

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

*С. Д. КОРШУНОВ, А. А. СМИРНОВ, Д. А. РОМАШОВ, Е. В. СОРОКИНА*  
*АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»), Российская Федерация*

В августе 2024 года Российские железные дороги представили новый медицинский поезд для обеспечения оказания профессиональной качественной медицинской помощи жителям труднодоступных регионов России. Планируется маршрут поезда по восьми субъектам страны: Забайкальский, Приморский и Хабаровский края, Республика Бурятия, Республика Саха (Якутия), Амурская, Иркутская и Еврейская автономная области. Современные специализированные вагоны медицинского поезда оснащены уникальными медицинскими приборами для проведения качественных функциональных и лабораторных исследований. Вагоны предназначены для перевозки медицинского и обслуживающего персонала по сети железных дорог ОАО «РЖД» колеи 1520 мм с тележками моделей 68-4065 и 68-4066, без ограничения расстояния со скоростями, допускаемыми «Правилами технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации» (утв. Приказом Минтранса России от 23 июня 2022 г. № 250). В состав поезда входят следующие вагоны:

- вагон-регистрация;
- вагон-ординаторская;
- вагон лучевой диагностики;
- вагон лабораторный;
- вагоны терапевтические;
- вагон функциональной диагностики;
- вагон хирургический;
- вагон штабной;
- вагон-душевая;
- вагоны пассажирские купейные со служебными помещениями;
- вагон-электростанция;
- вагон-ресторан.

Вагоны построены на базе серийных кузовов пассажирских вагонов ОАО «ТВЗ». Для оценки показателей безопасности новые специализированные вагоны прошли как расчетные, так и экспериментальные проверки прочности по программе предварительных испытаний и методике испытаний на прочность при соударениях, согласованной установленным порядком. Оценка показателей прочности вагонов проводилась на соответствие требованиям нормативных документов [1, 2]. В рамках постановки продукции на производство были проведены предварительные и приёмочные испытания вагонов. На первом этапе кузова вагонов были подвергнуты испытаниям на прочность при воздействии комплекса статических и динамических ударных нагрузок. При этом все нагрузки, действующие на вагоны при испытаниях, условно разделены на две составляющие: сосредоточенные нагрузки; и распределённые по элементам или площадям. В первую часть были включены нагрузки от внутреннего и подвагонного оборудования, кондиционеров, резервуаров для воды, ящиков высоковольтного оборудования, преобразователей напряжения, аккумуляторных боксов, входных дверей, сливного бака и т. п. Ко второй части нагрузок относятся нагрузки от веса пассажиров, распределённой в соответствии с их штатным размещением в вагоне, а также внутреннего и подвагонного оборудования вагона (потолки и т. п.). Все нагрузки приложены в соответствующих зонах кузова вагона согласно расчетам развесовки вагонов. Продольные нормативные нагрузки сжатия и растяжения с присоединенным моментом прикладывались к передним (растягивающая) или задним (сжимающая) упорам хребтовой балки.

В соответствии с требованиями нормативных документов выполнены прочностные расчёты металлоконструкций кузовов вагонов, подтвердившие достаточную прочность и жесткость кузовов. Затем были проведены комплексные испытания кузовов вагонов статическими и динамическими

ударными испытательными нагрузками в соответствии с требованиями [1–3], имитирующими эксплуатационные режимы.

Напряженно-деформируемое состояние несущих элементов кузовов при статических прочностных испытаниях и при соударениях определялось методом тензометрирования [4] с использованием усилителей Spider, многоканальной микропроцессорной тензометрической системы ММТС-64, тензометрических датчиков и регистрирующих устройств. Обработка полученных при испытаниях результатов проводилась согласно требованиям [4, 5].

Продольные нагрузки реализовывались в специальном стенде для прочностных статических испытаний вагонов и оборудованном гидравлической силовой системой и силоизмерительными устройствами. Вертикальные нагрузки тара и брутто создавались штатным пневматическим оборудованием стенда при соответствующем приложении распределенных нагрузок на пол рамы кузова вагона. При этом сосредоточенные нагрузки от веса оборудования вагона имитировались габаритно-весовыми макетами, установленными в штатных местах. При статических прочностных испытаниях кузов вагона подвергался воздействию следующих квазистатических нагрузок: продольным нагрузкам сжатия 1,0 и 2,5 МН, приложенным к задним упорам хребтовой балки; продольным нагрузкам растяжения 1,0 и 1,5 МН, приложенным к передним упорам хребтовой балки; вертикальной нагрузке брутто кузова, равной силе тяжести оборудованного экипированного кузова вагона с максимальной полезной нагрузкой с учетом веса металлоконструкции.

При прочностных испытаниях на соударения вагоны подвергались ударным продольным нагрузкам до 2,5 МН (250 тс). Испытания на соударение производились с использованием маневрового локомотива и вагона-бойка. Определялись напряжения в несущих элементах закрепленного оборудования (узлы креплений специального оборудования, пассажирские сидения, кресла, диваны, спальные и багажные полки, поручни, лестницы, подножки и т. п.) и элементах его крепления. Схемы расположения исследуемых сечений и зон установки тензодатчиков на кузове вагона разработаны с учетом результатов проведенных расчетов на прочность и опыта испытаний подобных конструкций. При разработке схем установки тензодатчиков особое внимание уделялось исследованию напряженного состояния основных несущих элементов рамы, зонам концентрации в углах вырезов и узлах соединения элементов, имеющих существенное различие геометрических соединений сечений. При испытаниях на соударения вагонов силами до 2,5 МН и ускорениями до 5g определены напряжения в несущих элементах металлоконструкции вагона, а также в узлах креплений внутреннего и подвагонного оборудования вагонов. Напряжения в несущих элементах вагонов при воздействии как статических, так и динамических ударных нагрузок в наиболее напряженных зонах не превышали допустимых значений. Анализ результатов расчетов и экспериментальных данных испытаний от различных видов нагружений выявил наиболее нагруженные зоны конструкции кузова с точки зрения прочности. В первую очередь, это относится к зонам сопряжения шкворневых и хребтовой балок рамы кузова в шкворневых зонах, а также зонам упорных угольников хребтовой балки.

Проведенный детальный анализ соотношения действующих в несущих элементах силовых факторов и напряжений позволил сформулировать вывод о соответствии несущей конструкции вагонов медицинского поезда требованиям прочности, а также удовлетворительной сходимости расчетных и экспериментальных показателей прочности при воздействии статических и динамических испытательных нагрузок.

#### Список литературы

- 1 Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ВНИИВ – ВНИИЖТ, 1983. – 260 с.
- 2 ГОСТ 34681–2020. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования». – Введ. 2021-03-01. – М. : Стандартинформ, 2020. – 41 с.
- 3 ГОСТ 33788–2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества : Введ. 2017-05-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 47 с.
- 4 Методика расчетно-экспериментальных исследований кузовов современного подвижного состава / С. Д. Коршунов [и др.] // Известия ПГУПС. – 2015. – № 4. – С. 38–47.
- 5 Создание экспериментальной и методической базы для оценки соответствия прочности отечественных кузовов пассажирских вагонов европейской нормативной базе / С. Д. Коршунов [и др.] // Вестник БГТУ. – 2021. – № 8 (105). – С. 67–76.