

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 629.4.021.2

doi: 10.30987/2782-5957-2023-9-65-73

## МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ НАГРУЖЕННОСТИ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ С ДВУХСЛОЙНОЙ ОБШИВКОЙ БОКОВЫХ СТЕН

Дмитрий Яковлевич Антипин<sup>1</sup>, Андрей Михайлович Высоцкий<sup>2✉</sup>, Федор Юрьевич Лозбинец<sup>3</sup>, Михаил Геннадьевич Шалыгин<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

<sup>1</sup> psbstu@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8246-6271>

<sup>2</sup> andrevis2013@yandex.ru

<sup>3</sup> flozbinev@yandex.ru

<sup>4</sup> tts-dm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8102-9918>

### Аннотация

Предложен метод оценки нагруженности кузовов пассажирских вагонов с двухслойной обшивкой боковых стен с использованием метода конечных элементов и математического моделирования движения вагона по реальным неровностям пути. Описано взаимодействие листов обшивки боковых стен, соединенных точечной сваркой. Рассмотрены различные варианты двухслойной обшивки. Выполнена оценка влияния методики описания двухслойной обшивки на картину напряженно-деформированного состояния, получаемую при конечноэлементном расчете на динамические параметры вагона при моделировании его движения по реальным неровностям пути. Установлено, что при оценке напряженно-деформированного состояния в зонах сварных соединений целесообразно использовать детализированные расчетные схемы с моделированием их геометрии. При оценке проч-

ности несущей конструкции кузова или напряженно-деформированного состояния крупных узлов кузова целесообразно использовать расчетные схемы, описывающие сварные соединения специальными стержневыми конечными элементами. При оценке динамических характеристик вагона, движущегося по неровностям пути с использованием гибридной динамической модели применимы расчетные схемы с описанием двухслойной обшивки ортотропными пластинами. При использовании соответствующих расчетных схем в указанных типах исследований обеспечивается достаточная степень точности получаемых результатов.

**Ключевые слова:** вагон, двухслойная обшивка, стены, схемы, напряженно-деформированное состояние, сварные соединения, автоколебания, надежность, конструирование.

Ссылка для цитирования:

Антипин Д.Я. Метод исследования нагруженности кузовов пассажирских вагонов с двухслойной обшивкой боковых стен / Д.Я. Антипин, А.М. Высоцкий, Ф.Ю. Лозбинец, М.Г. Шалыгин // Транспортное машиностроение. – 2023. – № 09. – С. 65-73. doi: 10.30987/2782-5957-2023-9-65-73.

Original article

Open Access Article

## METHOD TO STUDY THE LOADING OF PASSENGER CAR BODIES WITH DOUBLE-LAYER SIDE WALL LINING

Dmitry Yakovlevich Antipin<sup>1</sup>, Andrey Mikhailovich Vysotsky<sup>2✉</sup>, Fedor Yuryevich Lozbinev<sup>3</sup>, Mikhail Gennadyevich Shalygin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

<sup>1</sup> psbstu@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8246-6271>

<sup>2</sup> andrevis2013@yandex.ru

<sup>3</sup> flozbinev@yandex.ru

<sup>4</sup> tts-dm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8102-9918>

## Abstract

A method is proposed to estimate the loading capacity of passenger car bodies with two-layer side wall lining using the finite element method and mathematical modeling of the car movement along real track irregularities. The interaction of the side wall lining sheets connected by spot welding is described. Various types of two-layer lining are considered. The estimation is given to the influence of the method of the two-layer lining on the stress-strain state obtained by finite element calculation according to the dynamic parameters of the car when modeling its movement along real track irregularities. It is found out that when estimating the stress-strain state in the zones of welded joints, it is advisable to use detailed design diagrams

### Reference for citing:

*Antipin DYa, Vysotsky AM, Lozbinev FYu, Shalygin MG. Method to study the loading of passenger car bodies with double-layer side wall lining. Transport Engineering. 2023;9:65-73. doi: 10.30987/2782-5957-2023-9-65-73.*

## Введение

При создании новых конструкций пассажирского подвижного состава в настоящее время уделяется значительное внимание внешнему виду, аэродинамики и обеспечению технологичности как при окраске кузовов, так и при их эксплуатации. Данным требованиям удовлетворяет подвижной состав с гладкой наружной обшивкой. В то же время для большинства конструкций кузовов отечественного пассажирского подвижного состава обшивка является одним из основных несущих элементов. При этом возникает проблема обеспечения жесткости и устойчивости гладкой несущей обшивки боковых стен. Решение данной задачи возможно либо приданием обшивке изогнутости и установкой с небольшим шагом вертикальных подкрепляющих элементов – стоек, а также увеличение толщины самой обшивки. Подобные решения существуют для грузовых вагонов бункерного типа. Другим решением является создание мощного подкрепляющего набора из стоек и соединяющих их продольных перемычек – стрингеров. Данное решение значительно увеличивает массу конструкции и трудоемкость сборки за счет значительного объема сварочных работ. Существуют варианты повышения жесткости несущей конструкции за счет приварки с внутренней стороны усиливающих накладных элементов, наподобие гофров, в частности такие решения используются в конструкциях кузовов

with modeling of their geometry. When assessing the strength of the body bearing structure or the stress-strain state of large body components, it is advisable to use design diagrams describing welded joints with special rod finite elements. When assessing the dynamic characteristics of a car moving along the track irregularities using a hybrid dynamic model, design diagrams with the description of a two-layer lining with orthotropic materials are applied. Also, when using appropriate design diagrams in these types of studies, a sufficient degree of results accuracy obtained is ensured.

**Keywords:** car, double-layer lining, walls, diagrams, stress-strain state, welded joints, self-oscillation, reliability, construction.

отечественных вагонов метро. Указанный вариант также связан со значительной трудоемкостью работ по вырезанию накладок из листов, а также их дальнейшей приварки к несущему листу обшивки. Такой вариант усиления обшивки применим для кузовов с короткой базой и не испытывающих значительных нагрузок в эксплуатации. Одним из перспективных вариантов усиления гладкой несущей конструкции является применение двухслойной обшивки, предусматривающей приварку к наружному гладкому листу внутреннего гофрированного. Такой вариант усиления обеспечивает высокую жесткость конструкции при более низкой по сравнению с другими вариантами усиления трудоемкостью изготовления [1]. К недостаткам подобного конструктивного решения можно отнести высокую массу конструкции. Для устранения этого недостатка необходимо обеспечить рациональный выбор подкрепляющего набора и силового каркаса кузова в целом. С использованием данного конструктивного решения специалистами ОАО «Тверской вагоностроительный завод» были созданы кузова пассажирских вагонов модели 61-4170.

При применении описанной схемы обеспечения устойчивости гладкой несущей наружной обшивки кузова вагона важной задачей является формирование рациональной конструкции несущего каркаса. Поскольку несущая обшивка облада-

ет высокой жесткостью, площадь поперечных сечений ряда подкрепляющих элементов кузова может быть снижена [2]. Это обеспечивает соответствие масс металлоконструкций кузовов, выполненных по традиционной схеме и с двухслойной обшивкой боковых стен. В связи с этим важной задачей прогнозирование на стадии проектирования прочностных и жесткостных параметров несущей конструкции. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния сложных несущих систем производятся с использованием метода конечных элементов. Применительно к несущим конструкциям пассажирских вагонов целесообразно использование конечноэлементных расчетных схем, сформированных пластинчатыми элементами. Степень дискретизации расчетной схемы должна быть достаточна для получение адекватных результатов при этом должна обеспечиваться минимальная трудоемкость ее подготовки и минимизация потребных вычислительных ресурсов и времени проведения расчетов [3].

Анализ опыта исследования несущих систем с двухслойной обшивкой показал, что можно выделить четыре варианта ее моделирования [4, 5]. Первый вариант предусматривает отдельное моделирование гладкой наружной обшивки (поз. 1, рис. 1) и гофрированной внутренней (поз. 2, рис. 1). Точечная сварка наружных и внутренних листов обшивки описывается введением в зонах сварных точек специальных стержневых конечных элементов (поз. 3, рис. 1). Параметры стержневых элементов определялись из условия равенства деформаций при поперечном сдвиге обшивок относительно друг друга, полученных при натурном эксперименте и с использованием конечноэлементной расчетной схемы.

Второй вариант предусматривает моделирование прилегающих друг к другу участков обшивки в виде пластинчатого элемента толщиной равной сумме толщин наружного и внутреннего листов. Гофры внутренней обшивки и участки наружной обшивки в зонах гофров описываются пластинчатыми элементами.

Третий вариант предусматривает моделирование двухслойной обшивки плоскими пластинами, проходящими через срединную поверхность двухслойной обшивки с эквивалентной толщиной. Поскольку двухслойная панель, составленная гладким и гофрированным листами, обладает конструктивной ортотропией ее замена в расчетной схеме приведенной панелью связана с определением параметров ортотропии. Необходимо определение модулей упругости при растяжении-сжатии вдоль и поперек гофров  $E_x^{np}$ ,  $E_y^{np}$ , коэффициентов Пуассона  $\nu_x^{np}$ ,  $\nu_y^{np}$ . Приведенная толщина ортотропной обшивки приближенно принималась равной сумме толщин гладкого и гофрированного листов. Модуль сдвига для ортотропной обшивки принят равным модулю сдвига стали, т.е.  $G_{np} = G_{ст}$ . При определении параметров ортотропии приведенной панели учитывалось не только наличие гофрированного листа, но и возможная начальная погибь гладкого листа панели. Модули упругости ортотропного листа, заменяющего гофрированный лист,  $E_x^{гоф}$  и  $E_y^{гоф}$  определялись численным способом путем сопоставления деформаций гофрированной и гладкой ортотропной обшивок, для расчета которых использовались специальные схемы метода конечных элементов.

Четвертый вариант, аналогично первому, предусматривает раздельное моделирование гладкой наружной обшивки и внутренней гофрированной. В отличие от первого варианта производиться моделирование непосредственно геометрии сварных точек соединения (рис. 1г).

С учетом наличия различных вариантов описания работы двухслойной несущей обшивки боковых стен при создании расчетных схем пассажирских вагонов актуальной становится задача обоснования выбора рационального варианта.

Для этого необходимо сопоставить результаты, получаемые с использованием расчетных схем кузова пассажирского вагона с различными вариантами моделирования двухслойной обшивки боковых стен с данными натурных испытаний.

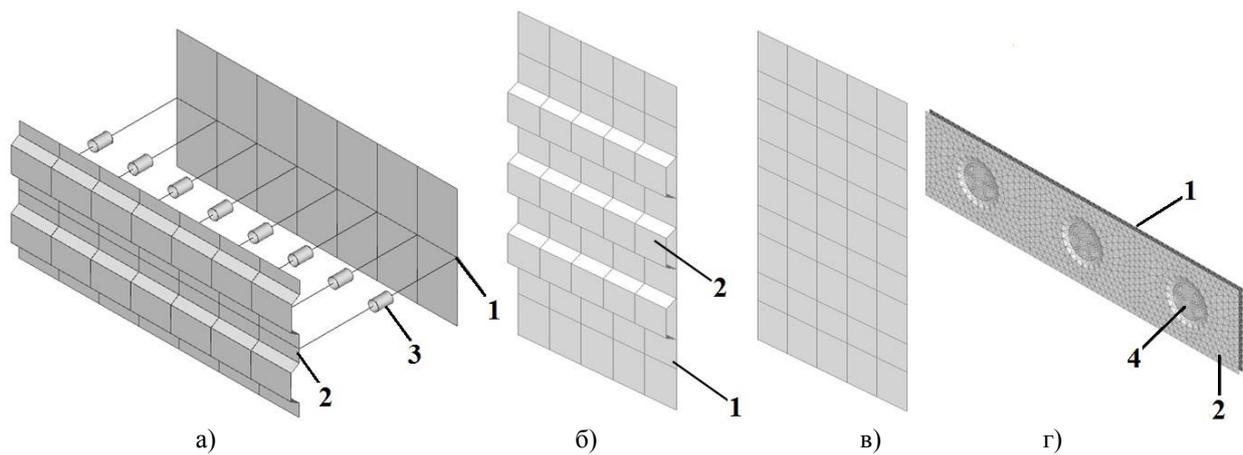


Рис. 1. Варианты конечноэлементных расчетных схем двухслойной обшивки:  
 а – с стержневыми элементами; б – с объединением плоских участков обшивок;  
 в – с ортотропной обшивкой; г – с моделированием геометрии сварных точек

*Fig. 1. Variants of finite element design schemes for two-layer sheathing:  
 a – with rod elements; b – with the union of flat sections of skins; c – with orthotropic sheathing;  
 d – with modeling of geometry of weld points*

Критериями выбора рациональной методики моделирования двухслойной обшивки боковых стен приняты:

- адекватность получаемых с помощью модели результатов;
- наименьшая трудоемкость подготовки модели;
- наименьшее количество степеней свободы конечноэлементной модели (экономия расчетного времени и ресурса вычислительной техники).

Исследование проведено для несущей конструкции кузова, упомянутого выше, купейного пассажирский вагона с креслами для сидения модели 61-4170.

На основе трехмерной геометрической модели несущей конструкции кузова с использованием автоматизированного генератора сеток конечных элементов разработаны четыре варианта конечноэлементной расчетной схемы, отличающихся способом моделирования двухслойной обшивки боковых стен и степенью дискретизации. При формировании конечноэлементной сетки в качестве характерного размера пластинчатых элементов принят  $50 \times 50$  мм.

Расчетная модель кузова вагона, созданная с использованием первого варианта описания двухслойной обшивки боковых стен, сформирована 52,8 тыс. пластинчатых конечных элементов, объединенных в 78,6 тыс. узлах (рис. 2).

Точечная сварка описывается 1,4 тыс. стержневых элементов. Общее число степеней свободы конечноэлементной модели составило  $472 \cdot 10^3$ .

Конечноэлементная модель кузова вагона с описанием конструкции двухслойной обшивки боковых стен по второму варианту создана из 111,9 тыс. пластинчатых элементов, объединенных в 98,1 тыс. узлах и обладает  $588 \cdot 10^3$  степенями свободы.

Конечноэлементная модель кузова с представлением двухслойной обшивки боковых стен ортотропными пластинами сформирована 50 тыс. пластинчатых элементов, объединенных в 48,8 тыс. узлах и обладает  $293 \cdot 10^3$  степенями свободы.

Расчитанные параметры ортотропии для двухслойной обшивки боковой стены рассматриваемого вагона и приведены в табл. 1.

Расчетная схема кузова с детальным описанием геометрии сварных точек формировалась 787,4 тыс. пластинчатых элементов, объединенных в 631,2 тыс. узлах и обладает  $293 \cdot 10^3$  степенями свободы.

С использованием разработанных конечноэлементных расчетных схем выполнена оценка напряженно-деформированного состояния несущей конструкции кузова вагона.

Схемы закрепления и нагружения конечноэлементных расчетных схем принимались в соответствии с схемами стати-

ческих стендовых испытаний кузова вагона, проведенных специалистами АО «НО «Тверской институт вагоностроения». По результатам расчетов определялись максимальные нормальные напряжения, возникающие в металлоконструкции кузова,

максимальные нормальные напряжения в листах двухслойной обшивки боковых стен в подоконном поясе, межоконных простенках и надоконном поясе, а также в зоне точечных сварных соединений.

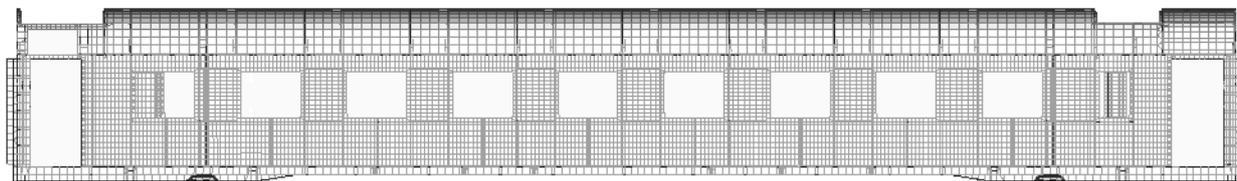


Рис. 2. Детализированная пластинчатая конечноэлементная модель кузова пассажирского вагона

Fig. 2. Detailed plate finite element body model passenger car

Таблица 1

Параметры ортотропии двухслойной панели

Table 1

*Orthotropy parameters of a two-layer panel*

Вариант двухслойной панели	Модули упругости, Н/мм <sup>2</sup>			Коэффициенты Пуассона	
	$E_x^{np}$	$E_y^{np}$	$G_{np}$	$\nu_x^{np}$	$\nu_y^{np}$
Без начальной погиби гладкого листа	$2,25 \cdot 10^5$	$1,26 \cdot 10^5$	$8,07 \cdot 10^4$	0,3	0,168

Дополнительно с использованием разработанных расчетных схем определялась первая частота изгибных колебаний кузова. При ее определении схема нагружения и закрепления кузова принималась также аналогичной схемам, используемым при натурных стендовых испытаниях кузова.

Двухслойная обшивка боковых стен является одним из основных элементов несущей конструкции кузова, непосредственно влияющий на его жесткостные характеристики [6, 7]. В связи с этим выполнена оценка влияние методики описания двухслойной обшивки боковых стен на точность результатов, получаемых при определении динамических характеристик пассажирского вагона и динамической нагруженности кузова методами математического моделирования.

При оценке динамических характеристик вагона и динамической нагруженности кузова используется гибридная компьютерная модель, в которой упругие колебания кузова описываются на основе ко-

нечноэлементной расчетной схемы. Компьютерная модель пассажирского вагона представляет собой систему связанных твердых тел, включающую кузов в виде упругой подсистемы 1 (рис. 3) и две модели тележек 2, включенных в модель в качестве подсистем. Подсистема «тележка» состоит из абсолютно твердых тел, соединенных вращательными шарнирами и упруго - диссипативными связями. Взаимодействие кузова вагона с тележками описывается введением силовых линейных и контактных элементов 3, 4. Разработка и расчет компьютерной модели произведен в среде программного комплекса «Универсальный механизм» [8]. Были созданы три варианта динамической модели вагона, отличающихся конечноэлементными расчетными схемами, описывающими упругие свойства кузова. Четвертый вариант конечноэлементной расчетной схемы кузова не рассматривался в связи с отсутствием вычислительных возможностей по его интеграции в динамическую модель вагона, обусловленной его размерностью.

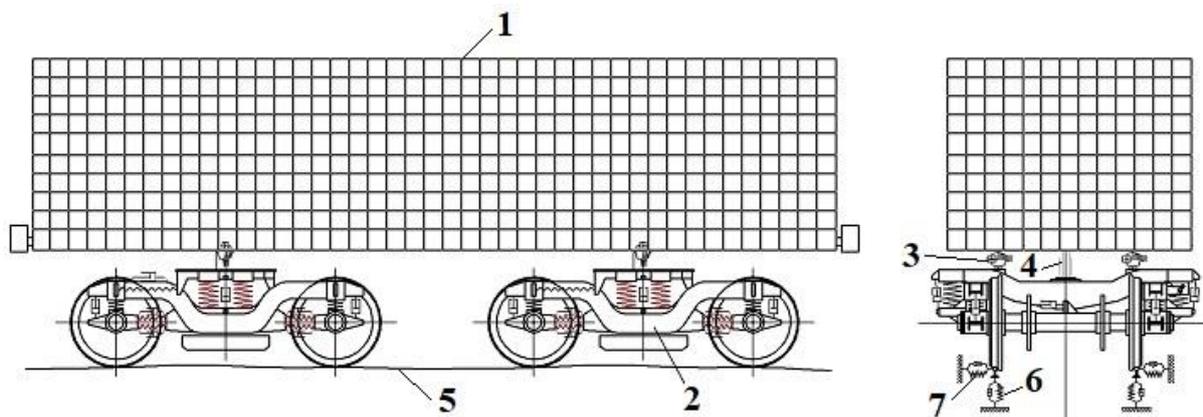


Рис. 3. Структурная схема гибридной динамической модели пассажирского вагона: 1 – подсистема «упругий кузов»; 2 – подсистема «тележка»; 3 – силовой контактный элемент, моделирующий опирание кузова вагона на скользуны; 4 – линейный силовой элемент, моделирующий ограничения горизонтальных перемещений кузова относительно наддрессорного бруса в пятниковом узле; 5 – путь; 6 – упруго-диссипативный элемент, моделирующий вертикальную жесткость пути; 7 – упруго-диссипативный элемент, моделирующий горизонтальную жесткость пути

*Fig. 3. Structural diagram of a hybrid dynamic model of a passenger car: 1 – subsystem "elastic body"; 2 – subsystem "trolley"; 3 – power contact element, simulating the support of the car body on the side bearings; 4 – linear power element, simulating the limitations of the horizontal movements of the body relative to the bolster in the center plate assembly; 5 – path; 6 – elastic-dissipative element, simulating the vertical rigidity of the track; 7 – elastic-dissipative element simulating the horizontal rigidity of the track*

Моделировалось движение вагона по неровностям пути, соответствующим участку железной дороги Санкт-Петербург-Малая Вишера. При моделировании учтены упруго-диссипативные характеристики пути на этом участке. Условия моделирования приняты в соответствии с условиями ходовых динамических испытаний рассматриваемого вагона специалистами АО «НО «Тверской институт вагоностроения».

В результате моделирования определены основные динамические характеристики вагона, а также максимальные величины динамических усилий, действующих на кузов вагона через элементы 3,4 (рис. 3).

Полученные по итогам расчетов и моделирования результаты сопоставлялись с данными, полученными при натурных стендовых и ходовых испытаниях.

Результаты сопоставления приведены в табл. 2. В ней указаны проценты отклонения данных, полученных расчетным путем и моделированием от экспериментальных. Сравнивая трудоемкости создания расчетных схем и вычислительные ресурсы, требуемые для проведения расчетов, можно сделать выводы, что наибольших затрат требует четвертый вариант расчет-

ной схемы. Следующий за ним по трудоемкости первый вариант. Наименьших затрат требует третий вариант расчетной схемы.

Анализ результатов приведенных в табл. 2 и данных о ресурсах, требуемых для создания и расчета моделей показал:

- для оценки напряженно-деформированного состояния несущей конструкции кузова в целом наиболее точные результаты позволяют получить варианты №1, 2, 4, при этом вариант №4 требует значительно больших ресурсов;

- для оценки напряженно-деформированного состояния несущей конструкции кузова в элементах двухслойной обшивки наиболее применимы варианты №1, 4;

- в зоне точечных сварных соединений удовлетворительный результат позволяет получить четвертый вариант расчетной схемы;

- при оценке первая частота изгибных колебаний удовлетворительный результат позволяют получить варианты расчетной схемы № 1-3, при этом вариант № 3 позволяет значительно уменьшить трудоемкость проведения исследований.

- при оценке динамических характеристик и нагруженности кузова наилучшие

результаты показывают варианты расчетной схемы № 1 и № 3, при этом первый вариант значительно более трудоемкий,

как с точки зрения создания схемы, так и проведения расчетов.

Таблица 2

Отклонения данных, полученных расчетным путем и моделированием от экспериментальных, %

Table 2

*Deviations of data obtained by calculation and modeling from experimental ones, %*

Характеристика	Номер варианта расчетной схемы			
	1	2	3	4
Максимальные нормальные напряжения, в металлоконструкции кузова	14,2	14,8	24,7	15,2
Максимальные нормальные напряжения в листах двухслойной обшивки в подоконном поясе боковых стен	12,1	16,7	29,3	10,1
Максимальные нормальные напряжения в листах двухслойной обшивки межоконного простенка	14,7	16,2	30,2	12,4
Максимальные нормальные напряжения в листах двухслойной обшивки в надоконном поясе боковых стен	9,4	11,6	29,8	8,1
Максимальные нормальные напряжения в зоне точечных сварных соединений	26,9	53,1	62,7	12,6
Первая частота изгибных колебаний кузова	11,4	12,3	12,6	15,8
Вертикальные ускорения кузова	16,0	16,8	16,3	-
Горизонтальные ускорения кузова	19,4	20,0	19,5	-
Коэффициент плавности хода в вертикальной плоскости	13,2	14,1	13,8	-
Коэффициент плавности хода в горизонтальной плоскости	15,4	15,9	15,6	-
Максимальные динамические усилия, действующие на кузов в вертикальном направлении	18,1	19,7	19,0	-
Максимальные динамические усилия, действующие на кузов в горизонтальном направлении	19,8	21,5	20,1	-

Таким образом, можно рекомендовать при оценке прочности несущей конструкции кузова в целом и элементов обшивки боковых стен в частности использовать расчетные схемы, описывающие точечные сварные соединения листов специальными стержневыми конечными элементами. При оценке динамических характеристик вагона, движущегося по неровно-

стям пути с использованием гибридной динамической модели применимы расчетные схемы с описанием двухслойной обшивки ортотропными пластинами. При анализе напряженно-деформированного состояния в зоне сварных соединений обшивки целесообразно использовать детализированные расчетные схемы, описывающие геометрию сварных точек.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Светлов, В.И. Технические решения по механике пассажирских вагонов. Методы обоснования / В.И. Светлов. – М.: Глобус, 2002. – 200 с.
2. Sun, W. Analysis of modal frequency optimization of railway vehicle car body/ W. Sun, J. Zhou, D. Gong, T. You// Advances in Mechanical Engineering. 2016. Vol. 8(4). P. 1–12.
3. Ашуркова, С.Н. Обоснование конечно-элементной модели для исследования напря-

женно-деформированного состояния кузова пассажирского вагона / С.Н. Ашуркова, А.М. Высоцкий // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке: сборник материалов IV Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием. Ижевск: ИННОВА, 2016. С. 880 – 885.

4. Высоцкий, А.М. Выбор рациональной конструкции двухслойной обшивки боковых стен пассажирских вагонов/ А.М., Высоцкий, В.В. Кобищанов, Д.Я. Антипин, Д.Ю. Расин // Вестник Брянского государственного технического университета. 2014. № 4 (44). С. 8-11.
5. Высоцкий, А.М. Обоснование методики моделирования двухслойной обшивки боковых стен кузовов пассажирских вагонов при анализе их нагруженности/ А.М., Высоцкий, В.В. Кобищанов, Д.Я. Антипин // Вестник Брянского государственного технического университета. 2013. № 3 (39). С. 10-13.

## REFERENCES

1. Svetlov VI. Technical solutions for the mechanics of passenger cars. Methods of justification. Moscow: Globus; 2002.
2. Sun W, Zhou J, Gong D, You T. Analysis of modal frequency optimization of railway vehicle car body. *Advances in Mechanical Engineering*. 2016;8(4):1–12.
3. Ashurkova SN, Vysotsky AM. Substantiation of the finite element model for the study of the stress-strain state of the passenger car body. *Collection of Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Technical Conference of Graduate Students, Masters and Young Scientists with International Participation, 2016: Young Scientists – Accelerating Scientific and Technological Progress in the XXI century*. Izhevsk: INNOVA; 2016. p.880 – 885.
4. Vysotsky AM, Kobishchanov VV, Antipin DYa, Rasin DYu. The choice of a rational design of a

6. Бирюков, И.В. Механическая часть тягового подвижного состава [Текст]/ И.В. Бирюков, А.Н. Савоськин, Г.П. Бурчак и др.; под ред. И.В.Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. - 440 с.
7. Carlbom, P. Carbody and Passengers in Rail Vehicle Dynamics / Doctoral thesis. Stockholm, 2000. – 107 p.
8. Погорелов, Д.Ю. Алгоритмы моделирования динамики систем тел с большим числом степеней свободы [Текст]/ Д.Ю. Погорелов// Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. №4(2). С. 278-279.

two-layer lining of passenger car side walls. *Bulletin of Bryansk State Technical University*. 2014;4(44):8-11.

5. Vysotsky AM, Kobishchanov VV, Antipin DYa. Substantiation of the method for modeling the two-layer lining of the side walls of passenger car bodies when analyzing their loading. *Bulletin of Bryansk State Technical University*. 2013;3(39):10-13.
6. Biryukov IV, Savoskin AN, Burchak GP. *Mechanical part of traction rolling stock*. Moscow: Transport; 1992.
7. Carlbom P. Carbody and passengers in rail vehicle dynamics [doctoral thesis]. Stockholm; 2000.
8. Pogorelov DYu. Algorithms for modeling the dynamics of systems of bodies with a large number of degrees of freedom. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*. 2011;4(2):278-279.

## Информация об авторах:

**Антипин Дмитрий Яковлевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», директор Учебно-научного института транспорта Брянского государственного технического университета, e-mail: psbstu@yandex.ru.

**Высоцкий Андрей Михайлович** – старший преподаватель кафедры «Подвижной состав железных дорог» Брянского государственного технического университета, почтовый адрес: 241035, Брянск,

**Antipin Dmitry Yakovlevich** – 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; e-mail: psbstu@yandex.ru.

**Vysotsky Andrey Mikhailovich** – senior lecturer of the Department of Railway Rolling Stock at Bryansk State Technical University; phone: +7(919)192-88-70, e-mail: andrevis2013@yandex.ru.

бульвар 50-летия Октября, д. 7, тел. +7(919)192-88-70, e-mail: andrevis2013@yandex.ru.

**Лозбинец Федор Юрьевич** – доктор технических наук, профессор Брянского государственного технического университета, тел. 8(4832)560466, e-mail: flozbinev@yandex.ru.

**Шалыгин Михаил Геннадьевич** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой "Трубопроводные транспортные системы", Брянского государственного технического университета, тел. 8 (4832) 58-82-12, e-mail: tts-dm@yandex.ru.

**Lozbinev Fyodor Yuryevich** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Bryansk State Technical University; phone: 84832560466; e-mail: flozbinev@yandex.ru.

**Shaligin Mikhail Gennadyevich** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Pipeline Transport Systems at Bryansk State Technical University; phone: 8 (4832) 58-82-12; e-mail: tts-dm@yandex.ru.

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 21.08.2023; принята к публикации 28.08.2023. Рецензент – Волохов Г.М., доктор технических наук, заведующий отделением динамики и прочности подвижного состава и инфраструктуры Акционерного общества «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 12.07.2023; approved after review on 21.08.2023; accepted for publication on 28.08.2023. The reviewer is Volokhov G.M., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Rolling Stock and Infrastructure Dynamics and Strength of "Research and Development and Technological Institute of Rolling Stock", member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.



### **ВНИМАНИЮ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ ЖУРНАЛА! ИСПРАВЛЕНИЕ ОПЕЧАТКИ**

В выпуске журнала «Транспортное машиностроение», 2023, №7(19) по вине редакции допущены следующие опечатки.

В содержании журнала на с. 3 вместо *Смоленцев В.Е.* и *V. E. Smolentsev* следует читать *Смоленцев Е.В.* и *E. V. Smolentsev*.

На с. 10 правильная ссылка для цитирования:

*Куц В.В. Метод расчета параметров сечения срезаемых слоев фрезой-протяжкой при обработке шеек эксцентриковых валов / В.В. Куц, Е.В. Смоленцев, Ю.А. Мальнева, А. Бейе // Транспортное машиностроение. – 2023. - № 07. – С. 10-17. doi: 10.30987/2782-5957-2023-7-10-17.*

Там же в нижнем колонтитуле следует читать:

© Куц В. В., Смоленцев Е. В., Мальнева Ю. А., Бейе А., 2023.

На с. 11 правильная ссылка для цитирования на английском языке:

*Kutz VV, Smolentsev EV, Malneva YuA, Beye A. Method of calculating the cross-section parameters of the cut layers when machining the necks of eccentric shafts by a broaching cutter. Transport Engineering. 2023; 7: 10-17. doi: 10.30987/2782-5957-2023-7-10-17.*

Редакция журнала приносит извинения авторам.

