

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.

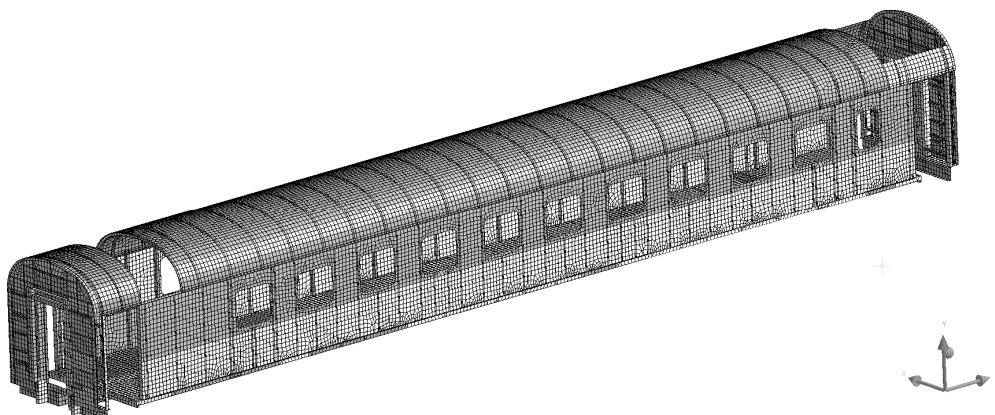


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель кузова пассажирского вагона

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.

Для оценки уровней возможного травмирования пассажиров и членов поездных бригад в аварийной ситуации модель кузова вагона дополнена компьютерными моделями антропометрических манекенов, моделирующих пассажиров. Неоднократно апробированные модели позволяют с высокой степенью достоверности оценить уровни возможного травмирования при различных сценариях развития аварийной ситуации [1–4].

Компьютерная модель антропометрического манекена представляет собой совокупность взаимосвязанных шарнирами абсолютно твердых тел, геометрические и инерциальные характеристики которых соответствуют аналогичным параметрам тела человека.

В результате моделирования получены значения динамических усилий, действующих на элементы несущей конструкции кузова вагона и манекена. Анализ полученных данных показывает, что при опрокидывании вагона пластическим деформациям подвергается вся боковая стена кузова. При этом наибольшие напряжения возникают в местах крепления обшивки стены с верхней обвязкой кузова, которые приводят к частичному разрушению кузова. По полученным усилиям проведен расчет универсальных критериев травмирования пассажиров, оценивающих тяжесть получаемых травм. Установлено, что при опрокидывании кузова пассажирского вагона на боковую стену наибольшие усилия воздействуют на голову и шею пассажира, что может привести к получению черепно-мозговых травм и травм шейного отдела позвоночника. При этом полученные значения критериев травмирования не превышают допустимые.

#### Список литературы

1 Антипин, Д.Я. Оценка безопасности локомотивной бригады электропоезда при продольном аварийном соударении с препятствием / Д.Я. Антипин, В.В. Кобищанов, С.Г. Шорохов // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – № 3. – С. 47–49.

2 Шорохов, С.Г. Анализ уровней черепно-мозговых травм пассажиров при аварийном соударении поезда с грузовым вагоном / С.Г. Шорохов, Д.Я. Антипин // Материалы IV Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2015». – М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. – С. 251–254.

3 Антипин, Д.Я. Применение моделей антропометрических манекенов для оценки безопасности пассажирского подвижного состава / Д.Я. Антипин, В.В. Кобищанов, С.Г. Шорохов // Наука и образование транспорту. – 2015. – № 1. – С. 6–9.

4 Use of anthropometric dummies of mathematical models in the safety and comfortableness analysis of a passenger rolling stock / V. Kobishchanov [etc.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering «International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2015, MEACS 2015». – 2016. – P. 012065.