

УДК 629.4.015:625.068
DOI: 10.34029/2311-4061-2020-134-1-19-24

Д-р техн. наук Мямлин С. В.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ЛУБРИКАЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ключевые слова: *железнодорожный путь, локомотивы, износ, лубрикация, модификатор трения.*

Проблема износа колес и рельсов, как известно, существует с момента создания железнодорожного транспорта и на всем протяжении исторического развития железных дорог инженеры и ученые искали эффективные технические средства и технологии по уменьшению этого износа и повышению ресурса колес и рельсов. Специальный раздел науки под названием «трибология» как раз и посвящен изучению проблемы износа трущихся деталей [1-5]. Но специфика взаимодействия деталей в различных отраслях промышленности отражается и на способах уменьшения их износа. К особенностям силового взаимодействия колес и рельсов на железнодорожном магистральном и промышленном транспорте относится то, что происходит не только простое взаимодействие между металлическими деталями, но и присутствует внешнее влияние целого ряда факторов: погодных условий, попадание абразивных частиц в зону контакта, сферичность поверхности контактирующих тел. Все это приводит к изменению не только кинематики точек контакта и интенсивности взаимодействия, а еще и изменению физико-химических свойств контактирующих элементов [6-8].

Естественно, следует использовать основные доступные способы снижения износа колес и рельсов:

- восстановление геометрических размеров контактирующих тел (профилирование или шлифовка головки рельсов, обточка поверхности катания колес); одним из направлений улучшения геометрического взаимодействия является использование так

называемых износостойких или ресурсосберегающих, а иначе говоря, конформных или ремонтных профилей поверхности катания колес, которые способствуют изменению в сторону уменьшения силового взаимодействия в паре «колесо-рельс» за счет увеличения площади контакта. При этом несколько меняются показатели безопасности движения в части снижения коэффициента устойчивости от всползания колеса на рельс, если не применять одновременно и другие технические средства по улучшению динамических характеристик рельсовых экипажей (упругие адаптеры в буксовых узлах, упругие скользуны, билинейное центральное подвешивание и др.);

- изменение геометрических характеристик рельсового пути в основном за счет корректировки возвышения наружного рельса по отношению к внутреннему для уменьшения силового взаимодействия между колесами и рельсами; при этом целесообразно не только пересчитывать возвышение по средней скорости прохождения поездов в конкретной кривой, но и учитывать режим движения локомотива (тяга, выбег, торможение), потому что в зависимости от режима движения учеными рекомендуется либо повышать, либо понижать значение величины возвышения наружного рельса [9];

- снижение коэффициента трения в зоне контакта колеса и рельса за счет применения лубрикации или, иными словами, нанесение смазки на боковую поверхность головки рельса и/или на гребень колеса [10, 11].

- изменение физико-механических характеристик контактирующих тел, имеется в виду увеличение твердости (изменение соотношения твердостей контактирующих поверхностей), уменьшение шероховатости поверхности и т.д.

Рассмотрим далее более подробно именно лубрикацию, как наиболее перспективный метод предотвращения повышенного износа колес и рельсов. В зависимости от технологии лубрикации и от совершенства конструктивной реализации зависит эффективность применения данных устройств. Остановимся на основных конструктивных особенностях некоторых типов локомотивных лубрикаторов, которые уже используются на железно-

дорожном транспорте или предлагаются для применения.

Как известно, существует два основных вида локомотивных лубрикаторов, а именно: жидкостные (масляные) и стержневые. При этом используются лубрикатеры, а иногда называют эти устройства как модификаторы трения. То есть вещества, которые применяются для нанесения на поверхность контакта, могут способствовать как снижению, так и повышению коэффициента трения между контактирующими телами. Известны технические средства, которые применяются на локомотивах, в виде стержневых конструкций для снижения коэффициента трения между гребнем колеса и головкой рельса, и стержневые конструкции для смазывания поверхности катания для повышения коэффициента трения и улучшения сцепных свойств, например, канадской фирмы Kelsan [12-14]. Такие технические средства как раз и принято называть модификаторами трения, то есть, при необходимости, возможно варьирование параметров трения между контактирующими телами, в данном случае между колесом и рельсом, и управлять процессом контакта в нужном направлении с заданными характеристиками.

Далее приведем техническое описание некоторых основных систем лубрикации для колес локомотивов и для рельсов.

Компания Lincoln Industrial Corporation (Германия) производит стационарные и локомотивные гребнесмазыватели для подачи смазочного вещества непосредственно на гребни колес локомотива. С октября 2010 г. Lincoln Industrial является дочерней компанией Sincska Kullagerfabriken AB (SKF), которая расположена в Гетеборге (Швеция), основана еще в 1907 г., изготавливает и поставляет подшипники, смазочные материалы, продукцию для технического обслуживания средств мехатроники и другие услуги.

Стационарные путевые смазывающие системы Lincoln эффективно наносят постоянный и контролируемый объем смазки на боковую поверхность головки рельса и поддерживают данную пластичную смазку или фрикционный преобразователь на месте

нанесения, благодаря чему колеса подвижного состава захватывают смазочный материал и переносят его по криволинейному участку пути или стрелочной улице. В состав продукции входят технические решения, располагающиеся на поверхности элементов верхнего строения пути, головки рельса и удерживающего рельса.

Предприятие SKF производит как стационарные путевые, так и мобильные, то есть передвижные, системы смазки, с полным набором продукции для различных условий и методов смазывания элементов пары «колесо-рельс». Остановимся подробнее на некоторых из них.

Системы SKF EasyRail, предназначенные для установки на подвижном составе, служат для смазывания гребня колеса и, соответственно, головок рельсов, устанавливаются на первой колесной паре передней тележки головного вагона моторвагонного подвижного состава и на первой и последней колесных парах локомотивов, принципиальная схема лубрикаторных систем данного типа представлена на рисунке 1 [15]. Это широко известное техническое решение. Принцип функционирования данного устройства заключается в следующем, когда система включена, воздух и смазочный материал подаются из емкости с пластичной смазкой в форсунки распыления. Смазочный материал распыляется на гребень колеса тонким слоем и в результате контакта передается на поверхность рельса. По задумке разработчиков системы SKF EasyRail могут функционировать с одно- и двухмагистральными системами смазки, как с высоким, так и низким давлением. SKF EasyRail Airless поставляются изготовителем для вагонов без бортовой системы сжатого воздуха. Все системы SKF EasyRail также могут использоваться для лубрикации головок рельсов, когда фрикционный преобразователь (смазывающий материал) наносится через форсунки непосредственно на рабочую поверхность рельса. Эти системы требуют минимального технического обслуживания и, по данным производителя и пользователей, надёжно работают даже при сложных погодных условиях.

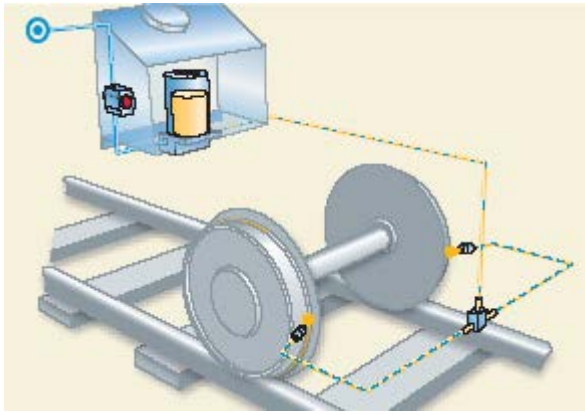


Рис. 1 - Схема подачи смазки на гребень колеса локомотива [15]

Устанавливаемые на подвижном составе системы смазки доказали универсальность и эффективность применения в железнодорожной отрасли благодаря изменяемым настройкам. Высоковязкие смазывающие материалы и фрикционные преобразователи наносятся автоматически и независимо друг от друга, и помогают решать задачи снижения не только износа, но и шумового воздействия на окружающую среду.

Что касается стационарных лубрикаторов, то рельсосмазывающие установки компании Lincoln Industrial Corporation эксплуатируются на территории Украины и РФ с 2005 года. На ст. Киев-Пассажирский Юго-Западной железной дороги, ст. Пидзамче Львовской железной дороги и ст. Днепропетровск Приднепровской железной дороги установлены стационарные путевые рельсосмазыватели.

При очередном подведении основных итогов эксплуатации рельсосмазывателей получены следующие результаты: износ боковой поверхности рельсов на кривых участках уменьшился в 2,0-2,5 раза, износ основных элементов стрелочных переводов - в 1,5-2,0 раза и разнос смазки составлял 2,5-4,5 км в зависимости от времени года «зима-лето». В результате срок эксплуатации рельсов на криволинейном участке пути увеличился в среднем в 2,17 раза [16].

При этом нужно учесть, что рельсосмазыватели работали не всегда из-за несвоевременного их обслуживания, заправки смазочным материалом и других причин, не связанных с работой оборудования. При их стабильной работе показатели уменьшения износа, как показывает европейский опыт, увеличиваются в 6-7 раз.

Компании DIPOSTEL (Франция) и MBM Industry & Rail Tech (Австрия) создали стратегическое партнерство, способствующее продвижению своих решений по управлению трением в железнодорожной отрасли через два предприятия DIFACTO, расположенные в Австрии и Франции [17]. DIFACTO Austria разрабатывает и производит твердотельные продукты (расходные материалы) и другие продукты для управления трением. DIFACTO France занимается продажами и распространением всех видов продукции Friction Management и сопутствующего оборудования, включая технологию реализации решения μ STICK® Solid Stick.

Сухая, твердая смазка на основе терморезистивного полимерного материала, пригодного для применения при низких и высоких температурах, не содержит жидких смазок на масляной или консистентной основе соответствует стандарту EN 16028. Все оборудование (кронштейны и аппликаторы) и расходные материалы для управления трением производятся в Европе.

Системы DIFACTO с использованием твердого смазочного материала существуют двух типов:

- μ STICK® - смазка для гребня колеса локомотива
- μ STICK® TFM (solid stick friction modifier) - модификатор трения с твердым стержнем.

Модификатор μ STICK® наносится в очень небольших количествах непосредственно на колесо с помощью простых механических аппликаторов и обеспечивает оптимальный коэффициент трения между гребнем колеса и поверхностью рельса, значительно снижая их износ.

Модификатор μ STICK® Liquid Top Of Rail (TOR) обеспечивает коэффициент сцепления, который увеличивается с увеличением скольжения колеса («положительное трение») между гребнем колеса и головкой рельса. Это гарантирует оптимальное сцепление с уменьшением уровня шума и износа гребня.

Обе системы обеспечивают полную защиту подвижного состава при установке только на определенное количество осей на подвижной состав. Система твердой смазки (стержневая система) не требует ни источника питания, ни сложной системы управления. Она полностью саморегулирующаяся.

Каждая система разработана с учетом типа подвижного состава, отвечая точным потребностям поверхности взаимодействия гребня колеса и головки рельса. Смазка рационально наносится на колесо, когда это необходимо, обеспечивая постоянную тонкую пленку сухой смазки, которая обеспечивает отличную защиту гребней колес и рельсов. Трехмерное моделирование и анализ методом конечных элементов позволяют создавать точные и безопасные конструкции, необходимые для обеспечения согласованного взаимодействия со всеми типами подвижного состава и верхнего строения пути. Система μ STICK® одобрена несколькими производителями подвижного состава и операторами движения поездов.

В линейку продуктов DIFACTO Friction Management входят также: модификатор трения Liquid Top Of Rail (TOR) и связанные с ним электрические путевые узлы, жидкие смазки для колес и рельсов, системы шлифования.

Еще один продукт компании – стационарный электрический путевой модуль (EGD) с жидким модификатором трения Top Of Rail производит нанесение покрытия по боковой поверхности головки рельса, обеспечивает смазывающий эффект рельсов в течение длительного времени, обладает водоотталкивающим эффектом, биоразлагаемый, выдерживает температуру до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2).



Рис. 2 - Стационарный электрический путевой модуль (EGD) с жидким модификатором трения

Компания Whitmore (США) является мировым лидером в предоставлении инновационных продуктов и услуг, которые повышают надежность, производительность и срок службы, так называемых, промышленных активов. Данная компания производит высокоэффективные смазочные материалы, модификаторы трения, оборудование для нанесения, системы управления нанесения смазки для железнодорожной отрасли [18].



Рис. 3 - Стационарный рельсосмазыватель компании Whitmore [18]

По данным производителя, стационарные рельсосмазыватели разных типоразмеров Electro™ 10, 20 и 30 оборудованы двухкамерным насосом с прямой гравитационной подачей из резервуара (рис. 3). Смазка подается через двоянные выпускные шланги. Точный выход смазки обеспечивается запатентованной ступенчатой настройкой блока управления и не зависит от вязкости смазки.

На железных дорогах колеи 1520 мм в Украине и других странах СНГ также применяются различные системы лубрикации. Например, на одном из участков пути, перед входом в кривую, возле станции Астана (Республика Казахстан) установлена и успешно эксплуатируется система автоматического смазывания рельсов, которая практически обеспечивает разнесение смазываю-

щего материала по всей длине криволинейного участка (более 1 000 м). На рисунках 4-6 представлены фотографии блока управления (рис. 4), электронного управляющего модуля (рис. 5) и путевых жидкостных лубрикаторов (рис. 6), которые непосредственно наносят смазывающую жидкость на специальную шину, а затем колесами подвижного состава разносятся по длине кривой. При этом существенно снижается износ рельсов и соответственно колес вагонов и локомотивов.



Рис. 4 - Блок управления стационарного лубрикатора компании Lincoln



Рис. 5 - Электронный управляющий модуль



Рис. 6 - Путевой жидкостный лубрикатор

В последнее время разработчики систем лубрикации и смазок применяют также и наноматериалы для улучшения трибологических свойств контактирующих тел.

Известны и многие другие системы лубрикации, которые реализуют уже известные технические решения и отличаются только конструктивным исполнением, но важен сам подход к решению проблемы износа колес и рельсов, который позволяет минимизировать человеческий фактор и достичь максимального эффекта, тем самым существенно снизить эксплуатационные расходы в железнодорожной отрасли и повысить экономический результат ее деятельности.

Выводы

Рассмотрены основные технические решения средств лубрикации колес локомотивов и рельсов, которые используются или предлагаются к применению на железнодорожном транспорте.

Основной рекомендацией при планировании мероприятий по предупреждению повышенных износов в паре «колесо-рельс» следует считать системность или комплексность подхода, что позволит достичь максимальный эффект. При этом не следует допускать формальный подход к решению проблемы износа, а контролировать изменения параметров поверхности катания колес локомотивов и геометрии головки рельса, и вводить, при необходимости, соответствующие корректирующие действия технического или технологического характера.

Литература

1. Bhushan B. Modern Tribology Handbook: Two Volume Set / B. Bhushan. – Boca Raton: CRC Press, 2001. – 1760 p. doi: 10.1201/9780849377877

2. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность) / Д. Н. Гаркунов. – Москва: Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.

3. Bassani R. Hydrostatic lubrication / R. Bassani, B. Piccigallo. – Vol. 22: Tribology Series. – Amsterdam: Elsevier, 1992. – 559 p.

4. Kimura Y. Wear and fatigue in rolling contact / Y. Kimura, M. Sekizawa, A. Nitani // Wear. – 2002. – Vol. 253 (1-2). – P. 9-16. doi: 10.1016/S0043-1648(02)00077-7

5. Мишиненко В. Б. Процессы трения в транспортных фрикционных системах / В. Б. Мишиненко, П. В. Харламов // Проблемы синергетики в трибологии, трибоэлектрохимии, материаловедении и мехатронике: сб. научных статей по материалам 13-ой Международ. научно-практ. конф. – Новочеркасск: Южно-Российский гос. Политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова, 2015. – С. 71-75.

6. Tribology of the wheel-rail contact – aspects of wear, particle emission and adhesion / U. Olofsson, Y. Zhu, S. Abbasi, R. Lewis, S. Lewis // Vehicle System Dynamics. – 2013. – Special Issue: State of Art Papers of the 23rd IAVSD. – 33 p. doi: 10.1080/00423114.2013.800215

7. Olofsson U. Open System Tribology in the Wheel-Rail Contact – A Literature Review / U. Olofsson, Y. Lyu // Applied Mechanics Reviews. – 2017. – Vol. 69, iss. 6. – 060803. doi: 10.1115/1.4038229

8. Olofsson U. Influence of leaf, humidity and applied lubrication on friction in the wheel-rail contact: pin-on-disc experiments / U. Olofsson, K. Sundvall // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. – 2004. – Vol. 218. – P. 235-242. doi: 10.1243/0954409042389364

9. Певзнер В. О. Результаты наблюдений по оценке влияния эксплуатационных факторов на боковой износ рельсов / В. О. Певзнер, О. Ю. Белоцветова, А. В. Потапов // Вестник ВНИИЖТ. – 2016. – Т. 75, №4. – С. 242-247. doi: 10.21780/2223-9731-2016-75-4-242-247

10. Повышение ресурса колесных пар локомотивов путем плакирования гребней колес износостойкими антифрикционными материалами / В.Б. Мишиненко, Р.Н. Кулиев, Г.А. Арешян, М. А. Кашин // Труды РГУПС. – 2016. – № 4. – С. 58-62.

11. Захаров С. М. Об управлении трением в системе колесо-рельс в условиях тяжеловесного движения / С. М. Захаров // Вестник ВНИИЖТ. – 2012. – № 3. – С. 12-16.

12. Eadie D. T. The role of high positive friction (HPF) modifier in the control of short pitch corrugation and related phenomena / D. T. Eadie, J. Kalousek, K. C. Chiddick // Wear. –

2002. – Vol. 253. – P. 185-192. doi: 10.1016/S0043-1648(02)00098-4

13. Implementation of Distributed power and Friction Control to Minimize the Stress State and Maximize Velocity in Canadian Pacific's Heavy Haul/Heavy Grade Operation / M. Roney, S. Bell, S. Paradise, K. Oldknow, J. Ingwemese // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. – 2010. – Vol. 224 (5). – P. 465-471. doi: 10.1243/09544097jrrt366

14. Шаповалов В. В. Лубрикация открытых узлов трения. Повышение эффективности технологии и технологического оборудования открытых узлов трения / В. В. Шаповалов, Я. С. Нигматуллин // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России «ТрансПромЭк-2018»: сб. науч. трудов. – Т. 1: Технические науки. – Ростов-на-Дону: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2018. – С. 146-149.

15. Onboard lubrication systems. Lubrication systems for wheel flange lubrication and rail-head conditioning // SKF. – Retrieved from <https://www.skf.com/group/industry-solutions/railways/railway/onboard-lubrication-systems/index.html>.

16. Результаты внедрения и экономическая эффективность рельсосмазывающих установок фирмы «Lincoln GmbH», которые эксплуатируются на дорогах Укрзалізниця. Перспективы внедрения / М.А. Зябрев, С.А. Каперсак, М.И. Шупиченко, А.И. Пучков, Ю.А. Пучков // Залізничний транспорт України. – 2010. – № 5. – С. 31-34.

17. Friction management – products and solution // DIFACTO. – Retrieved from <https://difacto.eu/products-and-solution/>.

18. Rail Applicators. Electro™ 10, 20 & 30 // Whitmore. – Retrieved from <https://www.whitmores.com/products/electro?category=rail-applicators>.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Мямлин Сергей Витальевич,

д. т. н., професор, первый заместитель директора филиала «Научно-исследовательского и конструкторско-технологического института железнодорожного транспорта» АО «Укрзалізниця».

Ул. И. Федорова, 39, г. Киев, 03038, Украина. Тел.: +38 044 465 39 95.

E-mail: sergeymyamin@gmail.com,

<http://orcid.org/0000-0002-7383-9304>.