



ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Оригинальная статья

УДК 629.4.027.2(045)

DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2023-82-2-117-126>

EDN: <https://elibrary.ru/npjifa>



Оценка кососимметричной нагрузки, действующей на раму тележки грузового вагона при сходе колеса с рельса

Г. И. Гаджиметов✉

Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава (ВНИКТИ), Коломна, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Рассмотрена практика проведения проверок вновь создаваемой конструкции вагона с целью оценки прочности с учетом предельных эксплуатационных нагрузок и схем их приложения, оговоренных в нормативных документах. При оценке статической прочности рамы тележки нормативными документами не предусмотрено рассмотрение ее кососимметричного нагружения. При этом наличие остаточной кососимметричной деформации рамы по условиям механической безопасности подвижного состава не допускается. Особенно восприимчивы к кососимметричным нагрузкам цельносварные рамы тележек. Это говорит в пользу необходимости уточнения расчетных режимов для обеспечения надежности и безопасности использования вагонов в эксплуатации.

Материалы и методы. Для определения схемы нагружения и величины кососимметричной нагрузки применялись расчетно-аналитический метод, методы компьютерного моделирования, выполнена экспериментальная работа на пассажирском вагоне с двухосными тележками с цельносварной рамой, где боковые балки жестко соединены между собой поперечными балками.

Результаты. Обоснован дополнительный расчетный режим «Сход», актуальный при эксплуатации грузовых вагонов с цельносварной рамой тележки. Определены схема нагружения рамы тележки и величины нагрузок, действующих на раму для этого режима, при котором необходимо производить оценку ее статической прочности.

Обсуждение и выводы. При сходе колеса рама тележки цельносварной конструкции подвергается воздействию максимальных кососимметричных нагрузок, что может привести к ее кососимметричной деформации и выходу из строя. Раму тележки цельносварной конструкции необходимо оценивать на статическую прочность в режиме «Сход». Обоснованы коэффициенты перегрузки. Разработка, расчет и оценка конструкции с учетом указанного выше дополнительного режима позволит повысить надежность рамы тележки в эксплуатации и безопасность движения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: грузовой вагон, рама тележки, цельносварная рама, расчетный режим, кососимметричная нагрузка, сход, статическая прочность

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Гаджиметов Г. И. Оценка кососимметричной нагрузки, действующей на раму тележки грузового вагона при сходе колеса с рельса // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2023. Т. 82, № 2. С. 117–126. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2023-82-2-117-126>.

✉ gadzhimetovgi@vnikti.com (Г. И. Гаджиметов)

© Гаджиметов Г. И., 2023



Original article

UDK 629.4.027.2(045)

DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2023-82-2-117-126>

EDN: <https://elibrary.ru/npjjfa>



Assessment of the axisymmetric load acting on the bogie frame of a wagon during derailment

Gadzhimet I. Gadzhimetov✉

Research and Design Technological Institute of Rolling Stock,
Kolomna, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The authors describe the practice of checking newly built cars to assess their durability, taking into account the ultimate operating loads and their application schemes stipulated in the regulatory documents. Axisymmetric loads are not part of the bogie frame static strength assessment rules. For mechanical safety reasons, the presence of residual frame deformation asymmetry is not permitted. All-welded bogie frames are particularly prone to axisymmetric loads. It confirms the need for refinement of design methods to ensure reliability and safety of cars in service.

Materials and methods. Methods of computational analysis and computer modelling were used to determine the loading scheme and the magnitude of the axisymmetric load; experimental work was carried out on a passenger carriage with two-axle bogies and an all-welded frame in which the side beams are rigidly connected by cross beams.

Results. An additional type of derailment is justified, which is relevant for the operation of wagons with all-welded bogie frames. The load pattern of the bogie frame and the magnitudes of the load applied to the frame for the mode of operation in which the static strength of the frame is to be assessed are determined.

Discussion and conclusions. In the event of a wheel derailment, the all-welded bogie frame is subjected to maximum axisymmetric loads, which could lead to axisymmetric deformation and frame failure. The all-welded bogie frame should be assessed for static strength in derailment mode. The overload coefficients are justified. The reliability of the bogie frame in service and the safety of the traffic could be improved by developing, calculating and evaluating the design with the additional mode mentioned above.

KEYWORDS: wagon, bogie frame, all-welded frame, design mode, axisymmetric load, derailment, static strength

FOR CITATION: Gadzhimetov G.I. Assessment of the axisymmetric load acting on the bogie frame of a wagon during derailment. *Russian Railway Science Journal*. 2023;82(2):117-126. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2023-82-2-117-126>.

✉ gadzhimetovgi@vnikti.com (G. I. Gadzhimetov)

© Gadzhimetov G. I., 2023

Введение. При проектировании вагона проводится комплекс расчетно-экспериментальных проверок его несущих конструкций для оценки прочности. Эти проверки проводят с учетом воздействия предельных по величине и направленности эксплуатационных нагрузок, регламентированных ГОСТ 33211–2014 [1] с целью обеспечения механической безопасности подвижного состава при предельных режимах нагружения и воздействиях.

По условиям, оговоренным в [2], при эксплуатации не должно возникнуть пластических деформаций несущих конструкций вагона. Например, наличие остаточной кососимметричной деформации рамы тележки сварной конструкции может приводить к перераспределению нагрузок на шейки осей колесных пар, снижению коэффициента запаса устойчивости колесной пары от схода с рельсов, сравнимому по влиянию с боковой качкой вагона, выводу дефектной рамы из эксплуатации [3].

Нормативный документ [1] предусматривает проверку рамы тележки на статическую прочность от сочетания сил, действующих на вагон при выполнении операций на сортировочной горке и при торможении состава, движущегося по кривому участку пути. Нормативными документами [1, 4–6] при оценке прочности рамы тележки предусмотрен учет кососимметричной нагрузки, возникающей при наезде на неровность пути, в сочетании с другими нагрузками. При этом не предусматривается оценка статической прочности по допускаемым напряжениям от максимальных кососимметричных сил, при действии которых возможно появление остаточных деформаций рамы тележки.

Эксплуатируемые в составе грузовых вагонов трехэлементные тележки по ГОСТ 9246–2013 [7] не восприимчивы к кососимметричным нагрузкам в отличие от тележек с жесткой рамой цельносварной конструкции, используемых в составе грузовых вагонов с конструкционной скоростью 140 км/ч [8, 9]. Наглядно это состояние показано на рис. 1. Вместе с тем в эксплуатации фиксируются случаи проваливания (схода) колеса грузовых вагонов внутрь колеи (рис. 2) [10]. Во многом такие случаи являются следствием технического состояния путей, которые не соответствуют элементарным требованиям [11], и нарушений при проведении маневровых работ.

При таком сходе на раму тележки цельносварной конструкции, восприимчивой к кососимметричным нагрузкам, воздействуют максимальные кососимметричные нагрузки. В европейском стандарте [12] предусмотрен режим, воспроизводящий эффект схода колеса с рельса, в действующем российском стандарте [1] такого режима нет.

В связи с восприимчивостью рамы тележки цельносварной конструкции к кососимметричным

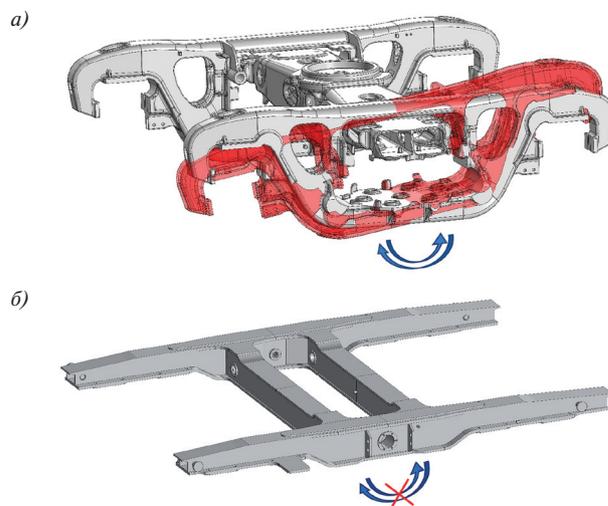


Рис. 1. Схематизированное представление восприимчивости несущих конструкций тележек к кососимметричным нагрузкам: а — сочленение несущих конструкций тележки модели 18-100; б — рама тележки жесткой сварной конструкции

Fig. 1. Schematic illustration of the susceptibility of the load-bearing structure of the bogie to an axisymmetric load:

а — joint of the load-bearing structures of the 18-100 bogie; б — rigid welded bogie frame



Рис. 2. Случаи проваливания колеса внутрь колеи
Фото из открытых источников

Fig. 2. Cases of wheels slipping into the track
Open source photos

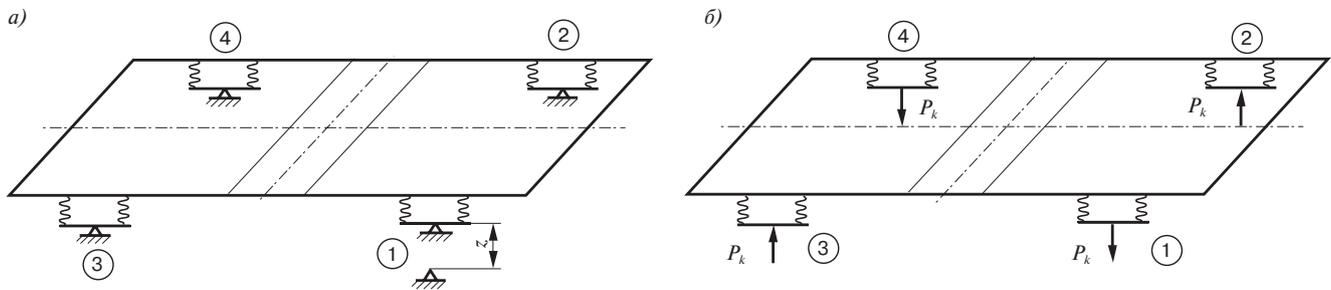


Рис. 3. Схема действия кососимметричных сил при сходе колеса с рельса: *a* — перемещение колеса z при сходе с рельса; *b* — система взаимно уравновешенных вертикальных кососимметричных сил P_k , возникающих в раме при сходе: 1, 2, 3, 4 — условный номер колеса

Fig. 3. Diagram of axisymmetric forces during wheel derailment: *a* — movement of the wheel z during the derailment; *b* — system of mutually balanced vertical axisymmetric forces P_k that occur in the frame during the derailment: 1, 2, 3, 4 — conditional wheel number

нагрузкам при сходе колеса с рельса является актуальным проведение исследований по определению этих нагрузок для использования при оценке ее статической прочности. Данный режим обозначим как режим «Сход».

Определение кососимметричных нагрузок расчетно-аналитическим способом. Кососимметричная нагрузка, воспринимаемая рамой тележки при сходе колеса с

рельса, представляет собой систему уравновешенных вертикальных сил. Для двухосной тележки данная нагрузка состоит из четырех равных сил, приложенных к буксовым проемам. Две из этих сил, расположенные по диагонали, действуют вверх, а две другие — вниз (рис. 3).

Кососимметричную силу P_k , действующую на раму тележки от вертикального перемещения одного колеса тележки при его сходе с рельса, определим по формуле (1) [13, 14]:

$$P_k = \frac{z \cdot 2b \cdot C_6 C_p}{4 \cdot 2S \cdot C_6 + C_p}, \quad (1)$$

где z — вертикальное перемещение одного колеса тележки при сходе колеса с рельса, м; $2b$ — расстояние между центрами буксовых опор рамы, м; $2S$ — расстояние между кругами катания колес колесной пары, м; C_6 — жесткость рессорного подвешивания (на один буксовый узел), кН/м; C_p — жесткость рамы тележки при кососимметричной нагрузке, кН/м, определяемая по формуле

$$C_p = \frac{1}{\delta_k}, \quad (2)$$

где δ_k — перемещение четверти рамы от кососимметричной силы, м, при $P_k = 1$ кН (рис. 4).

На рис. 5 наглядно представлено изменение величин сил, действующих на буксовые проемы рамы тележки при вертикальном перемещении колеса вниз на 190 мм (высота рельса Р75). Силы рассчитаны по формуле (1) на примере двухосной тележки с характеристиками, приведенными в таблице.

Распределение имеет кососимметричный характер. Поскольку в формуле (1) не предусмотрено предельное условие, связанное со статическим прогибом рессорного подвешивания, и, учитывая, что при больших

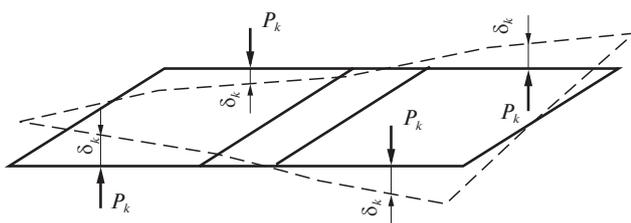


Рис. 4. Схема действия кососимметричных сил для определения жесткости рамы тележки C_p

Fig. 4. Diagram of axisymmetric forces for determination of bogie frame stiffness C_p

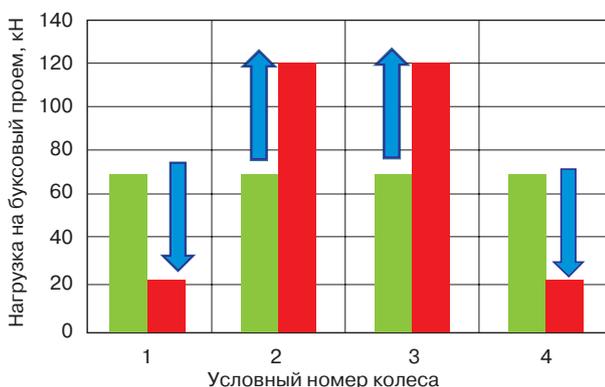


Рис. 5. Изменение нагрузок на буксовые проемы рамы тележки при сходе первого колеса с рельса

Fig. 5. Change in the loads acting on the pedestal jaw openings of the bogie frame during the derailment of the first wheel

вертикальных перемещениях колеса вниз возможно его провисание, проведено моделирование схода колеса с использованием программного пакета «Универсальный механизм».

Определение распределения нагрузок от колес тележки на рельсы при моделировании. Для исследования влияния схода колеса с рельса на распределение нагрузок по колесам в тележке с цельносварной рамой в сравнении с трехэлементной тележкой в программном комплексе «Универсальный механизм» были разработаны компьютерные модели вагонов в твердотельной постановке. Моделирование схода производилось путем проезда неровности, имитирующей сход колеса с рельса (рис. 6). Моделирование проводилось с тележками модели 18-100, имитирующими тележку с рамой, способной упруго деформироваться под весом кузова, и тележками с цельносварной жесткой рамой.

По результатам моделирования выявлено, что при сходе колеса с рельса происходит перераспределение нагрузки от колес на рельсы (рис. 7).

Распределение нагрузки от тележки (колес) на рельсы имеет кососимметричный характер (рис. 7).

При этом у вагона с рамой тележки цельносварной конструкции кососимметричная нагрузка от колес на рельсы выражена ярче.

При сходе колеса с рельса картина передачи нагрузки от кузова вагона на тележку модели 18-100 меняется. В этом случае нагрузка от кузова вагона на тележку передается через подпятник и один боковой скользун (рис. 8), что приводит к перегрузке одной боковины рамы тележки.

Полученные в ходе моделирования результаты подтверждают кососимметричный характер воздействия сил на раму тележки цельносварной конструкции при сходе колеса с рельса.

Натурный эксперимент для определения распределения нагрузок от колес на рельсы. Поскольку при моделировании элементы тележки принимались твердотельными, а рама тележки цельносварной конструкции обладает некоторой гибкостью, для подтверждения распределения нагрузок на буксовые проемы рамы тележки при сходе колеса с рельса, определенных в ходе теоретических исследований, проведен натурный эксперимент на пассажирском

Характеристики тележки

Таблица

Bogie specifications

Table

Параметр	Значение
Жесткость рессорного подвешивания (на один буксовый узел), кН/м	950
Жесткость рамы тележки при кососимметричной нагрузке, кН/м	5364,8
Расстояние между центрами буксовых опор рамы, м	2,036
Расстояние между кругами катания колес колесной пары, м	1,58
Вес обрессоренных частей, приходящийся на шейку оси колесной пары, кН	77

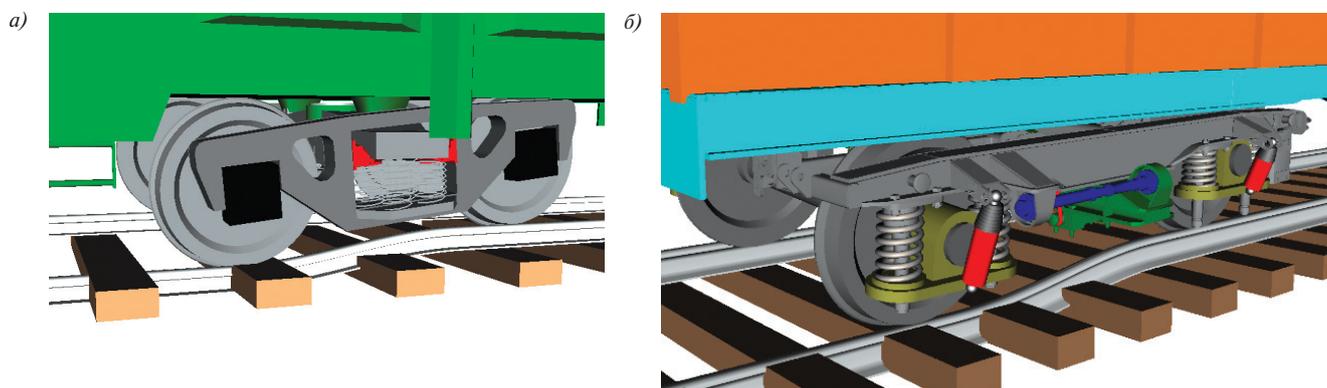


Рис. 6. Моделирование схода колеса с рельса тележки модели:
а — 18-100; б — 18-6981

Fig. 6. Simulation of a wheel derailment of a model bogie:
а — 18-100; б — 18-6981

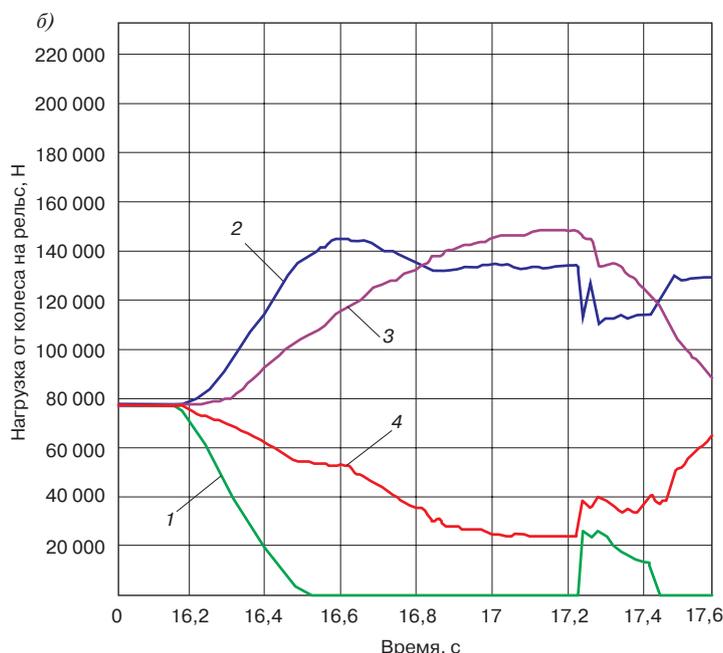
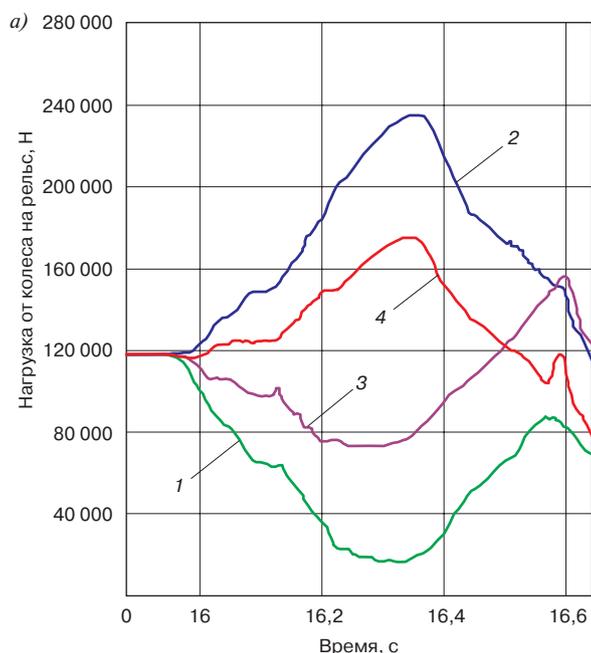


Рис. 7. Распределение нагрузок на рельсы от колес в процессе схода с рельсов вагона с тележками модели 18-100 (а) и цельносварной рамой (б):
1 — первое колесо; 2 — второе колесо; 3 — третье колесо; 4 — четвертое колесо

Fig. 7. Distribution of wheel loads on the rails during car derailment with bogies model 18-100 (a) and with an all-welded frame (b):
1 — first wheel; 2 — second wheel; 3 — third wheel; 4 — fourth wheel

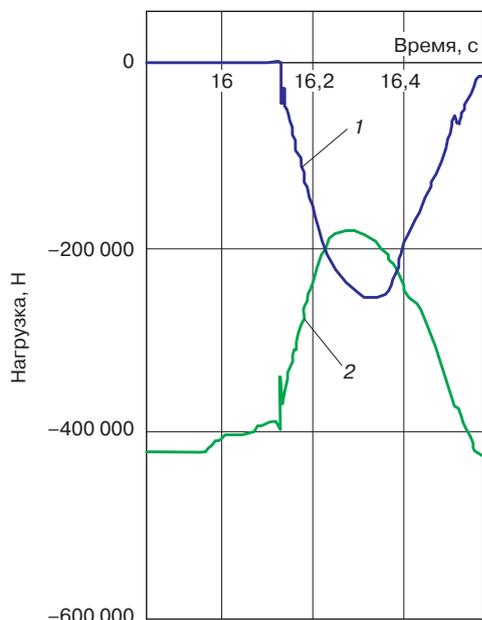


Рис. 8. Распределение нагрузок от кузова на опоры тележки в процессе схода:

1 — скользя со стороны второго и четвертого колеса; 2 — подпятник

Fig. 8. Distribution of the load from the bogie body to the bogie supports during derailment:
1 — second and fourth wheel side bearer; 2 — centre plate

вагоне. Пассажирский вагон имел в своем составе двухосные тележки с цельносварной рамой, где боковые балки жестко соединены между собой поперечными балками.

Нагрузки на буксовые проемы по механическим напряжениям при деформации рамы от кососимметричных сил фиксировались тензорезисторами 15, 25, 35, 45, наклеенными на раме тележки по схеме, представленной на рис. 9.

При проведении натурного эксперимента имитация схода колеса с рельса (рис. 10) производилась опусканием кузова вагона с тележкой на опоры, которые устанавливались под три колеса (рис. 10, б).

Распределение нагрузок на буксовые проемы рамы тележки, полученное в ходе эксперимента, представлено на рис. 11.

На этапе 1 нагрузка от веса вагона полностью передавалась от колес на рельс. В эксперименте уровень нагрузки, передаваемой на раму тележки от каждого колеса, определялся по разности напряжений на этапах 1 и 3 относительно напряжения этапа 2, принимаемого за ноль. На этапе 2 вагон с тележкой был поднят на домкратах, нагрузка через колеса на рельс не передавалась. На этапе 3 имитировался сход с провалом первого по ходу движения колеса на высоту рельса.

Анализ осциллограмм (рис. 11) показывает, что при сходе одного колеса почти вся нагрузка на рельсы передается через другие три колеса. Поскольку кузов вагона имеет крутильную жесткость, в большей степени перегружается противоположная по отношению к сошедшему колесу боковина. В этом случае нагрузка от кузова на тележку передается через скользящий элемент. Проведенный эксперимент подтверждает результаты моделирования, приведенные в предыдущем разделе.

Промежуточные результаты. Проведенный комплекс теоретических и экспериментальных исследований показал, что величина кососимметричных нагрузок, действующих на раму тележки грузового вагона при сходе колеса с рельса, зависит от жесткости цельносварной рамы. В связи с влиянием жесткости рамы тележки на ее нагруженность (рис. 7) и на основании проведенных исследований (рис. 7 и рис. 11) предлагается предусматривать два расчетных случая воздействия нагрузок. Это позволит оценить прочность рамы тележки без проведения дополнительных исследований по нахождению распределения нагрузок на раму конкретной конструкции при сходе колеса с рельса.

Для первого случая нагрузки следует прикладывать к двум диагонально расположенным буксовым проемам рамы тележки. Тогда максимально нагружаются поперечные балки, соединяющие боковые балки, что связано с деформацией от кручения при кососимметричном нагружении рамы.

Для второго случая нагрузки прикладываются к трем буксовым проемам рамы тележки. Схемы нагружения и величины нагрузок, равных произведению статической нагрузки на буксовый проем при максимальной расчетной нагрузке от колесной

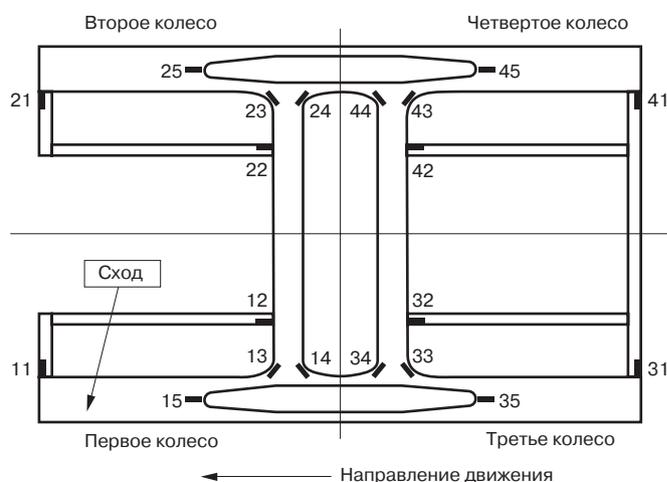


Рис. 9. Схема размещения тензорезисторов на раме тележки пассажирского вагона

Fig. 9. Arrangement of strain gauges on the bogie frame of a passenger carriage

пары на рельсы $P_{ст}$ с коэффициентом перегрузки, для обоих случаев приведены на рис. 12. Принятые коэффициенты перегрузки обеспечат проектирование конструкции рамы тележки, обладающей запасом по прочности от воздействия кососимметричных сил.

Обсуждение практического применения результатов. Выполним расчет статической прочности рамы тележки от воздействия кососимметричной нагрузки и сравним с напряженным состоянием от действия статических и инерционных сил при соударениях (режим Ia по [1]). Оценка прочности производится по допускаемым напряжениям по отношению к пределу

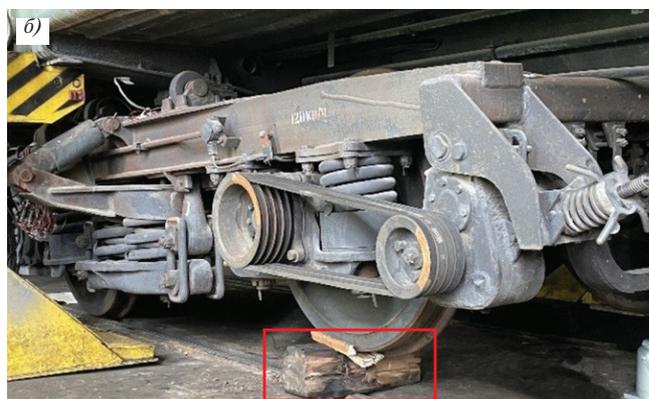


Рис. 10. Имитация схода с провалом первого по ходу движения колеса: а — обезгруживание первого колеса; б — опускание кузова вагона с тележкой на опоры, установленные под три колеса

Fig. 10. Simulated derailment with first wheel failure in driving direction: а — unloading of the first wheel; б — lowering of the car body with the bogie on the supports that are mounted under the three wheels

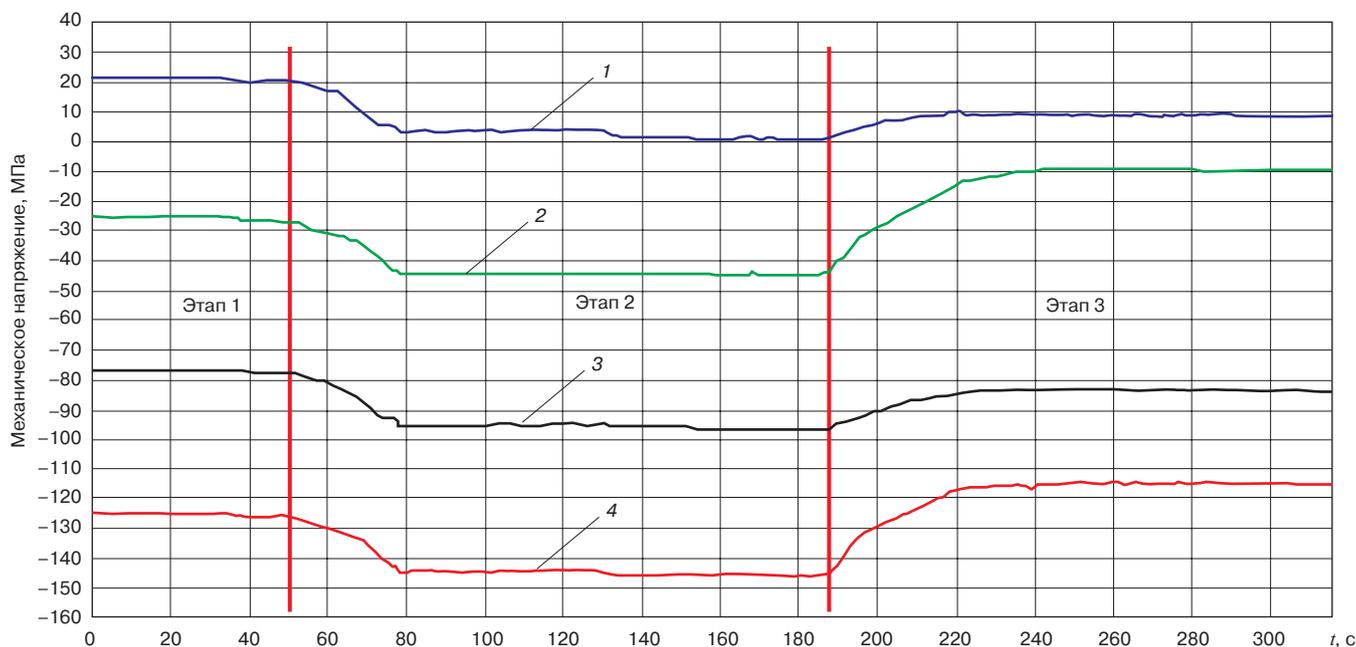


Рис. 11. Осциллограмма перераспределения нагрузок на раму тележки при сходе колеса:
1 – точка 15; 2 – точка 25; 3 – точка 35; 4 – точка 45

Fig. 11. Oscillogram of the redistribution of the load on the bogie frame during derailment:
1 – point 15; 2 – point 25; 3 – point 35; 4 – point 45

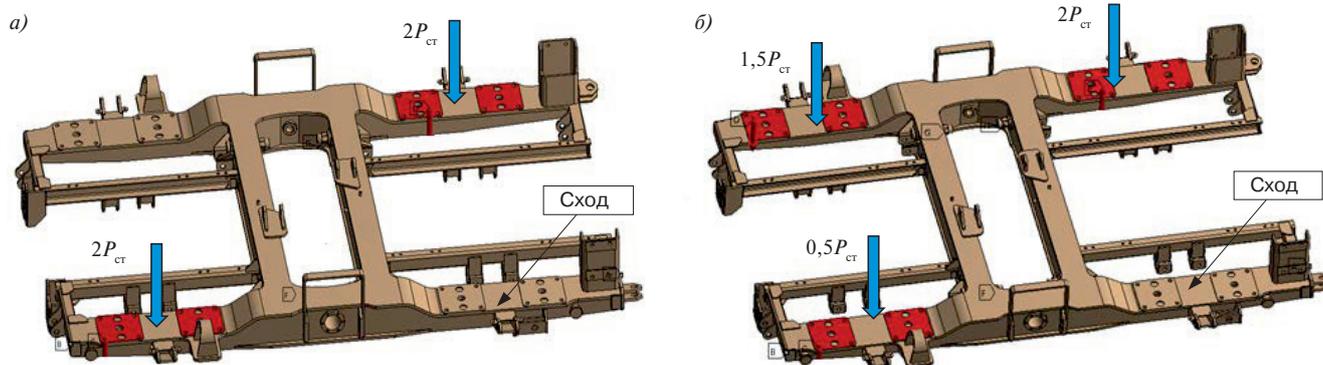


Рис. 12. Расчетные случаи нагружения рамы тележки для оценки ее прочности от воздействия кососимметричных нагрузок:
а – нагружение по диагонали; б – нагружение по трем буксовым проемам

Fig. 12. Calculation of load cases for the bogie frame to assess its strength against axisymmetric loads:
а – diagonal loading; б – loading on three pedestal jaw openings

текучести материала. Результаты расчета представлены на рис. 13.

В рассчитанной конструкции рамы тележки максимальные напряжения от воздействия кососимметричных нагрузок не превышают напряжений от воздействия статической и инерционной сил,

предусмотренных режимом Ia [1], и ниже предела текучести применяемого материала — конструкционной стали 09Г2С. В поперечных балках, соединяющих боковые, несколько увеличиваются механические напряжения, что связано с депланацией от кручения при кососимметричном нагружении рамы.

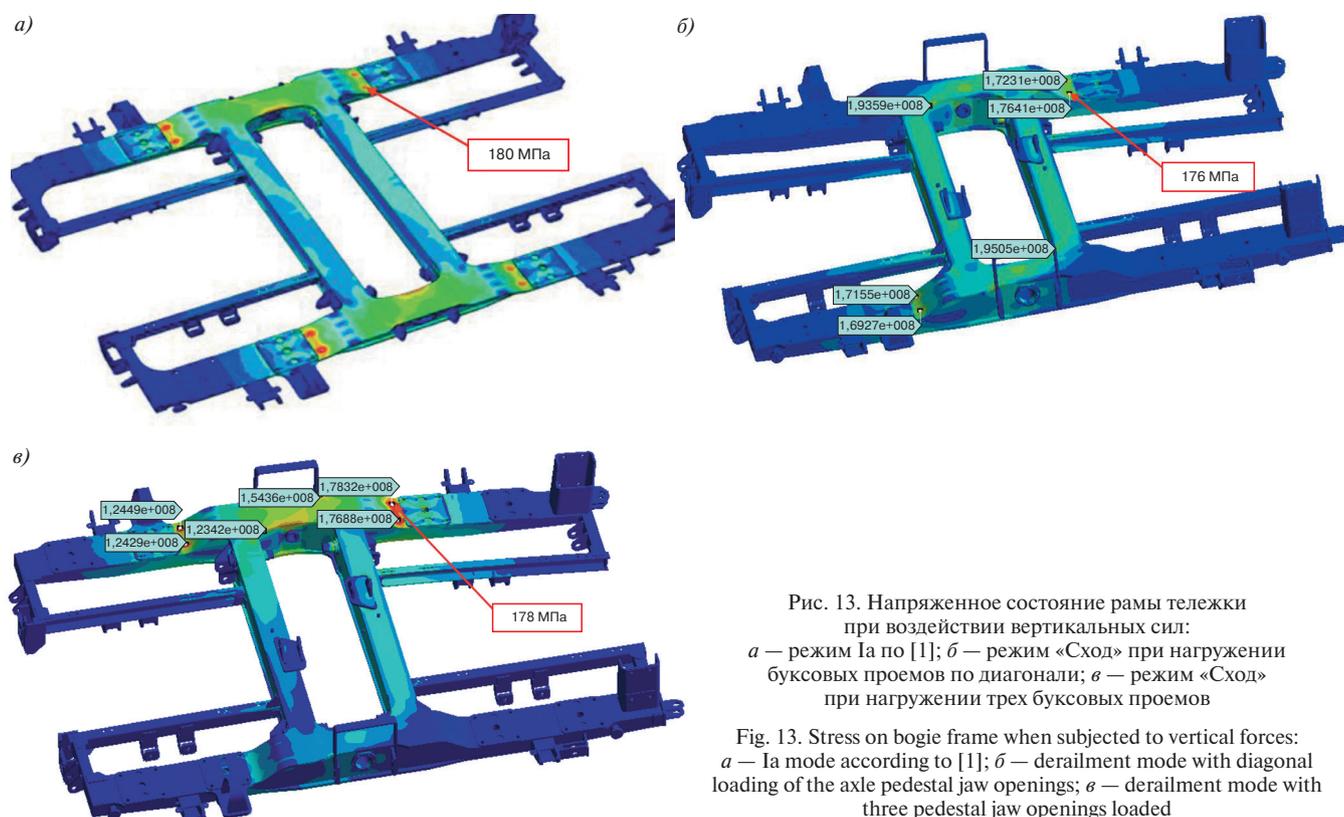


Рис. 13. Напряженное состояние рамы тележки при воздействии вертикальных сил: *a* — режим Ia по [1]; *б* — режим «Сход» при нагружении буксовых проемов по диагонали; *в* — режим «Сход» при нагружении трех буксовых проемов

Fig. 13. Stress on bogie frame when subjected to vertical forces: *a* — Ia mode according to [1]; *б* — derailment mode with diagonal loading of the axle pedestal jaw openings; *в* — derailment mode with three pedestal jaw openings loaded

Заключение. Выполненные исследования показали следующее:

- при сходе колеса рама тележки цельносварной конструкции подвергается воздействию максимальных кососимметричных нагрузок, что может привести к ее кососимметричной деформации;

- наличие остаточной кососимметричной деформации рамы тележки может приводить к снижению коэффициента запаса устойчивости колесной пары от схода с рельсов и выводу дефектной рамы из эксплуатации;

- для предупреждения остаточных деформаций и вывода из эксплуатации раму тележки цельносварной конструкции необходимо оценивать на статическую прочность в режиме «Сход»;

- для оценки прочности в режиме «Сход» необходимо учитывать два расчетных случая, предусматривающих нагружение рамы тележки по диагонали двух буксовых проемов и нагружение по трем буксовым проемам. В первом случае максимально нагружаются поперечные балки, соединяющие боковые, коэффициент перегрузки принимается равным двум величинам $P_{ст}$, соответствующим статической нагрузке на буксовый проем при максимальной расчетной нагрузке от колесной пары на рельсы. Во втором случае нагрузки прикладываются к трем буксовым проемам

рамы тележки, коэффициент перегрузки принимается равным 1,5, 2,0 и 0,5 от величины $P_{ст}$.

Благодарности: автор выражает благодарность рецензентам за полезные замечания, способствовавшие улучшению статьи.

Acknowledgments: the author expresses his gratitude to the reviewers for their constructive comments, improving the quality of the article.

Финансирование: автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding: the author received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов и не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

Conflict of interest: the author declare no conflict of interest and no financial interests in any material discussed in this article.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам: дата введения 2016-07-01. М.: Стандартинформ, 2016. 58 с. [GOST 33211–2014. *Freight wagons. Requirements to structural strength and dynamic qualities*. Introduction date 2016-07-01. Moscow: Standartinform; 2016. 58 p. (In Russ.).]

2. О безопасности железнодорожного подвижного состава: технический регламент ТС (ТР ТС 001/2011) [Электронный ресурс]: утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 г. № 710. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_118006/f3b02e9d79030e4642ef1b1d270eb2fa97db50/ (дата обращения: 03.04.2022) [Technical Regulation of the Customs Union "On Safety of Railway Rolling Stock" (TR CU 001/2011). Approved by the Decision of the Commission of the Customs Union dated July 15, 2011 No. 710. (In Russ.). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_118006/f3b02e9d79030e4642ef1b1d270eb2fa97db50/ (accessed: 03.04.2022)].

3. Гаджиметов Г. И. О влиянии кососимметричной остаточной деформации рамы тележки вагона на безопасность движения // Известия Транссиба. 2022. № 1 (49). С. 22–32 [Gadzhimetov G. I. About the influence of antisymmetric permanent strain of the wagon bogie frame on traffic safety. *Journal of Transsib Railway Studies*. 2022;(1):22-32. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/hkkoxx>.

4. ГОСТ 33796–2016. Моторвагонный подвижной состав. Требования к прочности и динамическим качествам: дата введения 2017-04-01. М.: Стандартинформ, 2016. 41 с. [GOST 33796–2016. *Railway multiple units. Durability and dynamics requirements*. Introduction date 2017-04-01. Moscow: Standartinform; 2016. 41 p. (In Russ.)].

5. ГОСТ Р 55513–2013. Локомотивы. Требования к прочности и динамическим качествам: дата введения 2014-07-01. М.: Стандартинформ, 2014. 46 с. [GOST R 55513–2013. *Locomotives. Requirements for strength and dynamic properties*. Introduction date 2014-07-01. Moscow: Standartinform; 2014. 46 p. (In Russ.)].

6. ГОСТ 34093–2017. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования к прочности и динамическим качествам: дата введения 2018-01-01. М.: Стандартинформ, 2017. 45 с. [GOST 34093–2017. *Passenger cars on locomotive traction. Requirements for structural strength and dynamic qualities*. Introduction date 2018-01-01. Moscow: Standartinform; 2017. 45 p. (In Russ.)].

7. ГОСТ 9246–2013. Тележки двухосные трехэлементные грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия: дата введения 2014-07-01. М.: Стандартинформ, 2014. 37 с. [GOST 9246–2013. *Bogies two-axle three-piece for freight wagons of 1520 mm gauge railways. General technical specifications*. Introduction date 2014-07-01. Moscow: Standartinform; 2014. 37 p. (In Russ.)].

8. Скоростной вагон-платформа для перевозки крупнотоннажных контейнеров модели 13-6704: особенности конструкции и перспективы применения / В. С. Коссов [и др.] // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2021. № 3 (55). С. 30–35 [Kossov V. S., Nikonov V. A., Shevtsov A. M., Romanov S. A., Epshteyn K. K., Savchenkov V. V. High-speed platform car for the transport of gross weight freight containers model 13-6704: design features and possible applications. *Vestnik Instituta problem estestvennykh monopolii: Tekhnika zheleznykh dorog*. 2021;(3):30-35. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/evjihj>.

9. К вопросу выбора вертикальных и горизонтальных связей в тележке для грузовых вагонов скоростных поездов / Г. И. Гаджиметов [и др.] // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2020. Т. 79, № 6. С. 351–359 [Gadzhimetov G. I., Petrov G. I., Panin Yu. A., Il'in I. E. On the issue of choosing vertical and horizontal connections in a bogie for freight cars of high-speed trains. *Russian Railway Science Journal*. 2020;79(6):351-359. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-6-351-359>.

10. Ночью на станции Дербышки с путей сошли два грузовых вагона [Электронный ресурс] // Реальное время: интернет-газета:

[сайт]. 2017. 22 апреля. URL: <https://realnoevremya.ru/news/63310-nochyu-na-stancii-derbyshki-s-putey-soshli-dva-gruzovyh-vagona> (дата обращения: 01.04.2022) [Two freight cars went off the tracks at Derbyshki railway station during the night. *Real'noe vremya: Internet newspaper: website*. 22 April 2017 (In Russ.). URL: <https://realnoevremya.ru/news/63310-nochyu-na-stancii-derbyshki-s-putey-soshli-dva-gruzovyh-vagona> (accessed: 01.04.2022)].

11. Дудкин Е. П., Рыбачок В. М. Проблемы устройства и содержания железнодорожных путей необщего пользования // Транспорт Российской Федерации. 2008. № 2(15). С. 16–17 [Dudkin E. P., Rybachok V. M. Problems with the design and maintenance of railway tracks that are not open to the public. *Transport Rossiyskoy Federatsii*. 2008;(2):16-17. (In Russ.)]. EDN: <https://www.elibrary.ru/hkkoxx>.

12. DIN EN 13749–2021. *Railway applications – Wheelsets and bogies – Method of specifying the structural requirements of bogie frames. German version EN 13749:2021*. Publication date 2021-05. 59 p. <https://dx.doi.org/10.31030/3205224>.

13. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 317 с. [Norms for the calculation and design of railway carriages of the Ministry of Railways of the 1520 mm gauge (non-self-propelled). Moscow: GosNIIV-VNIIZhT; 1996. 317 p. (In Russ.)].

14. ГОСТ 31846–2012. Специальный подвижной состав. Требования к прочности несущих конструкций и динамическим качествам: дата введения 2014-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. 71 с. [GOST 31846–2012. *Special rolling stock. Requirements for bearing structure strength and for dynamic properties*. Introduction date 2014-01-01. Moscow: Standartinform; 2013. 71 p. (In Russ.)].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Гаджимет Исамединович ГАДЖИМЕТОВ, руководитель Испытательного центра подвижного состава, Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава (ВНИКТИ, 140402, г. Коломна, ул. Октябрьской революции, д. 410), <https://orcid.org/0009-0006-1616-4765>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Gadzhimet I. GADZHIMETOV, Head of the Rolling Stock Testing Center, Research and Design Technological Institute of Rolling Stock (140402, Kolomna, 410, Oktyabrskoy Revolyutsii St.), <https://orcid.org/0009-0006-1616-4765>

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.
The author has read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию 06.07.2022, рецензия от первого рецензента получена 17.10.2022, рецензия от второго рецензента получена 23.11.2022, рецензия от третьего рецензента получена 09.03.2023, принята к публикации 25.04.2023.

The article was submitted 06.07.2022, first review received 17.10.2022, second review received 23.11.2022, third review received 09.03.2023, accepted for publication 25.04.2023.