

$[n]$  – допускаемый коэффициент запаса сопротивления усталости,  $[n] = 2,0$  [2];  $m$  – показатель степени в уравнении кривой усталости;  $K$  – число циклов за 1 год эксплуатации;  $\sigma_{ai}^k$  – амплитуды динамических напряжений, приведённые к симметричному циклу, эквивалентные экспериментально полученным несимметричным для различных эксплуатационных нагрузок и их диапазонов;  $P_i^k$  – частота возникновения амплитуд при соответствующих напряжениях;

На основании расчетно-экспериментальной оценки долговечности по критерию усталостной прочности образца рамы тележки № 498-05 вагона метрополитена можно сделать заключение, что наиболее нагруженные зоны тележки, определенные по результатам расчетной оценки и ходовых испытаний, обеспечивают остаточную долговечность не менее 4 лет.

#### Список литературы

1 Прогнозирование остаточного ресурса тележек пассажирского вагона после длительной эксплуатации / П. М. Афанасьев [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения. – 2019. – Вып. 8. – С. 220–226.

2 **Пуято, А. В.** Расчетно-экспериментальная методика оценки остаточного ресурса металлоконструкции вагона дизель-электростанции после длительной эксплуатации / А. В. Пуято, Е. Н. Коновалов // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки. – 2014. – Вып. 8. – С. 173–178.

3 Нормы для проектирования, расчета и оценки прочности и динамики механической части вагонов метрополитена колеи 1520 мм / СТО СДС ОПЖТ. – М., 2010. – 120 с.

УДК 629.45

### АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ВАГОНОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭГЭ2Тв «ИВОЛГА-4.0» ПРИ СОУДАРЕНИЯХ

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

ОАО «Тверской вагоностроительный завод» (ОАО «ТВЗ») изготовил электропоезд типа ЭГЭ2Тв (Электропоезд городской экспресс, 2-й тип, Тверской) постоянного тока напряжения 3 кВ, с коммерческим названием «Иволга-4.0». Поезд предназначен для перевозки пассажиров со скоростями до 160 км/ч и эксплуатации на путях Московского железнодорожного узла. Проект по разработке и постановке на производство нового электропоезда выполнен совместно с обособленным подразделением ООО «ТМХ Инжиниринг» г. Санкт-Петербург.

Создание нового железнодорожного подвижного состава продиктовано необходимостью повышения экономической эффективности пассажирских перевозок внутригородским электрифицированным рельсовым транспортом, а также обеспечения современного уровня комфорта перевозки пассажиров.

Электропоезд состоит из следующих моделей вагонов: головного модели 62-4557, моторного модели 62-4560, немоторного с оборудованием модели 62-4558 и немоторного без оборудования модели 62-4559. В зависимости от участка эксплуатации составность электропоезда может варьироваться. Отличительными особенностями новой модели в сравнении с рядом аналогов является установка дополнительных дверей для пассажиров (три уширенных дверных проема с каждой стороны вагона), с учетом результатов расчетов, испытаний и опыта эксплуатации подобных электропоездов; использование пневмоподвешивания, способствующего как более высокой плавности хода, так и стабильному уровню сцепления вагонов.

Кузова вагонов имеют существенные конструктивные отличия от серийных пассажирских вагонов: не имеют хребтовой балки в средней части, в боковых стенах в каждом вагоне предусмотрены по три уширенных дверных проема с каждой стороны, ширина кузова – 3,5 м вместо 3,105 м, как у пассажирских вагонов локомотивной тяги. Вагоны имеют повышенную вместимость и большое количество дополняющего комфорт пассажиров оборудования. С учетом требований активного образа жизни вагоны оборудованы устройствами велопарковки. В связи с изложенным требования к габаритно-весовым параметрам кузовов и их несущей способности приобретают первостепенное значение [1–4].

В связи с установкой в вагоны дополнительных дверей для пассажиров, конструкцией силопередающих элементов металлоконструкции кузовов, а также другими отличительными особенностями от эксплуатируемых в настоящее время электропоездов, необходимо провести исследования на соответствие их требованиям безопасности на железнодорожном транспорте. Все модели вагонов электропоезда последовательно подвергались предварительным, приёмочным и сертификационным испытаниям, большинство из которых проведены аккредитованным испытательным центром АО НО «ТИВ». Общий объем испытаний включает в себя:

- прочностные статические испытания металлоконструкций кузовов вагонов при воздействии нормативных квазистатических нагрузок;
- прочностные испытания на соударения нормативными нагрузками;
- определение собственных частот вертикальных изгибных колебаний кузовов вагонов при максимальной нагрузке;
- определение развесовки вагонов при поколесном взвешивании;
- ходовые прочностные и динамические испытания;
- ходовые и стационарные тормозные испытания; электротехнические, климатические испытания и другие виды испытаний вагонов.

Экспериментальная оценка показателей прочности проведена специалистами АО НО «ТИВ» при предварительных прочностных статических испытаниях металлоконструкций кузовов вагонов, а также при испытаниях на соударения.

Основная задача заключалась в реализации испытательных нагрузок на кузова вагонов электропоезда, предусмотренные нормативами. На первом этапе для экспериментальной оценки прочности металлоконструкции кузовов вагонов были разработаны схемы расстановки тензорезисторов и приспособления для реализации нагружений [1–4]. Выбор зон исследования основан на анализе конструкторской документации и результатов прочностных расчетов от действия нормативных нагрузок. На основании полученных результатов прочностных статических испытаний и соударений вагонов нормативными нагрузками фактические значения экспериментальных напряжений в металлоконструкции кузова как по отдельным испытательным нагрузкам, так и по их сочетаниям по расчетным режимам не превышали допускаемых значений. Проведенные испытания на соударения нормативными нагрузками показали достаточную прочность несущих конструкций кузовов вагонов и креплений внутреннего и внешнего оборудования вагонов.



Рисунок 1 – Испытания на соударения

По нормативным требованиям первая собственная частота изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости при наибольшей расчетной населенности вагона и в порожнем состоянии должна быть соответственно не ниже 8 и 10 Гц с целью обеспечения нормативных требований к плавности хода. Экспериментально определённые значения первой собственной частоты изгибных колебаний кузовов головного, моторного и немоторных вагонов соответствуют нормативным значениям. Ходовые испытания вагонов поезда с целью определения ходовых качеств вагонов электропоезда ЭГЭ2ТВ проводились на магистральных путях Белореченского скоростного испытательного полигона АО «ВНИИЖТ».

Проведенные экспериментальные исследования показали, что по основным показателям прочности, полученным по результатам соударений и прочностных статических испытаний, вагоны электропоезда ЭГЭ2Тв модели 62-4556 «Иволга-4.0» соответствуют нормативным требованиям.

#### Список литературы

1 Скачков, А. Н. Расчетно-экспериментальная оценка прочностных и динамических качеств вагонов электропоезда «Иволга» / А. Н. Скачков, С. Л. Самошкин, С. Д. Коршунов // Труды РГУПС. – 2020. – № 1 (50). – С. 92–100.

2 Скачков, А. Н. Исследование прочности кузовов вагонов электропоезда нового поколения / А. Н. Скачков, С. Л. Самошкин, С. Д. Коршунов // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17, № 1. – С. 70–85.

3 Прочностные статические испытания и оценка прочности металлоконструкции кузова вагона электропоезда нового поколения / С. Д. Коршунов [и др.] // Подвижной состав XXI века: Идеи. Требования. Проекты : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. – СПб. : ПГУПС, 2018. – С. 90–95.

4 Методика расчетно-экспериментальных исследований кузовов современного подвижного состава / С. Д. Коршунов [и др.] // Известия ПГУПС. – 2016. – № 4. – С. 38–47

УДК 629.454

### ОТРАБОТКА НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КУЗОВА ДВУХЭТАЖНОГО ВАГОНА НОВОЙ МОДИФИКАЦИИ ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЯХ НА ПРОЧНОСТЬ

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

Опытный образец новой модификации двухэтажного пассажирского вагона модели 61-4465 исполнения 08 с перспективой серийного выпуска в ближайшие годы изготовлен ОАО «Тверской вагоностроительный завод» (ОАО «ТВЗ»). Отличительная особенность металлоконструкции базового кузова вагона (в сравнении с серийно выпускаемыми) – замена профиля зарубежного производства на отечественный, в частности, применение стандартных профилей 14П в нижней обвязке рамы и 20П ГОСТ 8240 из отечественных сталей в подоконной зоне первого этажа. Также изменен профиль верхней обвязки в зоне соединения боковых стен с крышей кузова. Кроме того, на вагоне планируется установить новую тормозную систему отечественного производства, которая представлена российскими производителями – компаниями «Транспневматика» и «Технопроект» – и призвана заменить оборудование немецких компаний.

Кузов представляет собой несущую цельнометаллическую сварную оболочку с вырезами для окон, дверей и люков, подкрепленную продольными и поперечными элементами жесткости. Металлоконструкция рамы кузова вагона состоит из продольных и поперечных балок (хребтовая балка на консольных частях и в переходной зоне, боковые продольные балки, шкворневые балки, поперечные балки). Хребтовая балка в консольных частях выполнена из двух швеллеров № 30В, в переходной зоне имеет коробчатое сечение из листового проката. Шкворневые балки переменного коробчатого сечения. Для постепенного включения в работу боковых продольных балок, пола и оболочки кузова за шкворневой балкой как продолжение хребтовой балки установлена система балок и раскосов, распределяющая силовой поток от продольных нагрузок. Для лучшей передачи продольной нагрузки листы настила пола в средней части рамы выполнены со сплошной гофрировкой и подкреплены рядом поперечных балок. Металлоконструкция пола второго этажа состоит из набора поперечных балок коробчатого сечения (межэтажные перекрытия), опирающихся на кронштейны, которые установлены на продольном профиле боковой стены, имеющем в зоне установки кронштейнов коробчатое сечение. Боковые стены являются несущими элементами кузова и представляют собой конструкцию, в которой наружная плоская обшивка подкреплена перфорированными продольными и поперечными элементами жесткости. Стойки и раскосы переходной зоны металлоконструкции кузова вагона выполнены из специального профиля. Крыша кузова изготовлена из гофрированного листа, подкрепленного дугами Z-образной формы и продольными элементами жесткости. Для несущих элементов рамы кузова использована низколегированная сталь 09Г2С и её аналоги, для обшивки и каркаса кузова – коррозионно-инертная сталь [1].

Для постановки продукции на производство вагон должен пройти целый ряд испытаний (сертификационных, приёмочных, типовых, предварительных), основной объем которых выполняет аккредитованный испытательный центр Тверского института вагоностроения. Он обеспечивает как испытания, так и расчеты на прочность и устойчивость кузовов, а также наиболее ответственных узлов вагонов в