

ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВСЛЕДСТВИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ЛУБРИКАЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Мантурова Е.А.

Научный руководитель – профессор Шаповалов В.В.

Ростовский государственный университет путей сообщения

В настоящее время вопросам энергоэффективности и энергосбережения придается еще большее значение. В соответствии с политикой государства, направленной на внедрение энергосберегающих технологий во всех сферах экономики, в системе предприятий ОАО «РЖД» активно проводятся мероприятия по ресурсо- и энергосбережению на железнодорожном транспорте.

В целом по сети железных дорог ежегодно расходуется 5 – 6 % вырабатываемой в стране электроэнергии и до 6 % дизельного топлива, или в натуральных показателях: свыше 40 млрд. кВт·ч электроэнергии, 3 млн. т дизельного топлива, 4,5 млн. т угля, до 1 млн. т мазута, почти 1 млрд. м³ природного газа, 170 тыс. т бензина и до 250 млн. м³ воды. На тягу поездов во всех видах движения приходится около 82 % электроэнергии и 85 % дизельного топлива.

Важнейшие приоритеты ОАО «РЖД» – освоение перспективного поездопотока при гарантированной безопасности движения и повышении эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на основе оптимизации взаимодействия служб пути и подвижного состава.

Одним из аспектов этой проблемы является взаимодействие подвижного состава и пути. Взаимодействие колеса и рельса является физической основой движения поездов по железным дорогам. Именно оно во многом определяет безопасность, а также такие важнейшие технико-экономические показатели, как масса поездов, скорость их движения и уровень эксплуатационных расходов.

Движение подвижного состава сопровождается трением гребней бандажей колесных пар в точке контакта с боковыми гранями рельсов. Это трение вызывает интенсивный износ гребней и рельсов, что создает угрозу безопасности движения, увеличивает сопротивление движению и затраты топлива и энергии на тягу (10% - 15%), вследствие чего растут эксплуатационные расходы.

Количество энергии, расходуемой на преодоление сил трения в зоне контакта колеса – рельс при движении поезда зависит от целого ряда триботехнических факторов, среди них: нагруженность зоны контакта, скорость относительного проскальзывания колеса (определяемые углами набегания колесных пар на рельсы), температурные условия эксплуатации, вид и режим движения локомотива, агрессивное воздействие окружающей среды, физико-химические модификации поверхностей в процессе трения. Решающее значение имеют материалы трущихся сопряжений, приповерхностных слоев, реологические и физико-химические свойства смазочного материала, метод смазывания.

Именно поэтому в качестве первоочередной и наиболее быстро реализуемой меры борьбы с трением гребней бандажей колесных пар в точке контакта с боковыми гранями рельсов является лубрикация. За счет уменьшения сил сопротивления движению экипажа по рельсам лубрикация снижает расход топливно-энергетических ресурсов на тягу, повышает ресурс колес и рельсов, снижает вероятность вкатывания колеса на

головку рельса, улучшает экологические показатели, в частности, уменьшает шум на железной дороге.

Проблема негативного влияния трения гребней бандажей колесных пар с боковыми гранями рельсов является интернациональной и решением ее занимаются ученые разных стран. Как показывает мировой опыт: внедрение систем гребне- и рельсосмазывания повышает энергоэффективность работы железнодорожного транспорта.

Так, например, компания MPL Technology около 20 лет поставляет железным дорогам системы лубрикации для смазки гребней колесных пар. В конце 2004 г. эти системы были установлены более чем на 6000 локомотивах железных дорог США, Канады, Бразилии и Мексики. Эффективность систем лубрикации дважды подтверждалась в Центре транспортных технологий (ТТС) в Пуэбло, где создавались условия эксплуатации, максимально близкие к реальным. Компания MPL Technology произвела анализ результатов экспериментов ТТС для количественной оценки влияния применения систем лубрикации на экономию топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов на железных дорогах Burlington Northern Santa Fe (США), Duluth, Missabe & Iron Range (США) и ALL (Бразилия). Все испытания дали положительные результаты с определенным разбросом экономии от 40 до 20 %.

Результаты проведения Программы первоочередных мер по реализации потенциала энергосбережения на Одесской железной дороге в 2001-2005 гг. показали, что в результате внедрения систем лубрикации рельсов и колесных пар локомотивов сопротивление движению уменьшается на 8 – 10% и соответственно уменьшается расход энергии на тягу.

Применение систем смазывания на Белорусской железной дороге позволило сократить боковой износ рельсов в 1,5 раза и увеличить срок их службы с 5 до 7,5 лет, снизить боковой износ гребней колесных пар в 1,5 – 2 раза и поддерживать его на уровне 0,3-0,4 мм на 10 000 км пробега.

Результаты реализации Программы ресурсосбережения на Московской железной дороге показали, что применение систем лубрикации позволяет увеличить срок службы рельсов и колесных пар в 2-3 раза, снизить расход топливно-энергетических ресурсов до 30-50%, и т.д. К примеру, по станции Москва-пассажирская – Павелецкая сокращена периодичность замены рельс по причине износа с 6-ти до 1-го раза в год.

На сегодняшний день руководство ОАО «РЖД» ставит следующие требования к общей эффективности эксплуатации железнодорожного транспорта: увеличение ресурса вагонных колес до 1,3 млн. км; увеличение ресурса бандажей колесных пар локомотивов не менее чем до 1,0 млн. км; снижение удельного расхода электроэнергии на тягу поездов – на 10 – 12 % (электрическая тяга) и 12 – 15 % (тепловозная).

Качественное применение лубрикации, а в частности научно-обоснованного типа смазочного материала в системах гребне- и рельсосмазывания позволит выполнить данные требования. Специфика условий эксплуатации подвижного состава, а также конструкции систем лубрикации определяют ряд требований к смазочным материалам, предназначенным для смазывания фрикционного контакта гребня колеса с боковой поверхностью головки рельса.

Согласно техническим требованиям ОАО «РЖД» смазочные материалы для лубрикации зоны контакта колес и рельсов должны легко наноситься, не разбрызгиваться, не крошиться, не скалываться и удерживаться на боковой грани головки рельса (гребне колесной пары) при скоростях движения подвижного состава от 3 км/ч до 140 км/ч, рабочем давлении в контакте до 3 ГПа, температуре атмосферного воздуха от минус 45°C до плюс 50°C, в том числе в условиях 100% влажности, а также обладать достаточной вязкостью и адгезией с металлом (способность к переносу), сохранять смазочные свойства после разового нанесения значительное время (ресурс смазочного ма-

териала после разового нанесения). Нанесенный на гребень колеса смазочный материал не должен смываться атмосферными осадками, должен быть стабильным по составу и состоянию при хранении и применении.

В настоящее время на сети железных дорог в России используются различные смазочные материалы и способы их нанесения. Наибольшее распространение получили: КР-400, Пума-МР, Пума-МГ, Пума-МЛ, СРК, РС-6 «В», РС-6 «Бу», СПЛ, СС-1, РАПС-2.

Как показывает практика, эффективность этих смазочных материалов не значительна, их применение не решает поставленную задачу окончательно. Поэтому весьма важным и актуальным представляется поиск новых путей оптимизации работы трибосистемы колесо-рельс, например, применение наноматериалов и нанофункциональных присадок с аномально высокой дисперсностью (1-100 нм) и развитой удельной поверхностью (до 600 м²/г).

Наличие наночастиц в контакте приводит к заполнению ими микроуглублений и микровпадин рельефа, образованию замкнутых жидких линз, шаржированию и упрочнению поверхностного слоя, что играет особо активную роль в процессе приработки и «залечивания» микродефектов сопрягаемых поверхностей. За счет природной сильнейшей поляризации наномолекул на поверхностях трения образуется самоорганизующаяся пленка достаточной толщины (40 – 80 нм) и оптимальной геометрии, что увеличивает несущую способность сопряжений. Происходит надежное разделение поверхностей трения, практически исчезают адгезионные явления, тем самым компенсируется износ деталей и повышается прецизионность кинематических пар. В дальнейшем, образованная пленка из наночастиц пропитывается смазочным материалом, который просто невозможно выдавить с поверхности.

Анализ подобных систем показывает, что возможно более активное управление качеством работы таких трибосопряжений. Изменяя концентрацию малых частиц и их состав, используя поверхностно-активные и химически-активные вещества, можно решать весь спектр задач, связанных с минимизацией трения и износа в трибологических системах, в том числе и в контакте гребень колеса - боковая поверхность рельса.

В данный момент в Ростовском государственном университете путей сообщения идет разработка наноструктурированного смазочного материала для открытых тяжело нагруженных узлов трения (в частности контакта гребня колеса с боковой поверхностью головки рельса), в соответствии с программой поисковых НИР согласно государственному контракту № 16.740.11.0024 от 1 сентября 2010 г. в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

Для определения эффективности наноструктурированного смазочного материала был проведен комплекс лабораторных исследований по сравнению с существующими аналогами.

Показатели температурной стойкости смазочных материалов определялись при помощи аппарата для определения температуры каплепадения в соответствии с ГОСТ 6793-74. Сравнение трибологических характеристик смазочных материалов были проведены на машинах трения четырехшариковой ЧМТ-1 (зав. № 8, 1991г.) в соответствии с ГОСТ 9490-75, и на машине трения 2070 СМТ-1 по схеме качения с проскальзыванием пары трения «ролик-ролик». Нагрузочно-скоростные параметры задавались согласно проведенному физико-математическому моделированию и соответствовали реальной трибосистеме гребень колеса - боковая поверхность рельса.

Эффективность применения наноматериалов и нанофункциональных присадок в составе смазочных материалов была подтверждена результатами проведенных исследований, которые показали следующие значения: снижение коэффициента трения на

20-30%; снижение износа в 1,3 - 3 раза; увеличение ресурса смазочного материала после разового нанесения на 20-30 %.