конечном счете защитить рельсы от износа и повысить их ресурс [14].

В продолжение предложенной Концепции (во второй ее части) предусматривается оборудование грузовых локомотивов системами металлоплакирования рабочих поверхностей колесных пар (см. рис. 2) [15].

Устройства подачи брикетов модификатора с системами автоматического управления устанавливаются на всех колесных парах локомотива, благодаря чему осуществляется автономное (поосное) управление силовыми агрегатами. В качестве привода подачи брикетов используется специальная двухкамерная конструкция модификатора, с помощью которой реализуются три схемы плакирования [12].

Данная технология неоднократно была представлена на различных секциях научно-технического совета ОАО «РЖД», в частности на секции «Локомотивное хозяйство» в начале 2018 г. На развитие этого направления исследований генеральным директором — председателем правления ОАО «РЖД» О. В. Белозёровым был поддержан и выделен грант на тему: «Грант на развитие научно-педагогических школ в области железнодорожного транспорта».

Ожидаемый эффект в количественном выражении.

Реализация мероприятий по данному разделу предлагаемой Концепции значительно повысит эффективность грузового перевозочного процесса за счет отказа от применения песка как средства повышения тягово-сцепных характеристик локомотивов. Массштабное внедрение позволит эффективно решить проблему запесочивания балластной призмы, устранить возникновение фрикционных разрушающих автоколебаний в силовом приводе локомотивов при подаче песка, снизить до 5% потери тяговой мощности на разрушение частиц песка, значительно уменьшить интенсивность изнашивания рабочих поверхностей колес и рельсов, повысить их ресурс.

Комбинированному металлоплакированию подвергаются не только рабочие поверхности круга ката-

ния тяговых колесных пар, но и рабочие поверхности гребней колесных пар (см. рис. 2). Таким образом, суммарная тяговая способность грузовых локомотивов, при всех прочих равных условиях, увеличивается на 15–20 %, при этом обеспечивается защита гребней колес локомотивов от износа и улучшаются тормозные характеристики поезда.

Консервация (ликвидация) высокозатратного песочного хозяйства создаст дополнительный экономический эффект.

Эта технология прошла апробацию в лабораторных условиях и подготовлена к сертификационным испытаниям, в рамках которых необходимо оценить ее реальные возможности.

Для дальнейшего развития технологии контактно-ротапиринтного модифицирования представляет научный и практический интерес системный подход к анализу трибосопряжения «колесо—рельс» с целью разработки экологически безопасных модификаторов стержневого типа, содержащих фрактальные структуры, предназначенных для работы в открытых тяжело нагруженных узлах трения и обеспечивающих точную дозировку нужного количества и качества модифицирующих материалов в контакте колеса с рельсом, которые устойчиво воспринимают динамические нагрузки [11].

Заключение. Предложенная концепция построения системы лубрикации зоны контакта «колесо—рельс» затрагивает все смежные подразделения железнодорожного транспорта, отвечающие за физическую основу осуществления перевозочного процесса, — движение колесных пар железнодорожного подвижного состава по рельсам. Прогнозируемый суммарный кумулятивный потенциальный многомиллиардный экономический эффект позволяет рассматривать ее как способ повышения конкурентоспособности, экологичности и эффективности железнодорожного транспорта в сложившихся экономических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергосбережение на железнодорожном транспорте: учеб. для вузов / В. А. Гапанович [и др.]; под ред. В. А. Гапановича. М.: Изд. Дом МИСиС, 2012. 620 с.
2. Богданов В. М., Михайлова Н. В. Развитие исследований в области взаимодействия пути и подвижного состава // Вестник ВНИИЖТ. 2016. Т. 75. № 4. С. 256–260. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-4-256-260>.
3. Обобщение мирового опыта тяжеловесного движения. Управление содержанием системы колесо—рельс / пер. с англ. под ред. С. М. Захарова. М.: Интекст, 2017. 420 с.
4. Шаповалов В. В., Сладковски А., Эркенов А. Ч. Актуальные задачи современной триботехники и пути их решения // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2015. № 1. С. 64–75.

5. Физико-математическое моделирование нелинейных фрикционных систем / В. В. Шаповалов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технические науки. 2014. № 6. С. 77–82.
6. Шаповалов В. В., Харламов П. В., Горин С. Л. Повышение эффективности системы «колесо—рельс» // Трибология — машиностроению: тр. Десятой юбилейной Всерос. науч.-техн. конф. с участием иностранных специалистов. М.: Перо, 2014. С. 145–146.
7. Формирование адгезионных связей при контактно-ротапиринтном смазывании / В. В. Шаповалов [и др.] // Трение и износ. 2017. Т. 38. № 5. С. 488–497.
8. Шаповалов В. В., Кохановский В. А., Эркенов А. Ч. Триботехника: учеб. для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Прикладная механика» / под ред. В. В. Шаповалова. Ростов н/Д: Феникс, 2017. 348 с.
9. Повышение эффективности системы «путь—подвижной состав» / В. В. Шаповалов [и др.] // Локомотив. 2011. № 5. С. 40–42.
10. Способ рельсосмазывания: пат. 2479455 Российская Федерация: МПК В61К3/02 / В. В. Шаповалов [и др.]. Заявл. 13.04.2011; опубл. 20.04.2013. Бюл. № 11.
11. Модельная оптимизация технологии контактно-ротапиринтного плакирования поверхностей трения / Г. И. Шульга [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2018. № 1 (197). С. 84–90.
12. Шаповалов В. В., Харламов П. В., Михайлюк А. В. Применение теоретических основ триботехники для разработки ресурсосберегающих систем на железнодорожном транспорте // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2016. № 2. С. 85–92.
13. Улучшение условий функционирования фрикционной системы «колесо—рельс». Разработка ГОСТа для определения трибологических характеристик твердых смазочных материалов / И. В. Колесников [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 4 (3). С. 753–758.
14. Способ повышения эффективности фрикционных систем: пат. 2674899 Российская Федерация: МПК В61С15/10 / В. В. Шаповалов [и др.]. Заявл. 12.07.2016; опубл. 13.12.2018. Бюл. № 35.
15. Совершенствование методов металлоплакирования с целью повышения тягово-сцепных характеристик локомотивов / В. В. Шаповалов [и др.] // Трибология — машиностроению: тр. XII Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 80-летию ИМАШ РАН. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018. С. 560–564.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ШАПОВАЛОВ Владимир Владимирович,
д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой,
ФГБОУ ВО РГУПС

ЩЕРБАК Петр Николаевич,
д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО РГУПС

БОГДАНОВ Виктор Михайлович,
канд., техн. наук, главный научный сотрудник, АО «ВНИИЖТ»

ФЕЙЗОВ Эмин Эльдарович,
канд. техн. наук, преподаватель, ФГБОУ ВО РГУПС

ХАРЛАМОВ Павел Викторович,
канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО РГУПС

ФЕЙЗОВА Валентина Александровна,
аспирант, ФГБОУ ВО РГУПС

Статья поступила в редакцию 18.03.2019 г., принята к публикации 24.05.2019 г.

Improving the efficiency of the “wheel – rail” friction system

V. V. SHAPOVALOV¹, P. N. SHCHERBAK¹, V. M. BOGDANOV², E. E. FEYZOV¹, P. V. KHARLAMOV¹, V. A. FEYZOVA¹

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Rostov State Transport University” (FGBOU VO RGUPS), Rostov-on-Don, 344038, Russia

² Joint Stock Company “Railway Research Institute” (JSC “VNIIZhT”), Moscow, 129626, Russia

Abstract. Relevance of the topic of increasing the efficiency of the “wheel – rail” friction system is considered. It is shown that the main condition for a significant optimization of the interaction processes in the “wheel – rail” system is the use of scientifically based technologies and technical means for lubrication of a dynamically loaded open friction pair. Basic requirements for the characteristics of lubricants is used in the open “wheel – rail” friction system. Authors named lubricants that meet the stated requirements. The main disadvantages of the remote method of supplying liquid and/or plastic lubricants in the “wheel – rail” system are presented as argument. Examples are given. The article describes technology of contact rota-print rod lubricating system “GRS – RAPS” and its advantages over analogues, as well as the experience of industrial implementation and operation of this technology. Based on the experience of using the “GRS – RAPS” technology in various climatic zones and operating modes, work was carried out on its adaptation and development, in particular, the tribological properties of rod lubricants were improved, the volumes of one-time refueling were increased, the drive of lubricating rods was optimized. All this allows increasing the effectiveness of this technology in 5–7 times. Equipment for freight locomotives is provided with metal-plating systems for working surfaces of wheelsets. Total traction capacity of freight locomotives, if all other things being equal, increases by 15–20%, while protecting wheel flanges of locomotives from wear and improves the braking characteristics of the train. A new concept of building a system for the lubrication of the “wheel – rail” contact zone on the basis of a modernized and improved “GRS – RAPS” technology and technology for modifying (metal-plating) working surfaces has been proposed. Potential economic effect from the comprehensive implementation of the proposed technology is estimated taking into account the existing economic conditions.

Keywords: “wheel – rail” friction system; increase efficiency; lubrication; modifying technology; metal plating; economic effect

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-3-177-182>

REFERENCES

- Gapanovich V. A., Avilov V. D., Arzhannikov B. A. *Energy saving in railway transport. Textbook for universities*. Moscow, MISIS Publ., 2012, 620 p.
- Bogdanov V. M., Mikhaylova N. V. *Development of research in the field of interaction of the track and rolling stock*. Vestnik of the Railway Research Institute, 2016, Vol. 75, no. 4, pp. 256–260. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-4-256-260>.
- Zakharov S. M. *Generalization of the world experience of heavy haul traffic. Maintenance management of system wheel – rail*. Moscow, Intext Publ., 2017, 420 p.
- Shapovalov V. V., Sladkovski A., Erkenov A. Ch. *Actual problems of modern tribotechnics and their solutions*. News of higher educational institutions. Mashinostroenie, 2015, no. 1, pp. 64–75.
- Shapovalov V. V., Erkenov A. Ch., Shcherbak P. N., Ozyabkin A. L., Feyzov E. E. *Physical and mathematical modeling of non-linear friction systems*. Proc. of higher educational institutions. Technical science, 2014, no. 6, pp. 77–82.
- Shapovalov V. V., Kharlamov P. V., Gorin S. L. *Improving the efficiency of the “wheel – rail” system*. Tribology to mechanical engineering. Proc. of the Tenth Anniversary All-Russian Scientific and Technical Conference with the participation of foreign specialists. Moscow, Pero Publ., 2014, pp. 145–146.

■ E-mail: eminf@yandex.ru (E. E. Feyzov)

7. Shapovalov V. V., Kharlamov P. V., Mishchenko V. B., Sheshtakov M. M., Migal' Yu. F. *The formation of adhesion bonds with contact-rotary lubrication*. Trenie i iznos, 2017, Vol. 38. no. 5, pp. 488–497.

8. Shapovalov V. V., Kokhanovskiy V. A., Erkenov A. Ch. *Tribotekhnika. Textbook for students of higher educational institutions enrolled in the field of Applied Mechanics*. Rostov-on-Don, Feniks Publ., 2017, 348 p.

9. Shapovalov V. V., Mayba I. A., Shcherbak P. N., Ozyabkin A. L., Feyzov E. E. *Improving the efficiency of the system “track – rolling stock”*. Lokomotiv, 2011, no. 5, pp. 40–42.

10. Shapovalov V. V., Lubyagov A. M., Pavlov A. P., Shcherbak P. N., Mayba I. A., Okulova Ye. S. [et al.]. *Rail lubrication method*. Patent no. 2479455, Russian Federation, publ. 20.04.2013, Bull. no. 11 (in Russ.).

11. Shul'ga G. I. *Model optimization of contact rota-print technology of cladding of friction surfaces*. News of higher educational institutions. North Caucasus region. Series: Engineering, 2018, no. 1 (197), pp. 84–90.

12. Shapovalov V. V., Kharlamov P. V., Mikhaylyuk A. V. *The use of the theoretical foundations of tribology for developing resource-saving systems in railway transport*. Proceedings of the Rostov State University of Communications, 2016, no. 2, pp. 85–92.

13. Kolesnikov I. V., Lubyagov A. M., Feyzov E. E., Feyzova V. A., Aleksandrov A. A. *Improving the operating conditions of the friction system “wheel – rail”. Development of GOST to determine the tribological characteristics of solid lubricants*. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2011, Vol. 13, no. 4 (3), pp. 753–758.

14. Shapovalov V. V., Lubyagov A. M., Feyzova V. A., Ananko A. M., Kiselevich A. D. [et al.]. *A way to improve the efficiency of friction systems*. Patent no. 2674899, Russian Federation, publ. 13.12.2018, Bull. no. 35 (in Russ.).

15. Shapovalov V. V., Noskov V. N., Kharlamov P. V., Ananko A. M. *Improving metal-plating methods in order to increase the traction characteristics of locomotives*. Tribology – mechanical engineering: works of the XII International scientific and technical conference dedicated to the 80th anniversary of the IMASH RAS. Izhevsk, Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2018, pp. 560–564.

ABOUT THE AUTHORS

Vladimir V. SHAPOVALOV,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department, FGBOU VO RGUPS

Petr N. SHCHERBAK,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, FGBOU VO RGUPS

Viktor M. BOGDANOV,

Cand. Sci. (Eng.), Chief Researcher, JSC “VNIIZhT”

Emin E. FEYZOV,

Cand. Sci. (Eng.), Lecturer, FGBOU VO RGUPS

Pavel V. KHARLAMOV,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, FGBOU VO RGUPS

Valentina A. FEYZOVA,

Post-graduate, FGBOU VO RGUPS

Received 18.03.2019

Accepted 24.05.2019