

Приемо-сдаточные и периодические испытания в совокупности должны обеспечивать достоверную проверку всех свойств выпускаемой продукции, подлежащих контролю на соответствие требованиям стандартов, и представлять собой элементы приемки продукции у изготовителя. Испытания проводят в соответствии с требованиями стандартов на продукцию, правил приемки и методов испытаний. При отсутствии подобных стандартов или при отсутствии в них необходимых требований дополнительные требования к испытаниям включают в технические условия.

Для оценки эффективности и целесообразности внесения предлагаемых изменений в конструкцию выпускаемой продукции или в технологию ее изготовления проводят типовые испытания. В целях подтверждения железнодорожного подвижного состава требованиям технических регламентов проводят сертификационные испытания или используют результаты испытаний других категорий.

Категории испытаний по составу могут включать в себя один или несколько видов или групп испытаний (механические, электрические, климатические) и видов контроля (визуальный, измерительный) и проводиться в один или несколько этапов. В случае выделения испытания в самостоятельную категорию, правила использования результатов испытаний при принятии решений о приемке продукции должны быть отражены в программах и методиках этих испытаний.

Результаты испытаний единиц продукции считают положительными, а продукцию – выдержавшей испытания, если она испытана в объеме и последовательности, которые установлены для данной категории испытаний в стандартах на продукцию, а результаты подтверждают соответствие испытываемых единиц продукции заданным требованиям. Если по результатам испытаний будет установлено несоответствие продукции хотя бы одному требованию, установленному в стандартах на продукцию для проводимой категории испытаний, результаты испытаний единиц продукции считают отрицательными, а продукцию – не выдержавшей испытания.

Корректная организация работ по разработке и постановке на производство позволяет эксплуатировать на железной дороге современный и безопасный железнодорожный подвижной состав, который должен отвечать следующим основным требованиям: безопасность; надежность; эксплуатационная готовность; охрана здоровья; защита окружающей среды; техническая совместимость с инфраструктурой железнодорожного транспорта.

Основные требования должны быть дополнены специальными требованиями к подвижному составу и его техническому обслуживанию.

УДК 656.2

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОЛЕСА И РЕЛЬСА ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ**

*Е. Г. ЛЕОНЕНКО*

*Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Красноярск, Российская Федерация*

Одной из ключевых отраслей экономики является железнодорожный транспорт. На его долю приходится 80 % всего грузооборота Российской Федерации. Безопасность и безотказность работы железных дорог – одна из ключевых задач ОАО «РЖД». Безопасность движения поездов напрямую зависит от технического состояния подвижного состава и пути. В настоящее время на железных дорогах РФ участились случаи транспортных происшествий, связанных со сходами порожних грузовых вагонов [2]. Почти 50 % случаев сходов порожних вагонов происходит без нарушения целостности деталей и узлов как подвижного состава, так и пути.

Согласно материалам служебных расследований причиной сходов послужили технические отклонения в содержании подвижного состава и пути. Из общей массы сходов грузовых вагонов большее количество сходов грузовых вагонов приходится на порожние цистерны, ввиду того что у них высоко расположен центр тяжести. Большее количество сходов порожних вагонов происходит из-за вкатывания гребня колеса на головку рельса. Процесс схода можно разделить на три этапа:

- 1) гребень колеса начинает приподниматься над головкой рельса;
- 2) начинается процесс движения гребня колеса по боковой грани рельса вверх;

3) на третьем этапе гребень колеса перекачивается по поверхности катания рельса и происходит сход подвижного состава с рельсов.

Для установления причин происходящего необходимо рассмотреть силы, действующие в точке контакта колеса и рельса. При движении порожнего вагона в прямых и кривых участках пути различного радиуса гребень колеса постоянно испытывает боковое давление, которое можно объяснить тем, что в процессе движения тележка вагона перемещается в горизонтальной плоскости относительно оси пути. Такое движение колесной пары можно назвать волнообразным.

Во время движения по кривым участкам пути каждое из колес колесной пары должно проходить различные расстояния. Однако объединенные в одну колесную пару, они такой возможности не имеют. В связи с этим начинается проскальзывание колес по рельсу. Таким образом, вид движения, реализуемый при движении колеса по рельсу, – качение со скольжением.

На вынужденное проскальзывание колеса относительно рельса оказывают влияние ограничения, накладываемые связями колесной пары с тележкой, кинематика колесной пары, направляемой железнодорожной колеей, и тангенциальные силы, возникающие в точке контакта колеса и рельса.

При идеальном движении вагона по различным участкам пути колесная пара должна занимать радиальное положение, но в настоящее время параметры рельсовой колеи и гребней колес это положение исключают. Нерадиальное положение колесной пары приводит к возникновению поперечного скольжения, что снижает величину коэффициента сцепления. При прохождении возможных перемещений колесной пары соответственно то, что набегающее колесо допускает перемещение вдоль образующей конуса поверхности гребня, а не набегающим колесом – вдоль касательной к профилю поверхности катания [3]. При движении вагона по идеальному железнодорожному пути гребень колеса своей выкружкой не должен взаимодействовать с рабочей гранью рельса. Ввиду того, что на железнодорожном пути имеются неровности между направлением движения колесной пары и продольной осью пути в момент начала набегания колеса на рельс образуется угол набегания. Так как колесо совершает скольжение, то угол набегания не остается постоянным, а всё время меняется.

Гребень, как клин, скользит в точке контакта на головке рельса по наклонной вниз. Поперечное скольжение тем сильнее, чем больше отклоняется колесная пара от направления своего качения и чем больше она во время касания при набегании отклоняется от своей радиальной установки. Это же относится к скольжению гребня. Указанное дополнительное поперечное скольжение поверхностей катания колеса и скольжение по наклонной вниз гребня вызывает противоположно направленное скольжению сопротивление. Требуемое направление движения набегающей колесной пары в кривой или на прямом участке колеи требует, чтобы колесная пара совершала движение, не изменяя своего угла по отношению к оси колеи. По этой же причине колесная пара должна не только перемещаться поперек пути, но и поворачиваться соответственно кривизне пути вокруг вертикальной оси, но имеющаяся разница радиусов кругов катания почти никогда не бывает достаточной для необходимого поворота колесной пары. Это непосредственно не может вызвать и направляющее усилие гребня.

Таким образом, для того, чтобы осуществлялся нормальный поворот одиночной колесной пары в кривой, необходимо, чтобы отношение диаметров кругов катания внутреннего и наружного колес равнялось отношению радиусов внутренних и наружных ниток кривой. Если отношение будет меньше отношения радиусов колеса, то колёса будут работать в режиме проскальзывания и сухого трения.

При следовании по кривой гребень колеса прижимается к головке рельса, может иметь место одноточечное или двухточечное касание. Вид касания зависит от геометрических параметров гребня колеса и головки рельса, величины подуклонки рельсов и величины горизонтальной силы взаимодействия между гребнем и рельсом.

Поскольку профиль гребня колеса пологий, по кругу катания этот профиль имеет конусность равную 1:10, то при вписывании в кривую малого радиуса наружное колесо начинает набегать на рельс. Почти у каждой набегающей колесной пары её направление качения с продольным направлением рельсов в точке контакта гребня составляет небольшой угол  $\alpha$ , т. е. угол набегания  $\gamma$ . В результате угла набегания ось вращения колесной пары отклоняется от главного радиуса.

Угол между направлением подхода колесной пары к точке набегания и продольным направлением рельсов в поперечном сечении гребня в момент начала набегания называют *углом удара*. Он только тогда отличается от угла набегания, когда колесо перемещается не только качением, а имеет

еще и дополнительное скольжение к моменту набегания. Угол набегания гребня колеса на рельс зависит от зазора между гребнем колеса и рабочей гранью головки рельса и непараллельности осей колесных пар, вызванной наличием зазора между буксой и боковой челюстью боковины, и определяется как их сумма. Сход порожнего вагона с рельсов произойдет, когда углы набегания больше допустимых. Допустимые углы набегания рассчитываются согласно нормативам пути и подвижного состава, но без учета допустимых отклонений в содержании вагона (таблица 1). Перекос кузова вагона возможен из-за разницы зазоров в скользунах, разницы высоты рессорного подвешивания и т. д.

Таблица 1 – Углы набегания колеса на рельс на рассмотренных участках схода порожних вагонов

Угол набегания, рад	Радиус кривой R, м				
	583	641	1033	1180	1309
Допустимый	0,074	0,067	0,0815	0,0714	0,052
Колеса на рельс	0,0221	0,017	0,022	0,0225	0,019

Анализируя данные, полученные по результатам расчета угла набегания, можно сделать вывод, что углы набегания не опасны для движения поездов при условии технически исправного состояния железнодорожного пути и вагонов.

#### Список литературы

- 1 Буйносов, А. П. Взаимодействие колеса и рельса / А. П. Буйносов // Путь и путевое хозяйство. – 1999. – № 5. – С. 22–25.
- 2 Леоненко, Е. Г. Техническая эксплуатация железных дорог и безопасность движения : учеб. пособие / Е. Г. Леоненко. – М., 2017. – 221 с.
- 3 Медель В. Б. Взаимодействие электровоза и пути / В. Б. Медель. – М. : Трансжелдориздат, 1956. – 336 с.

УДК 665.76:543.4

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СМАЗЫВАЕМЫХ ПАР ТРЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПУТЕМ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ К ЗАДИРУ ЗА СЧЕТ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ПРОДУКТАМИ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ ТВЕРДОФАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ

*С. Д. ЛЕЩИК, Н. П. РУСАК, Ж. В. ЦАРИКОВИЧ, Н. К. ЛИСАЙ*

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь*

**Введение.** В конструкции любой транспортной техники присутствуют пары трения. Надежность подвижного состава во многом зависит от долговечности узлов трения. Значительная часть из них работает в присутствии смазочных материалов. Условия работы смазочных материалов, например, моторных масел, зачастую весьма тяжелые. Масло обеспечивает не только уменьшение сил трения и износа деталей, но и отвод теплоты и продуктов изнашивания из зоны трения. От длительности периода, в течение которого масло сохраняет свои эксплуатационные характеристики, зависит и надежность техники. Одним из путей улучшения и длительного сохранения характеристик масел является модифицирование последних различными присадками, в том числе наноразмерными частицами [1–4].

Целью настоящей работы явилось исследование триботехнических характеристик пар трения, смазываемых моторным маслом, модифицированным наноразмерными частицами, которые были получены с использованием метода импульсной лазерной абляции твердофазных материалов в жидкости.

**Материалы, методика и техника эксперимента.** Частицы модификатора вводили в нефтяное моторное масло. Концентрация модификатора в масле составляла 0,01 г/дм<sup>3</sup>. В качестве модификатора моторного масла были использованы продукты импульсной лазерной абляции (ИЛА) графита, политетрафторэтилена (ПТФЭ), свинца и меди в жидкости. Получение наномодификатора методом