

нение в связи с тем, что не разработаны и не внедрены в производство альтернативные методы контроля. Вместе с тем применяемый контроль напрессовок не обеспечивает получения вполне достоверных оценок упругого напряжённого состояния деталей формируемых соединений.

Качественно новым этапом в развитии системы контроля прочности сопряжения деталей с гарантированным натягом колёсных пар вагонов является создание и внедрение в производство средств контроля технического состояния тепловых напрессовок внутренних колец буксовых подшипников, при помощи которых осуществляются измерения напряжённо-деформированного состояния (НДС) охватывающей детали соединения с гарантированным натягом.

Следует отметить, что для повышения достоверности оценки прочности напрессовок по уровню НДС охватывающей детали необходимы дополнительные теоретические и экспериментальные исследования по выявлению влияния многих факторов (материала сопрягаемых деталей, способа сборки, шероховатости поверхностей контакта, физико-механического состояния последних и пр., вытекающих из молекулярно-механической теории трения), в том числе и точности определения окружных нормальных напряжений и деформаций на наружной поверхности контролируемой охватывающей детали соединения с гарантированным натягом.

Поэтому для разработки теории неразрушающего контроля напрессовки внутренних колец буксовых подшипников для изготовления действующих образцов технологической оснастки для вагоностроительного и вагоноремонтного производства необходимо создание конечно-элементной модели сопряжения для дальнейшего исследования напряжённо-деформированного состояния посадки с учётом изменения входных параметров, таких как конусность и овальность.

Задачи исследования модели:

– получить зависимость величины фактического натяга в сопряжении от деформации наружного диаметра внутреннего кольца буксового подшипника от натяга при различных сочетаниях конусности и овальности по средним значениям для возможности сравнения с результатами эксперимента;

– установить влияние конусности и овальности кольца при «идеальной» шейке на величину фактического натяга в сопряжении.

#### Список литературы

1 Моя колея 1520 Сайт о ремонте и эксплуатации подвижного состава [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://мояколея1520.рф/new//2178/> – Дата доступа : 16.09.2017.

УДК 614.841:629.45

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*С. Н. ШАТИЛО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Обеспечение пожарной безопасности железнодорожного подвижного состава является одной из актуальных задач отрасли. Несмотря на постоянное совершенствование системы противопожарной защиты и имеющийся опыт в обеспечении пожарной безопасности железнодорожного подвижного состава, имеются и проблемы. Это связано с тем, что в вагоно- и локомотивостроении появляются новые материалы, предлагаются конструктивные решения, применяется более сложное электрооборудование, увеличилась энергоёмкость и мощность источников электрической энергии. Проблема пожарной безопасности тягового подвижного состава, электро- и дизель-поездов, пассажирских вагонов остается острой. Причины возникновения пожаров разнообразны. Так, в пассажирском подвижном составе они зачастую носят случайный характер, однако до 30 % пожаров являются следствием технической неисправности, включая неисправность электрооборудования. Чаще всего возгорание происходит в купейных и плацкартных вагонах (более 70 % всего парка пассажирских вагонов). Остается высокой степень повреждения пассажирских вагонов в результате пожаров, т.к. более 25 % поврежденных вагонов при этом исключаются из эксплуатации. При нормативных значениях вероятности пожара и риска для жизни человека по ГОСТ 12.004–91 для данных объектов

$1 \cdot 10^{-6}$  расчетные показатели по данным ОАО РЖД составляют, соответственно,  $4,5 \cdot 10^{-4}$  и  $5,7 \cdot 10^{-3}$ . Повышенная опасность пожаров в пассажирских вагонах обусловлена наличием потенциальных источников загорания, значительной пожарной нагрузкой и высокой населенностью вагонов. В замкнутом и ограниченном пространстве более интенсивно развиваются опасные факторы пожара: открытый огонь, повышенная температура, дым и токсичные продукты горения, снижение концентрации кислорода в воздухе, разрушение конструктивных элементов локомотивов и пассажирских вагонов.

Безопасность пассажиров при пожаре во многом зависит от скорости его развития, которая в коридорах может достичь 5 м/мин. В современном подвижном составе сосредоточена значительная пожарная нагрузка, что естественно повышает категорию объекта по взрывопожарной и пожарной опасности. Пожарная нагрузка в данном случае включает постоянную (горючие материалы конструкции и внутренней отделки) и переменную (багаж, постельные принадлежности и др.) составляющие. При пожарной нагрузке, включающей в себя различные сочетания (смесь) твердых горючих веществ и материалов в пределах пожароопасного участка, пожарная нагрузка  $Q$ , МДж, определяется из соотношения

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{ni}^p,$$

где  $G_i$  – количество  $i$ -го материала пожарной нагрузки, кг;  $Q_{ni}^p$  – низшая теплота сгорания  $i$ -го материала пожарной нагрузки, МДж·кг<sup>-1</sup>.

При известном значении  $Q$  удельная пожарная нагрузка  $q$ , МДж·кг<sup>-2</sup>, определяется из соотношения

$$q = \frac{Q}{S},$$

где  $S$  – площадь размещения пожарной нагрузки, м<sup>2</sup> (но не менее 10 м<sup>2</sup>).

Средняя суммарная пожарная нагрузка в современных пассажирских вагонах достигает 200 кг/м<sup>2</sup>. При этом основная ее доля приходится на древесину и древесные изделия (до 70 %), а остальная доля – на термогидроизоляцию, облицовку, обивку внутренних поверхностей и мебели. Материалы, входящие в постоянную пожарную нагрузку, как правило, характеризуются быстрым распространением пламени по поверхности, высокой дымообразующей способностью и токсичностью. Таким образом, приведенная выше характеристика объекта и пожаров, показывает, что уже на стадии проектирования и капитального ремонта должны приниматься соответствующие решения, направленные на снижение пожарной нагрузки, ограничение распространения пожара, его современное обнаружение, локализацию и тушение, безопасную эвакуацию пассажиров и обслуживание персонала.

В настоящее время для изготовления внутреннего оборудования пассажирских вагонов и отделки интерьера широко применяются пластиковые материалы, что создает определенные сложности в решении поставленных задач.

Процесс распространения пожара в подвижном составе, в частности, в пассажирских вагонах, можно разделить на две фазы. В начальной фазе пожар ограничивается объемом одного помещения или отсека (в пассажирских вагонах – это купе, служебное помещение или коридор). При этом горение распространения по поверхности стен, перегородок, т. е. имеет место линейное распространение пожара, которое характеризуется определенной скоростью. При температурах 300–400 °С горючие материалы уже способны поддерживать горение, происходит быстрое развитие пожара по всему внутреннему объему подвижного состава, т.е. наступает объемное распространение пожара. Поэтому при выборе отделочных и облицовочных материалов необходимо учитывать в первую очередь показатели их горючести, воспламеняемости и распространение пламени по поверхности.

Как показывает практика и результаты сертификационных испытаний, наиболее часто возникают проблемы с материалами, применяемыми для термоизоляции пассажирских вагонов, локомотивов и электропоездов и для напольных покрытий. Некоторые материалы не соответствуют нормативным требованиям по показателям горючести, индексу распространения пламени по поверхности, коэффициенту дымообразования и показателю токсичности продуктов горения. Несмотря на большое разнообразие новых материалов, многие из них не отвечают одновременно всем

нормируемым показателям пожарной опасности, особенно по коэффициенту дымообразования и показателю токсичности. При проектировании и постройке подвижного состава должны также предусматриваться меры по уменьшению пожарной опасности путем применения соответствующих объемно-планировочных и конструктивных решений.

УДК 629.4

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРАВМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРОВ ПРИ ОПРОКИДЫВАНИИ ВАГОНА НА БОКОВУЮ СТЕНУ

*С. Г. ШОРОХОВ, Д. Я. АНТИПИН, О. И. БОНДАРЕНКО*

*Брянский государственный технический университет, Российская Федерация*

Железные дороги России играют важную роль в транспортном комплексе страны, обеспечивая перевозку пассажиров на дальние расстояния в кратчайшие сроки. Конкурируя с автомобильным и авиационным транспортом, железные дороги имеют ряд преимуществ по скорости и обеспечению максимального комфорта для пассажиров. При этом все большее внимание уделяется безопасности перевозочного процесса: модернизируются существующие и вводятся в эксплуатацию новейшие технические средства регулирования движения, проектируется и изготавливается современный подвижной состав, развивается железнодорожная инфраструктура. Однако большое количество эксплуатируемого подвижного состава постройки 90-х годов XX века, не выработавшего свой ресурс, повышает риск возникновения аварийных ситуаций, в т.ч. связанных с продольными соударениями поездов с препятствиями. Данные ситуации могут приводить к опрокидыванию вагонов на боковую стену при сходе состава с рельсов, что сопровождается травмированием и гибелью пассажиров.

Для снижения тяжести получаемых пассажирами травм кузова всех пассажирских вагонов обладают минимальным уровнем механической безопасности, обеспечивая необходимую жесткость, препятствующую значительному деформированию кузовов. Для этого при проектировании кузовов вагонов учитывают минимально допустимые характеристики подкрепляющих элементов – стоек боковых и торцевых стен, дуг крыши. Однако в зависимости от характера развития аварии возможно разрушение несущей конструкции кузова вагона, особенно при условии его перекатывания по железнодорожной насыпи. В этом случае наблюдаются тяжелые травмы, получаемые пассажирами при соударении с элементами интерьера вагона.

Целью работы является моделирование аварийного опрокидывания кузова пассажирского вагона на боковую стену с использованием явного динамического анализа. Для решения данной задачи разработана пластинчатая конечно-элементная модель кузова пассажирского вагона модели 61-4440, состоящая из 48,7 тысяч элементов, объединенных в 63 тысячах узлах (рисунок 1). Для моделирования поверхности соударения создана твердотельная модель земляного полотна.

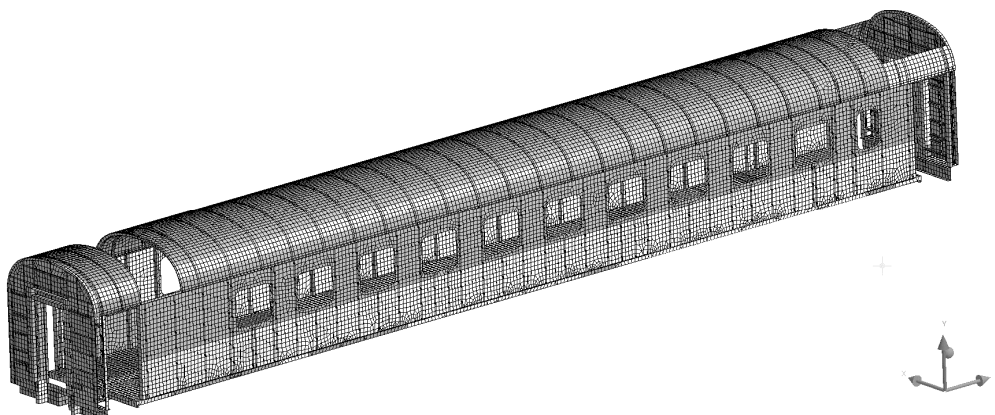


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель кузова пассажирского вагона

Для моделирования соударения пассажирского вагона с насыпью к конструкции кузова приложена эквивалентная сила, являющаяся результирующей всех внешних сил, действующих на кузов: скорость движения вагона и ускорений, возникающих в момент опрокидывания кузова.