

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 629.454

doi: 10.30987/2782-5957-2023-8-49-59

## РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ПАССАЖИРСКОГО ЭКСКУРСИОННОГО ОБЗОРНОГО ВАГОНА МОДЕЛИ 61-941

Сергей Дмитриевич Коршунов<sup>1✉</sup>, Александр Андреевич Смирнов<sup>2</sup>, Никита Павлович Бардов<sup>3</sup>, Дмитрий Владимирович Семенов<sup>4</sup>, Алексей Петрович Болдырев<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup> АО НО «Тверской институт вагоностроения», Тверь, Россия

<sup>4</sup> Проектно-конструкторско-технологическое бюро пассажирского транспорта ОАО «РЖД», Москва, Россия

<sup>5</sup> Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

<sup>1</sup> korshunov.s@tiv.ru

<sup>2</sup> smirnov.a@tiv.ru

<sup>3</sup> bardov.n@tiv.ru

<sup>4</sup> semenovdv@cender.rzd.ru

<sup>5</sup> apb.tubryansk@gmail.com

### Аннотация

Выполнена расчетно-экспериментальная оценка прочности несущей металлоконструкции кузова экскурсионного обзорного вагона пассажирского модели 61-941. Вагон создан для туристических и экскурсионных пассажирских поездов. Проект создан на базе серийного пассажирского вагона модели 61-4179 в рамках капитально-восстановительного ремонта (КВР) Тамбовским вагоноремонтным заводом ОАО «ВРМ». В соответствии с проектом и техническими условиями был существенно модернизирован кузов базового вагона, применены новые планировочные решения для внутреннего оборудования вагона, усилена рама кузова вагона. Для оценки соответствия вагона экскурсионного обзорного модели 61-941 норма-

тивным требованиям проведен комплекс теоретических исследований с использованием метода конечных элементов. Оценена прочность и устойчивость металлоконструкции кузова. На втором этапе проведены натурные испытания вагона в статической постановки и динамической при продольных соударениях. Дополнительное внимание уделено узлам крепления пассажирских кресел к элементам кузова вагона. Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований указал на их удовлетворительное совпадение и соответствие требованиям нормативных документов, предъявляемым к кузовам пассажирских вагонов.

**Ключевые слова:** вагон, расчёты, исследования, прочность, результаты, требования.

Ссылка для цитирования:

Коршунов С.Д. Расчетно-экспериментальная оценка прочности пассажирского экскурсионного обзорного вагона модели 61-941/ С.Д. Коршунов, А.А. Смирнов, Н.П. Бардов, Д.В. Семенов, А.П. Болдырев // Транспортное машиностроение. – 2023. - № 08. – С. 49-59. doi: 10.30987/2782-5957-2023-8-49-59.

Original article

Open Access Article

## EXPERIMENT-CALCULATED EVALUATION OF THE STRENGTH OF A PASSENGER OBSERVATION CAR MODEL 61-941

Sergey Dmitrievich Korshunov<sup>1✉</sup>, Aleksandr Andreevich Smirnov<sup>2</sup>, Nikita Pavlovich Bardov<sup>3</sup>, Dmitry Vladimirovich Semenov<sup>4</sup>, Aleksey Petrovich Boldyrev<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup> Tver Institute of Railway Car Building, Tver, Russia

<sup>4</sup> Design and Engineering Department of Passenger Transport of Russian Railways, Moscow, Russia

<sup>5</sup> Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

<sup>1</sup> korshunov.s@tiv.ru

<sup>2</sup> smirnov.a@tiv.ru

<sup>3</sup> bardov.n@tiv.ru

<sup>4</sup> semenovdv@cender.rzd.ru

<sup>5</sup> apb.tubryansk@gmail.com

## Abstract

Experiment-calculated evaluation of the strength of the load-bearing body metal structure of a passenger observation car model 61-941 is done. The car is designed for tourist and sightseeing passenger trips. The project is created on the basis of a serial passenger car model 61-4179 as part of the capital repairs by Tambov Railway Car Repair Plant VRM. In accordance with the design and engineering specification, the body of the base car was significantly modernized, new planning solutions were applied for the internal equipment of the car, the frame of the car body was strengthened. Some theoretical studies using the finite element method were carried out to assess the compli-

ance of the observation car model 61-941 with regulatory requirements. The strength and stability of the body metal structure is evaluated. At the second stage, full-scale tests of the car were carried out in static and dynamic conditions with longitudinal collisions. Additional attention is paid to the attachment points of passenger seats to the elements of the car body. The analysis of the results of theoretical and experimental studies shows their satisfactory compliance with the requirements of regulatory documents required for passenger car bodies.

**Keywords:** car, calculations, research, strength, results, requirements.

## Reference for citing:

Korshunov SD, Smirnov AA, Bardov NP, Semenov DV, Boldyrev AP. Experiment-calculated evaluation of the strength of a passenger observation car model 61-941. *Transport Engineering*. 2023;8: 49-59. doi: 10.30987/2782-5957-2023-8-49-59.

## Введение

В настоящее время с целью расширения транспортного обеспечения внутреннего туризма ОАО «РЖД» проводит системную работу по развитию новых маршрутов с привлечением пассажирского же-

лезнодорожного транспорта [1]. Перспективным проектом в этом направлении является создание ретропоезда «Рускеальский экспресс».

## Объект расчетно-экспериментальных исследований

Для повышения привлекательности ретропоезда Тамбовским вагоноремонтным заводом акционерного общества «Вагонремаш» в рамках проведения капитально-восстановительного ремонта серийного пассажирского вагона модели 61-4179 по проекту Проектно-конструкторско-технологическое бюро пассажирского комплекса ОАО «РЖД» (ПКТБ Л ОАО «РЖД») был изготовлен экскурсионный обзорный пассажирский вагон модели 61-941 (сцеп) [2, 3].

Вагон отличается оригинальной конструкцией, стилизованной под старинные вагоны Царскосельской железной дороги и предназначен для эксплуатации на сети железных дорог преимущественно в летний период времени в составах туристических поездов, в том числе на паровозной тяге. Кузов вагона выполнен как сварная цельнометаллическая несущая конструкция с вырезами для дверей и обзорных зон. Обшивка нижнего пояса выполнена из листов с гофрировкой, шаг гофр составляет 250 мм. Средний и верхний пояс боковых стен выполнен без обшивки и представляет собой открытую обзорную зону, сило-

вой каркас которой изготовлен из вертикальных арочных стоек с наличием кованых декоративных элементов. Скаты крыши выполнены из гладкого листа с радиусом 470 мм, средняя часть крыши из гофрированных листов. Рама кузова вагона сварная и включает в себя хребтовую балку, продольные боковые (нижние обвязки), шкворневые, поперечные и концевые балки. Несущая металлоконструкция кузова вагона изготовлена из стали 09Г2С ГОСТ 19281. Основные технические параметры вагона приведены в табл. 1.

В процессе модернизации на вагоне проведены доработки, включающие в себя:

- введение балки таврового сечения, привариваемой снизу к хребтовой балке, подкрепленной поперечными ребрами в одной плоскости с существующими ребрами хребтовой балки;

- введение дополнительных продольных и поперечных балок в зоне выреза для входных площадок в средней части рамы из швеллера № 10У и профиля 100×100×8 мм;

- замена гофрированного листа пола в зоне выреза для входных площадок в

средней части рамы на гладкий лист толщиной 4 мм;  
 – введение обрамления выреза в зонах входных площадок в средней части

рамы из швеллера № 10У с поперечными балками, приваренными к хребтовой балке;

Основные технические параметры вагона

Таблица 1

Table 1

Main technical parameters of the wagon

Параметр	Характеристика
Габарит по ГОСТ 9238	1-ВМ
Длина вагона по осям сцепления автосцепок, мм	24537 (+20; -20)
Ширина вагона наружная, мм	3105 (+3; -12)
Высота оси автосцепки от уровня верха головок рельсов, мм	1060 (+20; -20)
База вагона, мм	17000
Конструкционная скорость, км/ч	До 120
Эксплуатационная скорость, км/ч	До 40
Статическая нагрузка от колесной пары на рельс, не более, тс	18,0
Масса тары с полной экипировкой, не более, т	50
Тип автосцепного устройства	СА-3
Поглощающий аппарат	Р-5П
Тип буфера	Тяжелый

– арочные стойки из профиля 100×100×8 мм привариваются к боковой балке рамы снизу и продольной обвязке крыши сверху;

– введение продольной балки из швеллера № 10У в верхней части среднего пояса боковин;

– введение скругленных подкосов коробчатого сечения в зонах соединения арочных стоек с продольной балкой среднего пояса;

– введение арочных балок из профиля 100×100×8 мм, приваренных к стойкам

и обвязке крыши сварными швами с площадью сопоставимой с площадью поперечного сечения профиля;

– введение под обвязкой крыши профиля коробчатого сечения 100×100×6 мм;

– введение дополнительных дуг в люках крыши.

На первом этапе работы ПКТБ Л ОАО «РЖД» были проведены расчеты на прочность [3] от воздействия нормативных нагрузок, с учетом конструктивных особенностей металлоконструкции кузова вагона, о которых рассказано выше.

### Расчет на прочность конструкции кузова вагона

Прочностные расчеты кузова вагона производились методом конечных элементов (МКЭ). При создании расчётной схемы кузова с использованием проектно-вычислительного комплекса ANSYS за основу были приняты исходные данные согласно конструкторской документации кузова. Расчетная модель представляет собой пространственную систему, состоящую из стержневых и плоских конечных элементов оболочечного типа. Общий вид расчётной модели кузова представлен на рис. 1.

Для определения напряженно-деформированного состояния кузова статическая нагрузка прикладывалась в сочетаниях, приведенных в п. 6.4 ГОСТ 34093-2017 [4] для двух основных расчетных режимов I и III. Сочетание нагрузок по режиму I учитывает собственный вес кузова вагона (брутто), продольные квазистатические силы сжатия (растяжения)  $N = 2,5$  МН.

Сочетание нагрузок по режиму III учитывает собственный вес кузова (брутто) с учетом вертикальной динамики, про-

дольные квазистатические силы сжатия (растяжения)  $N = \pm 1$  МН и боковые силы, которые учитываются путем увеличения

вертикальных нагрузок от силы тяжести кузова и оборудования на 12,5 %.

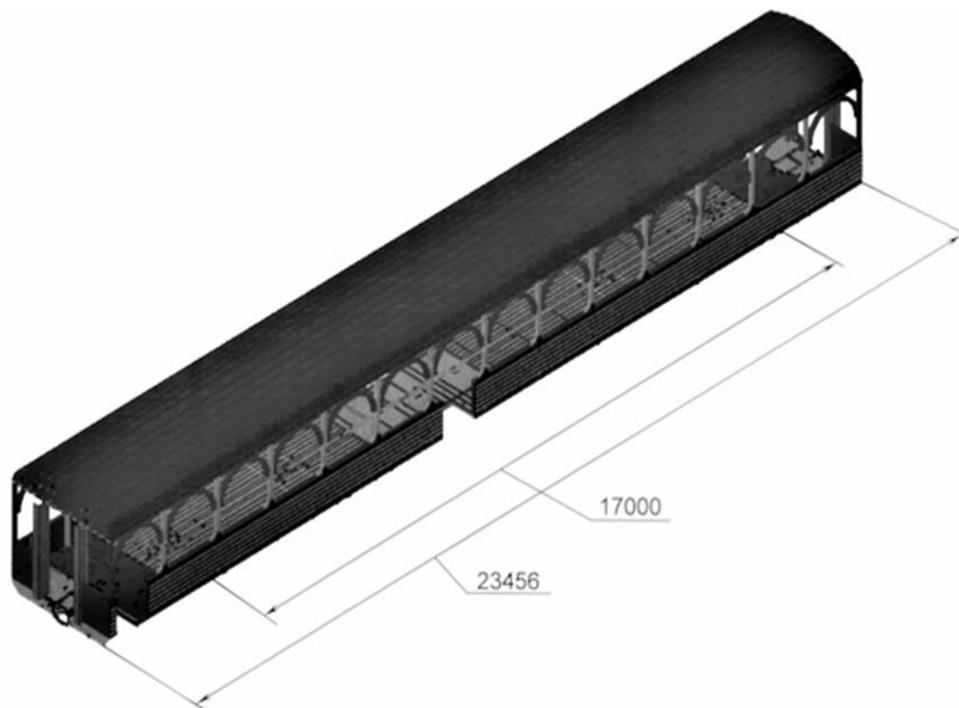


Рис. 1. Общий вид расчетной модели кузова  
 Fig. 1. General view of the design model of the body

Нагружение расчетной модели вертикальной нагрузкой (рис. 2) осуществляется гравитационным воздействием от собственного веса кузова и сосредоточенными нагрузками от веса подвагонного

оборудования массой 300 кг и более. Сосредоточенные квазистатические силы растяжения (сжатия) прикладываются в зоне передних (задних) упоров автосцепки (рис. 3).

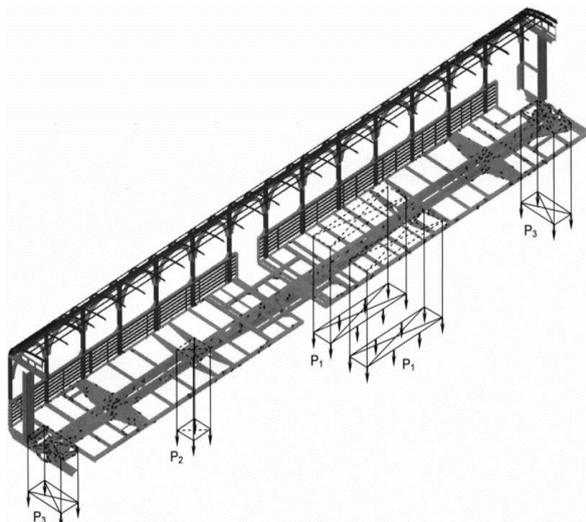


Рис. 2. Расчетная модель кузова с указанием нагрузок от подвагонного оборудования  
 Fig. 2. Calculation model of the body with indication of loads from undercarriage equipment

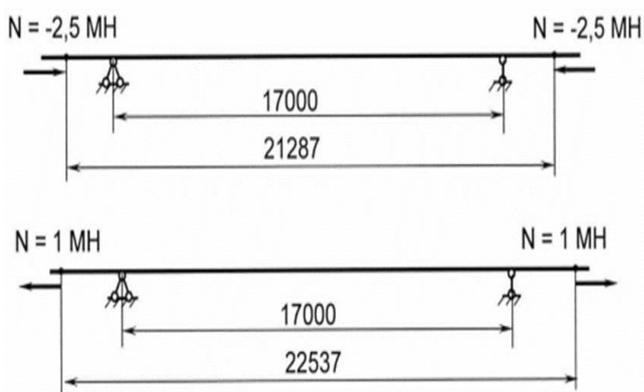


Рис. 3. Схема приложения продольных нагрузок  
 Fig. 3. Scheme of application of longitudinal loads

Расчеты эквивалентных напряжений в элементах кузова для проведены для расчетных режимов I и III. По результатам расчета от нагрузки по I режиму наибольшие напряжения были получены в элементах рамы, самыми нагруженными из них являются хребтовая балка за зоной перехода и в зоне отверстия и шкворневая балка в зоне стыка с обвязкой рамы, а также среди элементов боковины самыми нагруженными являются стойки крыши и арочные балки.

По результатам расчета от сжимающей нагрузки по III (-) режиму наибольшие напряжения были получены в элементах рамы, самыми нагруженными из них являются хребтовая балка в зоне перехода и в зоне отверстия и шкворневая балка в зоне стыка с обвязкой рамы.

По результатам расчета от растягивающей нагрузки по III (+) режиму наибольшие напряжения были получены в элементах рамы вагона, самыми нагруженными из них являются хребтовая балка за зоной перехода и в зоне отверстия и шкворневая балка в зоне пятника и в зоне стыка с обвязкой рамы.

Расчет кузова при подъеме производился с использованием МКЭ для двух вариантов:

- подъем груженого кузова под места для домкратов с двух сторон;
- подъем экипированного порожнего кузова под места для домкратов по диагонали.

Нагружение расчетной модели при подъеме под места для домкратов с одной стороны осуществлялось вертикальными статическими нагрузками, соответствующими весу брутто. Введение связей (опор) соответствовало подъему за концы шкворневых балок с двух сторон. Максимальные полученные напряжения (37 МПа) не превышают допускаемых значений.

Нагружение расчетной модели при подъеме под места для домкратов по диагонали осуществляется вертикальными статическими нагрузками, соответствующими весу экипированного кузова вагона. Введение связей (опор) соответствует подъему за концы шкворневых балок по

диагонали. Максимальные полученные напряжения не превышали 102 МПа.

Допускаемые напряжения для элементов кузова вагона в ремонтном режиме назначаются согласно ГОСТ 34093-2017 исходя из отсутствия остаточных деформаций. В обоих расчетных случаях эквивалентные напряжения в элементах кузова при подъеме на домкратах не превысили максимально допускаемых значений, следовательно, кузов соответствует требованиям ГОСТ 34093-2017.

Результаты испытаний вагона нормативными ремонтными нагрузками показали отсутствие потери устойчивости металлоконструкции кузова вагона и превышений допускаемых напряжений, удовлетворительную сходимость с результатами расчетов и, таким образом, подтвердили достаточную прочность металлоконструкции кузова вагона.

Устойчивость сжатых элементов кузова проверялась через расчетный коэффициент запаса устойчивости, равный отношению критического напряжения сжатия к напряжению сжатия в элементе. Самые большие критические напряжения были получены в гофре нижнего пояса боковой стены при воздействии нагрузки по I расчетному режиму и соответствуют нормативным требованиям. Результаты расчета представлены в табл. 2.

При испытаниях вагона воздействием нормативных статических нагрузок первого и третьего расчетных режимов потеря устойчивости основных несущих элементов отсутствовала.

Расчет сопротивления усталости производился для зон конструкции, имеющих концентраторы напряжений, вызванные геометрическими изменениями формы и наличием сварных швов, а также наибольшие уровни напряжения от нагрузок расчетного режима III с учетом вертикальной статической нагрузки от силы тяжести брутто [7]. Максимальные напряжения и наименьший коэффициент запаса были получены в шкворневой балке в зоне стыка с обвязкой. Результаты расчета соответствуют нормативным требованиям и показаны на рис. 4 и в табл. 3.

### Натурные испытания вагона

Испытания вагона на соответствие нормативным требованиям проводились АО НО «Тверским институтом вагоностроения» и включали в себя их следующие виды:

- прочностные статические продольными и ремонтными нагрузками;
- испытания на прочность при соударениях;
- определение показателей развески вагона при поколёсном взвешивании;

- определение собственной частоты вертикальных изгибных колебаний;
- испытания на прочность переходного мостика вагона;
- контроль строительного очертания габарита;
- тормозные испытания;
- электротехнические испытания, и другие.

Таблица 2

Результаты расчета устойчивости сжатых элементов

Table 2

*The results of the calculation of the stability of compressed elements*

Наименование элемента	Расчетный режим	$\sigma_{кр}$ , МПа	$\sigma_{сж}$ , МПа	$n_y$	$[n_y]$
Скат крыши	I	119	55	2,2	1,5
	III		$\frac{33}{26}$	3,6	
				6,6	
Средняя часть крыши	I	110	55	2,1	1,0
	III		$\frac{33}{27}$	3,3	
				4,2	
Гофр крыши	I	141	23	2,6	1,1
	III		$\frac{24}{27}$	3,9	1,5
				5,2	
Гофр люка	I	100		4,3	1,1
	III		$\frac{33}{27}$	4,2	1,5
				3,7	
Гофр нижнего пояса боковой стены	I	153		1,6	1,1
	III		$\frac{41}{11}$	3,7	1,5
				13,9	

Таблица 3

Результаты расчета сопротивления усталости

Table 3

*Fatigue resistance calculation results*

Наименование параметра	Обозначение	Значение для зон		
		1	2	3
Показатель степени в уравнении кривой усталости	$m$	4,0	7,62	7,62
Эквивалентная амплитуда динамических напряжений, МПа	$\sigma_{aЭ}$	11,7	12,2	19,5
Предел выносливости (по амплитуде) натурной детали, МПа	$\sigma_{aN}$	55,0	104,8	104,8
Коэффициент запаса сопротивления усталости	$n$	4,70	8,59	5,36
Допускаемый коэффициент запаса сопротивления усталости	$[n]$	2,00		

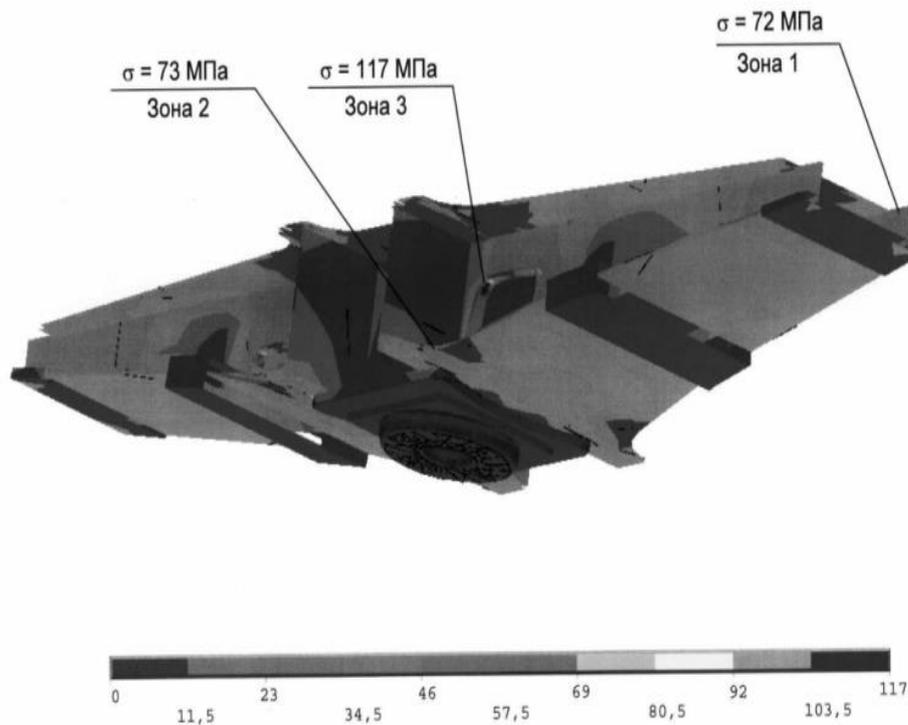


Рис. 4. Эквивалентные напряжения в элементах шкворневой балки от собственного веса кузова (брутто), МПа

*Fig. 4. Equivalent stresses in the elements of the pivot beam from the dead weight of the body (gross), MPa*

При прочностных статических испытаниях определялись напряжения в несущих элементах кузова вагона при воздействии нормативных нагрузок, предусмотренных пп. 4.1.2, 4.2.2.1 ГОСТ 34681-2020 [5] с использованием методов, рекомендуемых в [6]. Оценка прочности конструкции кузова осуществлялась сравнением напряжений, полученных при тензометрических измерениях, с допускаемыми значениями. При проведении испытаний использовалась микропроцессорная многоканальная тензометрическая система ММТС-64.01\_1 с тензорезисторами, имеющими базу 10 мм [8, 9, 10].

Испытания кузова вагона проводились воздействием следующих нормативных испытательных нагрузок:

- продольной нагрузкой сжатия 2,5 МН, приложенной к задним упорным угольникам хребтовой балки;
- продольной нагрузкой растяжения 1,5 МН, приложенной к передним упорным угольникам хребтовой балки;
- поднятию экипированного вагона (без тележек) на двух домкратах по диагоналям;
- поднятию экипированного вагона за концевую балку по середине (без тележек).

Каждая испытательная нагрузка прикладывалась к кузову вагона не менее трех раз. Планировка кузова вагона и схемы расположения сечений и установки тензорезисторов показаны на рис. 5. Результаты испытаний и расчетов на продольной нагрузке сжатия 2,5 МН приведены в табл. 4.

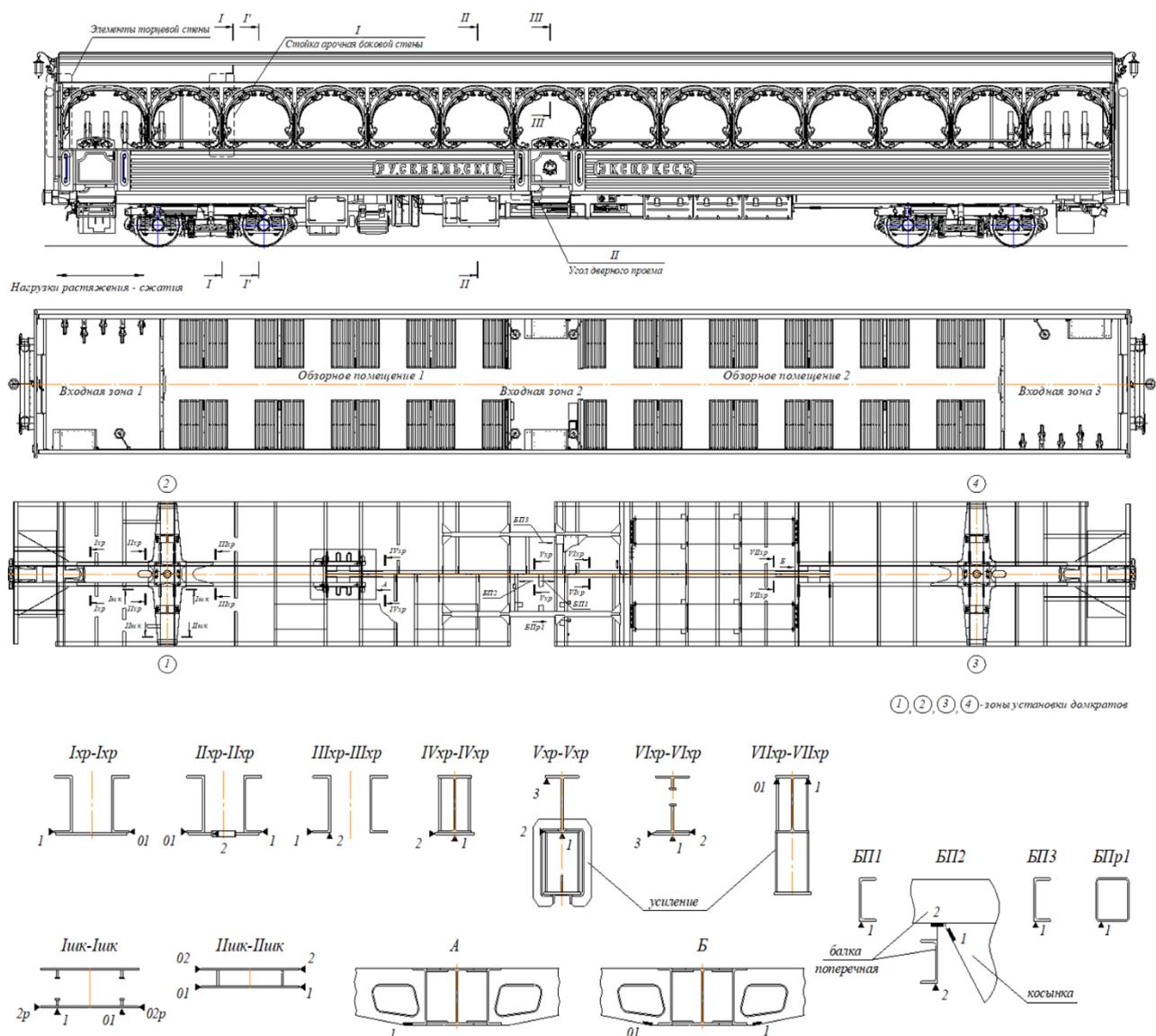


Рис. 5. Планировка кузова вагона и схемы расположения сечений и установки тензорезисторов  
 Fig. 5. Layout of the car body and layout of sections and installation of strain gauges

Таблица 4

Сравнительные результаты расчетных и экспериментальных исследований прочности основных несущих балок вагона при сжатии 2,5 МН (250 тс)

Table 4

Comparative results of calculated and experimental studies of the strength of the main load-bearing beams of the car under compression of 2.5 MN (250 tf)

Наименование элемента кузова вагона	Расчетные напряжения, МПа	Экспериментальные напряжения, МПа	Предел текучести, МПа
Хребтовая балка	255	235	345
Шкворневая балка	221	147	
Боковая стена. Продольная балка (нижняя обвязка)	172	105	

Максимальные напряжения в несущей конструкции кузова были зарегистрированы шкворневых зонах рамы, в зонах установки сцепных устройств, а также в

углах оконных проемов боковин, их величина не превысила допустимых нормативной документацией уровня. При этом коэффициент запаса прочности несущей

конструкции рамы кузова вагона составил не менее 1,1, потеря устойчивости несущих элементов не зафиксирована. Полученные результаты испытаний указывают на соответствие несущей конструкции кузова требованиям нормативной документации [4, 5] и рациональность предложенных конструктивных решений.

Дополнительно проведены испытания несущей конструкции кузова экипированного вагона на соударения силой до 2,5 МН (250 тс) согласно требованиям [5] с использованием методов, изложенных в [6].

При испытаниях выполнялась оценка напряжений в наиболее нагруженных зонах несущей конструкции кузова вагона, а также в зонах крепления кресел и другого тяжеловесного оборудования [11, 12]. При проведении испытаний на соударения использовалась измерительная аппаратура на базе усилителей *SPIDER (HBM)*. Скорость накатывания вагона-бойка и сила соударения фиксировались с использованием пикета с частотомером и динамометрической автосцепки [13, 14].

Измерялись ускорения кузова (продольное, поперечное и вертикальное), а также ускорения внутреннего оборудования и кресел для сидения.

Анализ полученных результатов показал, что величины ускорений не превышали: в продольном направлении  $50 \text{ м/с}^2$ , в

поперечном направлении  $10 \text{ м/с}^2$  и в вертикальном направлении  $10 \text{ м/с}^2$ .

При проведении соударений также контролировались напряжения в опорах крепления кресел с установленными на них имитаторами веса пассажиров. Кроме инструментального контроля, визуальным контролем проверялось отсутствие остаточных деформаций несущей конструкции после проведения испытаний.

Анализ результатов испытаний указал на отсутствие потери устойчивости, повреждений и деформаций несущих элементов кузова, элементов крепления кресел и другого внутреннего и подвагонного оборудования вагона. Величины максимальных напряжений, зафиксированных при соударениях, не превысил допустимых значений, что указывает на соответствие конструкции вагона требованиям пп. 4.1.2 (в части соударения), 4.1.10, 4.1.11 ГОСТ 34681-2020.

С целью верификации результатов расчета и экспериментов были проведены сопоставления результатов расчетных и экспериментальных исследований прочности несущей конструкции кузова пассажирского вагона.

Для примера в таблице 4 приведены результаты сравнения расчетных и экспериментальных исследований прочности при нагружении кузова продольной нагрузкой сжатия 2,5 МН в основных балках рамы вагона.

## Заключение

На основании удовлетворительной сходимости полученных при расчетах и всего комплекса экспериментов результатов можно сделать вывод о корректности

принятых методов расчетов и эксперимента, а также соответствия вагона нормативным требованиям прочности.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия развития ОАО «Федеральная пассажирская компания» до 2030 года и основные приоритеты его развития до 2015 года. М., ОАО «ФПК» 2012 г., -54 с.
2. Технические условия ЛВ1.0060.00.00.000ТУ Вагон пассажирский модели 61-941 сцепа (секции) экскурсионного обзорного для туристического поезда. М., ПКТБЛ ОАО «РЖД». – 2023. - 39 с.
3. 3. Расчет доработанного кузова ЛВ1.0060.00.00.000 Р11. Вагон пассажирский

- экскурсионный обзорный для ретро и туристических поездов модели 61-941 по техническим условиям ЛВ1.0060.00.00.000ТУ и конструкторской документации ЛВ1.0060.00.00.000. ПКТБ Л ОАО «РЖД». Москва, 2021, 135 с.
4. ГОСТ 34093-2017 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования к прочности и динамическим качествам», Тверь, АО НО «ТИВ», 2017. – 41 с.

5. ГОСТ 34681-2020 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования», Москва, ОАО «ВНИИЖТ», 2020. – 31 с.
6. ГОСТ 33788-2016 «Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества», Москва, ОАО «ВНИИЖТ», 2016. – 47 с.
7. Коршунов С.Д., Антипин Д.Я. Разработка методики оценки ресурса несущих конструкций вагонов, прошедших капитально-восстановительный ремонт. Вестник ВНИИЖТ, 2011, №1,- с 19-22.
8. Коршунов С.Д., Гончаров Д.И., Скачков А.Н., Самошкин С.Л., Жуков А.С. Методика расчетно-экспериментальных исследований кузовов современного подвижного состава. Известия ПГУПС, № 1, 2016.
9. Коршунов С.Д., Ворон О.А. «Комплексные испытания, оценка несущей способности и остаточного ресурса специализированного пассажирского вагона». / Коршунов С.Д., Ворон О.А., // Вестник РГУПС, 2014,-№ 1-с. 8-12.
10. Коршунов С.Д., Удельнов А.Г., Щеглов А.С., Смирнов А.А., Ромашов Д.А. Экспериментальные исследования динамики и прочности двухэтажных пассажирских вагонов отечественной постройки. // Сборник научных трудов «Транспорт: наука, образование, производство», Том 2. Технические науки, РГУПС, Ростов-на-Дону, 2018, С. 114-118.
11. Коршунов С.Д., Скачков А.Н., Самошкин С.Л., Смирнов А.А., Гончаров Д.И. 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.
12. Скачков А.Н., Коршунов С.Д., Гончаров Д.И., Самошкин С.Л., Ломаков П.С. Оценка конструктивных решений на основе расчетно-экспериментальных исследований несущей способности кузова пассажирского вагона колеи 1435 мм // Тяжелое машиностроение. 2018. № 01-02. С. 30-37.
13. Коршунов С.Д., Скачков А.Н., Удельнов А.Г., Рубейкин О.Б. Прочностные испытания кузова пассажирского вагона колеи 1435 мм. Материалы XII Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». ПГУПС, С. Петербург, 2017, с. 85-87.
14. Коршунов С.Д., Гончаров Д.И., Красивов Д.В., Ромашов Д.А., Смирнов А.А. Испытания кузова на прочность и устойчивость от воздействия нормативных ремонтных нагрузок при облучении солнечной радиацией крыши. //Сборник научных трудов VIII Всероссийской конференции научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития вагоностроения», 18-19 апреля, г. Брянск, БГТУ, 2019, 179 с., с. 72-75.

## REFERENCES

1. The development strategy of Federal Passenger Company until 2030 and the main priorities of its development until 2015. Moscow: FPC; 2012.
2. Technical specifications LV1.0060.00.00.000TU of Passenger observation car 61-941. Moscow: PKTBL Russian Railways; 2023.
3. Calculation of the modified body LV1.0060.00.00.000 P11. Passenger observation car for retro and tourist trains 61-941 according to the specifications LV1.0060.00.00.000TU and design documentation LV1.0060.00.00.000. PKTB L JSC Russian Railways. Moscow; 2021.
4. GOST 34093-2017 Passenger cars of locomotive traction. Requirements for strength and dynamic qualities. Tver: TIV; 2017.
5. GOST 34681-2020 Passenger cars of locomotive traction. General technical requirements. Moscow: VNIIZHT; 2020.
6. GOST 33788-2016 Freight and passenger cars. Test methods for strength and dynamic qualities. Moscow: VNIIZHT; 2016.
7. Korshunov SD, Antipin DYa. Development of a methodology for assessing the resource of car load-bearing structures that have undergone capital repairs. Bulletin of VNIIZHT. 2011;1:19-22.
8. Korshunov SD, Goncharov DI, Skachkov AN, Samoshkin SL., Zhukov AS. Technique of computa-

- tional and experimental studies of modern rolling stock bodies. Proceedings of Petersburg Transport University. 2016;1.
9. Korshunov SD, Voron OA. Complex tests, evaluation of load-bearing capacity and residual life of a specialized passenger car. RSTU Vestnik. 2014;1:8-12.
10. Korshunov SD, Udelnov AG, Shcheglov AS, Smirnov AA, Romashov DA. Experimental studies of dynamics and strength of two-storey domestic passenger cars. Collection of Scientific Papers, 2018: Transport: Science, education, production; Rostov-on-Don: RSUPS; 2018.
11. Korshunov SD, Skachkov AN, Samoshkin SL, Smirnov AA, Goncharov DI. Development of an experimental and methodological basis for assessing the compliance of the strength of domestic passenger car bodies with the European regulatory framework. Bulletin of BSTU. 2021;8(105): 67-76.
12. Skachkov AN, Korshunov SD, Goncharov DI, Samoshkin SL, Lomakov PS. Evaluation of design solutions based on computational and experimental studies of the bearing capacity of the body of a 1435 mm gauge passenger car. Tyazheloye Mashinostroyeniye. 2018;01-02:30-37.
13. Korshunov SD., Skachkov AN, Udelnov AG, Rubeikin OB. Strength tests of the passenger car

body of 1435 mm gauge. Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conference, 2017: Rolling Stock of the XXI century: ideas, requirements, projects. S. Peterburg: PGUPS; 2017.

14. Korshunov SD, Goncharov DI, Krasivov DV, Romashov DA, Smirnov AA. Body tests for strength and stability from the effects of regulatory repair

loads during solar radiation irradiation of the roof. Collection of Scientific Papers of the VIII All-Russian Conference of the Scientific and Practical Conference, Apr 18-19, 2019: Problems and prospects of development of car building. Bryansk: BSTU; 2019.

#### **Информация об авторах:**

**Коршунов Сергей Дмитриевич** – к.т.н., главный специалист акционерное общество Научная организация «Тверской институт вагоностроения», г. Тверь, Россия, e-mail: korshunov.s@tiv.ru, тел. 8 (4822) 55-93-07.

**Смирнов Александр Андреевич** – инженер, ведущий инженер акционерное общество Научная организация «Тверской институт вагоностроения», г. Тверь, Россия, e-mail: smirnov.a@tiv.ru, тел. 8 (4822) 55-93-07.

**Бардов Никита Павлович** – инженер, инженер 1-й категории акционерное общество Научная организация «Тверской институт вагоностроения», г. Тверь, Россия, e-mail: bardov.n@tiv.ru, тел. 8 (4822) 55-93-07.

**Korshunov Sergey Dmitrievich** - Candidate of Technical Sciences, Chief Specialist of Tver Institute of Railway Car Building, Tver, Russia; phone: 8 (4822) 55-93-07; e-mail: korshunov.s@tiv.ru.

**Smirnov Aleksandr Andreevich** – Engineer, Chief Engineer of Tver Institute of Railway Car Building, Tver, Russia; phone: 8 (4822) 55-93-07; e-mail: smirnov.a@tiv.ru

**Bardov Nikita Pavlovich** - Engineer, Engineer of the 1st category of Tver Institute of Railway Car Building, Tver, Russia; phone: 8 (4822) 55-93-07; e-mail: bardov.n@tiv.ru.

**Семенов Дмитрий Владимирович** – инженер, начальник отдела конструкторских разработок пассажирских вагонов локомотивной тяги Проектно-конструкторско-технологическое бюро пассажирского транспорта ОАО «РЖД», г. Москва, Россия, e-mail: semenovdv@cender.rzd.ru, тел. 8 499 262 75 12.

**Болдырев Алексей Петрович** – д.т.н., доцент, профессор кафедры «Подвижной состав железных дорог» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск, Россия, e-mail: apb.tubryansk@gmail.com, тел. 8 (4832) 56-04-66.

**Semenov Dmitry Vladimirovich** - Engineer, Head of the Department of Design Development of Passenger Cars with Locomotive Traction at Design and Engineering Department of Passenger Transport of Russian Railways, Moscow, Russia; phone: 8 499 262 75 12. e-mail: semenovdv@cender.rzd.ru.

**Boldyrev Aleksey Petrovich** - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Railway Rolling Stock at Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia; phone: 8 (4832) 56-04-66; e-mail: apb.tubryansk@gmail.com.

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**

**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья опубликована в режиме Open Access.**

**Article published in Open Access mode.**

**Статья поступила в редакцию 12.07.2023; одобрена после рецензирования 17.07.2023; принята к публикации 27.07.2023. Рецензент – Антипин Д.Я., кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», директор учебно-научного института транспорта Брянского государственного технического университета, член редколлегии журнала «Транспортное машиностроение».**

**The article was submitted to the editorial office on 12.07.2023; approved after review on 17.07.2023; accepted for publication on 27.07.2023. The reviewer is Antipin D.Ya., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Rolling Stock, Director of the Educational and Scientific Institute of Transport at Bryansk State Technical University, member of the Editorial Board of the journal *Transport Engineering*.**