

УДК 629.45

*С. Д. Коршунов, Д. И. Гончаров, А. А. Смирнов, Д. А. Ромашов, Е. В. Сорокина***ДИНАМИКО-ПРОЧНОСТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНА-ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ¹**

Аннотация. Для определения фактических эксплуатационных показателей проведены динамико-прочностные испытания служебно-технического вагона-электростанции. По результатам комплексных испытаний дана оценка несущей способности металлоконструкции кузова вагона, при воздействии нормативных нагрузок: сжатия, растяжения, вертикальных нагрузок тара и брутто, а также нагрузок, возникающих при ремонтах и техническом обслуживании вагона. Проведены испытания вагона на соударения силой до 2,5 МН, а также соударения и ходовые динамико-прочностные испытания на испытательном полигоне.

Ключевые слова: специализированные вагоны, прочность, динамико-прочностные испытания.

Для цитирования: Коршунов, С. Д. Динамико-прочностные испытания и особенности оценки прочности несущей конструкции вагона-электростанции / С. Д. Коршунов, Д. И. Гончаров, А. А. Смирнов, Д. А. Ромашов, Е. В. Сорокина // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1. – С. 26–30.

Служебно-технические вагоны-электростанции, сконструировали и изготовили на Тверском вагоностроительном заводе. Вагон-электростанция предназначена для эксплуатации в составе пассажирских поездов на электрифицированных и неэлектрифицированных участках железных дорог с шириной железнодорожной колеи 1520 мм. Основное назначение вагона состоит в выработке электроэнергии в автономном режиме работы или при движении вагона в составе поезда.

Для определения фактических эксплуатационных показателей несущей способности проведены расчеты на прочность металлоконструкции кузова вагона, а также прочностные статические и ходовые прочностные и динамические испытания [1, 2], электротехнические испытания, контроль массы тары вагона (поколесное взвешивание), собственная частота кузова, соударения, испытания на соответствие строительному очертанию габарита опытного образца служебно-технического вагона-электростанции. Реализован полный комплекс нормативных нагрузок, действующих в эксплуатации на металлоконструкцию кузова вагона, и предусмотренных нормативными документами [3] с учётом требований программы и методики предварительных испытаний вагона-электростанции и основных положений ГОСТ 34093-2017 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования к прочности и динамическим качествам».

Для оценки прочности кузова при квазистатических нагружениях АО НО «ТИВ» применяет собственный стенд для прочностных испытаний железнодорожного подвижного состава. Стенд позволяет реализовать все нормативные нагрузки: продольные нагрузки растяжения до 2,5 МН и сжатия до 3,5 МН, приложенные к передним и задним упорам хребтовой балки рамы кузова; вертикальные нагрузки тара и брутто, имитирующие как собственный вес вагона, так и полезную нагрузку на вагон, а также комплекс нагрузок, возникающих при ремонтах и техническом обслуживании вагона в депо. Методики испытаний разработаны и подробно описаны [4–6], апробированы и верифицированы при испытаниях

¹Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам 15-й юбилейной Международной научно-практической конференции «Перспективы развития локомотиво-, вагоностроения и технологии обслуживания подвижного состава».

пассажирских и специальных вагонов.

Металлоконструкция кузова типа несущей замкнутой оболочки, выполненной из набора продольных и поперечных элементов жесткости, связанных гофрированной обшивкой.

Рама кузова вагона включает в себя хребтовую балку, продольные боковые, шкворневые, поперечные и концевые балки. Хребтовая балка в средней части изготовлена из двутавра 30Б2 СТО АСЧМ 20-3, по консольным и пролетным частям – из двух швеллеров 30В. Материал профиля – сталь 09Г2С ГОСТ 19281-2014. Шкворневые балки рамы выполнены из листовой стали Б-ПН-0-6 толщиной 6 мм, сталь 09Г2С ГОСТ 19281-2014. Боковая обвязка рамы выполнена из уголка 100х100х8 ГОСТ 8509-93. Материал профиля – сталь 09Г2С ГОСТ 19281-2014. Поперечные балки рамы выполнены из стали 09Г2С

ГОСТ 19281-2014. Боковые стены кузова состоят из каркаса, образованного стойками, обвязками, стрингерами и обшивки с вырезами для дверей, окон и вентиляционных решёток. Стойки тамбурной двери выполнены из стали 09Г2С ГОСТ 19281-2014. Крыша имеет рамную конструкцию с вырезами для люков, вентиляционных устройств, кондиционера и другого оборудования. На крыше установлены выхлопные трубы (глушители) дизельэлектродвигателей. Гофрированные листы, дуги и скаты крыши, а также обшива и стойки боковых стен выполнены из стали EN 10088-2-X6CrNiTi18-10+2b. По своим механическим свойствам эта сталь соответствует коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т ГОСТ 5582-75. Под вагоном размещено специальное подвагонное оборудование, включая аккумуляторные боксы, установки электрооборудования, баки для хранения топлива для дизельэлектродвигателей. Внутреннее оборудование вагона обусловлено её назначением, и включает в себя как служебные помещения для размещения обслуживающего персонала, так и помещения для размещения дизельэлектродвигателей.

Основные расчетные данные вагона:

- масса брутто вагона, т	72,0
- масса тара вагона, т	71,0
- длина вагона по осям сцепления автосцепок, м	25,5
- ширина кузова по наружной обшивке, м	3,1
- база вагона, м	17,0
- поглощающий аппарат	тип Р-5П
- автосцепка	СА-3
- конструкционная скорость, км/ч	160
- габарит по ГОСТ 9238	1-ВМ
- тележки модели	68-4095 68-4096

Общий вид кузова вагона в стенде для прочностных статических испытаний показан на рисунке 1.

Методика испытаний кузова вагона предусматривает следующую последовательность работ: металлоконструкция кузова монтируется в стенд; по рабочей ПМ проводится разметка и зачистка мест для тензодатчиков и их адресация, выполняется обезжиривание, наклейка тензодатчиков согласно [3]. Проводится сборка, наладка и тарировки измерительных каналов на балке равного сопротивления изгибу. На кузове выполняется установка приспособлений для обеспечения продольных, вертикальных, ремонтных испытательных нагрузок. Основные зоны контроля напряжений в кузове располагаются в том числе как на несущих элементах рамы, боковых стен, крыши, так и на элементах креплений подвагонного и внутривагонного оборудования. Пример схемы установки тензорезисторов на основных несущих элементах вагона-электростанции показаны на рисунке 2. Как правило, проводятся обжатия металлоконструкции кузова вагона

ступенчатыми испытательными контрольными нагрузками. По показаниям определяется линейность напряжений и отсутствие остаточных деформаций в металлоконструкции кузова. Измерительные приборы были поверены в установленном порядке, стенд - аттестован. Каждый вид нагрузок повторялся при испытаниях не менее трех раз. Вертикальные нагружения (тара и брутто) кузова вагона прикладывались с учетом массы металлоконструкции кузова. До испытаний кузов взвешивался на весоизмерительных датчиках. Напряжения (напряженно-деформированное состояние) определялись методом тензометрии с помощью отечественной микропроцессорной многоканальной тензометрической системы (производства СибНИИА), поверенной в установленном порядке. Регистрация данных, обработка и анализ полученных результатов проводился на персональном компьютере, с использованием собственного программного обеспечения.



Рис. 1. Металлоконструкция кузова вагона-электростанции в стенде

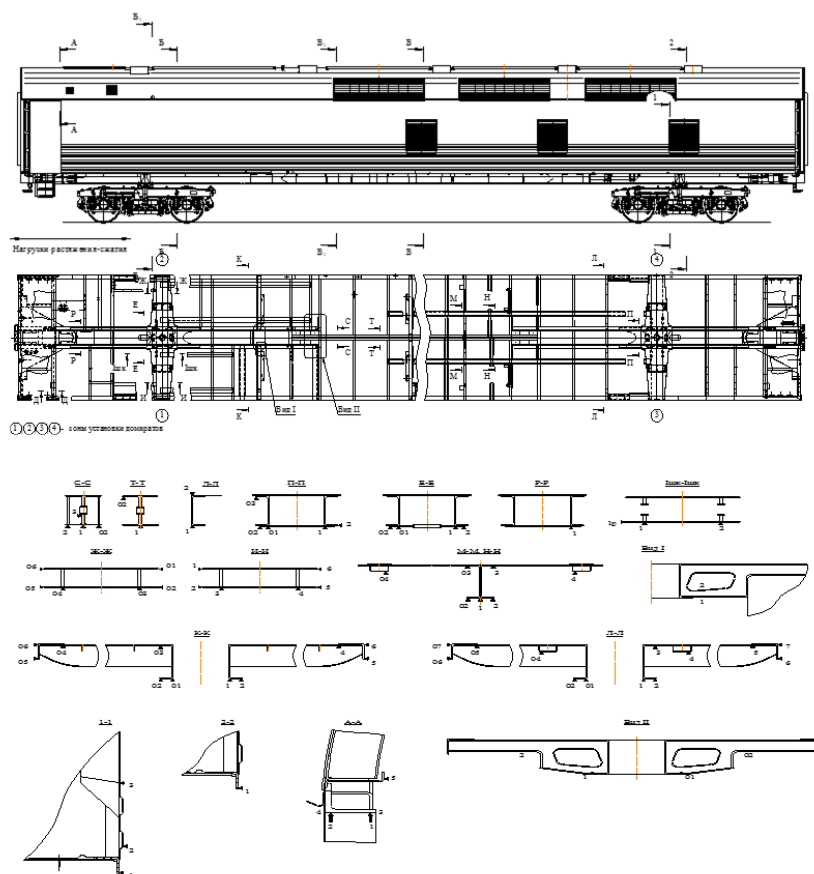


Рис. 2. Пример схемы установки тензометрических датчиков при динамико-прочностных испытаниях металлоконструкции кузова вагона

Напряжения в кузове по расчетным режимам нагружения определялись по таблице 6.1 ГОСТ 34093. Вертикальные нагружения кузова выполнялись с помощью штатных пневматических устройств стенда. Преимущество данной реализации приложения вертикальной нагрузки, по сравнению с нагружениями мерным грузом по площади пола, заключается в существенном уменьшении трудозатрат на монтаж и простоту использования. Нагрузки могут сколь угодно многократно повторяться при любом сочетании ступеней $0 - 0,25N - 0,5N - 0,75N - 1,0N - 0$, что важно для подтверждения статистической достоверности результатов. Необходимо отметить, что дискретные нагрузки от пневматических цилиндров по длине кузова учитывали, как фактическое распределение расчетной эксплуатационной нагрузки, так и особенности распределения вертикальной нагрузки при эксперименте и в эксплуатации.

Результаты прочностных статических испытаний кузова, соударений вагона ударными нагрузками до 2,5 МН, а также ходовых динамико-прочностных испытаний соответствуют нормативным. Оценка прочности проводилась на основании сравнения фактических значений показателей с допускаемыми значениями, при максимальных испытательных нагрузках и скоростях движения. Подтверждено отсутствие потери устойчивости основных несущих элементов кузова.

На основании анализа полученного массива при испытаниях результатов можно сделать вывод об отсутствии превышения допускаемых напряжений и, таким образом, можно сделать заключение о соответствии вагона нормативным требованиям прочности. Верификация расчетных показателей и фактических, полученных экспериментально, показало удовлетворительную сходимость результатов. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о адекватности разработанных расчетных моделей и принятых методик испытаний вагонов, которые можно распространить для использования при испытаниях других моделей специальных и пассажирских вагонов.

Библиографический список

1. **Яицков, И. А.** Повышение эффективности торможения локомотивов: специальность 05.22.07 "Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Яицков Иван Анатольевич. – Ростов-на-Дону, 2003. – 233 с. – EDN NMKGOL.
2. **Яицков, И. А.** Влияние жесткости элементов тормозных колодок на динамические нагрузки при торможении / И. А. Яицков, П. А. Поляков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1(85). – С. 36-45. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_1_36. – EDN TCGLXZ.
3. **Коршунов, С. Д.** Методика расчетно-экспериментальных исследований кузовов современного подвижного состава / С. Д. Коршунов, А. Н. Скачков, С. Л. Самошкин, Д. И. Гончаров, А. С. Жуков // Известия ПГУПС. – 2015. – № 4. – С. 38–47.
4. **Коршунов, С. Д.** Создание экспериментальной и методической базы для оценки соответствия прочности отечественных кузовов пассажирских вагонов европейской нормативной базе/ С. Д. Коршунов, А. Н. Скачков, С. Л. Самошкин, А. А. Смирнов, Д. И. Гончаров. // Вестник БГТУ. – 2021. – №8 (105). – С. 67–76.
5. **Коршунов, С. Д.** Комплексные испытания, оценка несущей способности и остаточного ресурса специализированного пассажирского вагона. / Коршунов С. Д., Ворон О. А. // Вестник РГУПС. – 2014. – № 1. – С. 8–12.
6. **Коршунов, С. Д.** Разработка методики испытаний и оценки прочности кузовов железнодорожного подвижного состава по европейским нормативам. / Коршунов С. Д., Смирнов А. А. // Труды РГУПС. – 2022. – № 1(58). – С. 43–49.

S. D. Korshunov, D. I. Goncharov, A. A. Smirnov, D. A. Romashov, E. V. Sorokina

DYNAMIC STRENGTH TESTS AND FEATURES OF ASSESSING THE STRENGTH OF THE LOAD-BEARING STRUCTURE OF THE POWER CAR

Abstract. To determine the actual operational indicators, dynamic strength tests of the service and technical car-power plant were carried out. According to the results of complex tests, the load-bearing capacity of the metal structure of the car body is assessed under the influence of regulatory loads: compression, stretching, vertical loads of containers and gross, as well as loads arising during repairs and maintenance of the car. Tests were carried out for collisions with a force of up to 2,5 MH, as well as running dynamic strength tests at the test site.

Keywords: specialized wagons, power, dynamic strength tests.

For citation: Korshunov, S. D. Dynamic strength tests and features of assessing the strength of the load-bearing structure of the power car / S. D. Korshunov, D. I. Goncharov, A. A. Smirnov, D. A. Romashov, E. A. Sorokina // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. – 2024. – № 1. – P. 26–30.

Сведения об авторах

Коршунов Сергей Дмитриевич

АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»), кандидат технических наук, главный специалист, e-mail: korshunov.s@tiv.ru

Гончаров Дмитрий Игоревич

АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»), кандидат технических наук, начальник отдела, e-mail: goncharov.d@tiv.ru

Смирнов Александр Андреевич

АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»), инженер первой категории, e-mail: smirnov.a@tiv.ru

Ромашов Дмитрий Александрович

АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»), инженер первой категории, e-mail: romashov.d@tiv.ru

Сорокина Елена Викторовна

АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»), ведущий инженер, e-mail: sorokina.e@tiv.ru

Information about the authors

Korshunov Sergey Dmitrievich

JSC SO «Tver Institute of Car Building», Candidate of Technical Sciences, Chief Specialist, e-mail: korshunov.s@tiv.ru

Goncharov Dmitry Igorevich

JSC SO «Tver Institute of Car Building», Candidate of Technical Sciences, Head of the Department e-mail: goncharov.d@tiv.ru

Smirnov Alexander Andreevich

JSC SO «Tver Institute of Car Building», Engineer of the First Category, e-mail: smirnov.a@tiv.ru

Romashov Dmitry Alexandrovich

JSC SO «Tver Institute of Car Building», Engineer of the First Category, e-mail: romashov.d@tiv.ru

Sorokina Elena Viktorovna

JSC SO «Tver Institute of Car Building», Lead Engineer, e-mail: sorokina.e@tiv.ru