

УДК 629.4.023.11
DOI: 10.12737/17085

К.В. Герасимов, В.В. Кобищанов, Д.Ю. Расин

НАГРУЖЕННОСТЬ ПОЛУВАГОНА С НАСТИЛОМ ПОЛА ПРИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ

Исследована нагруженность кузова полувагона глухого типа при падении в него глыбы груза. Для анализа картины напряженно-деформированного состояния кузова определены динамические напряжения и выявлена закономерность их изменения в зависимости от расположения

балок в кузове с помощью коэффициента динамики.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, предел текучести материала, коэффициент динамики, полувагон, кузов глухого типа, динамические напряжения, нагруженность.

K.V. Gerasimov, V.V. Kobishchanov, D.Yu. Rasin

LOAD OF GONDOLA WITH FLOOR DECKING AT HANDLING OPERATIONS

A gondola with a body of solid type – an economically effective unit of a rolling-stock. Most of the damages of gondola bodies is caused at handling operations with the failure of requirements observance established. In the paper the assessment of deflected mode body in the body at the lump load drop with the mass of 500 kg is carried out. Normal stresses and travels arising at the blow of load in the sections of joints of frame beams between each other, side and end walls are analyzed. The values of stresses three times higher than the foreseen ones with “Standards...” are adopted as reference valuations. It is substantiated by test results and the comparison of material characteristics at dead-weight and dynamic loads.

As a result of car body multi-choice computations on basis of the detailed MCE there was established the following: the closer the place of a lump blow to a supporting longitudinal to the car body end is, the stresses are higher in it. Stresses arising in the

supporting longitudinal situated between an end girder and a body bolster beam reach 998 Н/мм^2 , at the same time in the middle of the car body of a gondola they do not exceed 450 Н/мм^2 . If a load lump falls down on the joint of cross-beams and longitudinal ones, then stresses in their sections 10-15 times less, than if the fall were to a strengthening beam. In the main the maximum stress distribution is limited by small areas located between two neighboring cross-beams. The research results have shown, it is necessary that additional bearing elements absorbing a blow should be introduced in a frame.

Key words: deflected mode, yield point of material, dynamic index, gondola, solid car body, dynamic stress, load.

В конце 1980-х годов на Ждановском заводе тяжелого машиностроения был разработан и изготовлен полувагон с кузовом без разгрузочных люков [1], который имел ряд преимуществ по сравнению с люковым полувагоном: дешевле в производстве на 15% и в эксплуатации на 4% [2].

Наибольшая вероятность повреждения кузова полувагона связана с погрузочно-разгрузочными работами. В настоящее время с появлением большого количества небольших фирм - перевозчиков железнодорожных грузов в России актуальность темы погрузочно-разгрузочных работ резко возросла, поскольку одним из главных способов конкурентного соревнования яв-

ляется сокращение периода обращения вагона. Нередко интенсивность погрузочно-разгрузочных работ увеличивается за счет отклонений от требований и рекомендаций к ним, а также ошибок операторов.

Принципы погрузочно-разгрузочных работ раскрыты в инструкциях МПС и ряде публикаций, например в ГОСТ 22235-2010 «Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ», «Нормах для расчета и проектирования вагонов железных дорог колеи 1520 мм (несамоходных)». Вместе с тем одной из причин

повреждения полувагонов является падение глыбы груза на раму кузова.

Рассматривается полувагон с типовой конструкцией кузова глухого типа. На

рис.1 показана структурная схема рамы и один из вариантов нагружения ее падающей глыбой груза (условно).

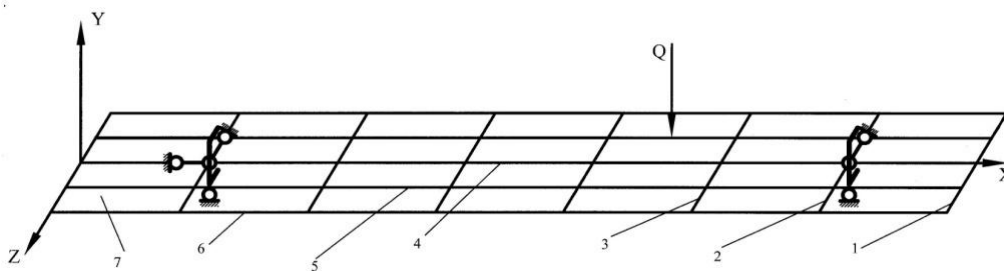


Рис. 1. Расчетная схема: 1 - концевая балка; 2 - шкворневая балка; 3 – промежуточная балка; 4 - хребтовая балка; 5 – продольная подкрепляющая балка; 6 - нижняя обвязка; 7 - настил рамы полувагона

Одним из подходов к оценке несущей способности конструкции является расчет коэффициента динамики, позволяющего рассматривать динамическую силу удара падающего груза как квазистатическую с погрешностью до 5% при сравнении с данными экспериментов (при условии что коэффициент динамики не превысит 110) [5].

Исследовались варианты падения глыбы груза массой 500 кг на различные балки рамы. Рассматривались нормальные напряжения в сечениях соединений продольных, хребтовой балок и нижних обвязок с поперечными балками.

При ударе глыбы в продольную подкрепляющую балку, расположенную между концевой и шкворневой балками, максимальные нормальные напряжения составили 998 Н/мм^2 . В консольной части рамы, расположенной между концевой и промежуточной балками, близлежащими к узлу, на который приходится центр тяжести падающей глыбы, они составляют: в концевой балке – 205 Н/мм^2 , в шкворневой – 140 Н/мм^2 , в промежуточной – 340 Н/мм^2 , в продольной балке между шкворневой и промежуточной балками – 350 Н/мм^2 , в нижней обвязке - 170 Н/мм^2 , в узле соединения хребтовой и концевой балок – 85 Н/мм^2 . В остальной части рамы кузова полувагона напряжения не превышают 20 Н/мм^2 .

Максимальные перемещения 16 мм наблюдаются в точке приложения ударной

нагрузки. Перемещения в узлах соединения концевой балки с хребтовой составили 3 мм, с ударяемой подкрепляющей – 6 мм, с нижней обвязкой – 8 мм. В неударяемых промежуточной продольной балке и нижней обвязке они близки к нулю.

Таким образом, указанные динамические напряжения и перемещения дают следующую картину поведения кузова полувагона: проседание вниз и поворот ударяемой консоли, образованной концевой и шкворневыми балками. При этом концевая балка проворачивается относительно продольной оси хребтовой балки и в узле соединения с ударяемой нижней обвязкой перемещается вниз. Во второй консоли рамы направления поворота в элементах изменяются. В ряде балок рамы заметен изгиб: в узлах соединения шкворневой и промежуточной балок с нижней обвязкой – вниз; хребтовая балка в надпятниковом узле выгибается вверх. В области между первой и четвертой промежуточными балками возможно наличие стесненного кручения в хребтовой балке.

Расчет падения глыбы в шкворневую балку выявил следующие максимальные динамические напряжения: в концевой балке – 15 Н/мм^2 , в хребтовой между шкворневой и концевой - 24 Н/мм^2 , в сечении узла соединения шкворневой и хребтовой балок - 38 Н/мм^2 , в соединении шкворневой и первой продольной поддер-

живающей балок - 19 Н/мм. Наибольшие перемещения возникают в консоли рамы, образованной концевой и шкворневой балками, – 3,6 мм. При этом возможен небольшой поворот рамы кузова относительно его продольной оси, при котором ударяемая часть идет вниз, а неударяемая – вверх.

Итогом ударного воздействия на продольную балку, расположенную между шкворневой и промежуточной балками, являются максимальные напряжения: в точке приложения нагрузки – 908 Н/мм²; в области установки скользуна на шкворневой балке, ближайшей к удару, – 300 Н/мм²; в середине продольной подкрепляющей балки между шкворневой и концевой балками – 235 Н/мм²; между первой и второй промежуточными балками – 278 Н/мм².

Максимальные перемещения зарегистрированы в точке приложения ударной нагрузки и составляют 11,5 мм. При этом наблюдается небольшой поворот первой консоли рамы кузова, при котором: ударяемая продольная балка перемещается вниз; шкворневая и промежуточная в узлах соединения с хребтовой изгибаются вниз; между первой и четвертой промежуточными балками возможно стесненное кручение хребтовой балки.

Упав на первую промежуточную балку, глыба вызывает в ней напряжения 78 Н/мм². В остальных элементах рамы они не превышают 30 Н/мм². Максимальные перемещения в точке удара незначительны (до 2,4 мм). При повороте кузова относительно своей продольной оси неударяемая продольная часть идет вниз, шкворневая и промежуточные балки изгибаются вниз, третья промежуточная – вверх. Хребтовая балка имеет два изгиба: вниз – в узле соединения с первой концевой балкой, вверх – в районе первой шкворневой балки.

При ударном воздействии глыбы на продольную балку между первой и второй промежуточными балками наибольшие напряжения возникают в точке приложения ударной нагрузки и составляют 523 Н/мм²; в сечении узла соединения первой промежуточной балки с продольной ударяемой – 169 Н/мм²; во второй поперечной балке – 172 Н/мм². Максимальные перемещения возникают в области удара и достигают 8 мм.

Ударное воздействие падающей глыбы на продольную поддерживающую балку между второй и третьей промежуточными балками имеет ряд особенностей (рис. 2): максимальные напряжения возникают в точке приложения ударной нагрузки и составляют 462 Н/мм², а в остальных элементах рамы – не более 70 Н/мм²; перемещения достигают максимума в точке приложения нагрузки - 7,4 мм.

Хребтовая балка в точке удара изгибается вниз. Вторая и третья промежуточные балки изгибаются вверх, а в узлах соединения с нижней обвязкой – вниз.

Значения допускаемых напряжений от нагрузок, действующих на вагон при его эксплуатации, в том числе после падения груза, прописаны в различных документах и инструкциях. Согласно «Нормам...», при моделировании условий воздействия на кузов вагона динамических нагрузок (III режима) значения нормальных напряжений в элементах рамы полувагона для стали 09Г2С с пределом текучести 325 Н/мм² не должны превышать 250 Н/мм². В работах [3;4] приводятся данные для сталей с содержанием углерода 0,2%: при статических испытаниях предел текучести составил 450 Н/мм², при динамических – 1200 Н/мм². Из этого можно сделать вывод, что допустимо полученные расчетные данные сопоставлять со значениями, до трех раз большими статического предела текучести.

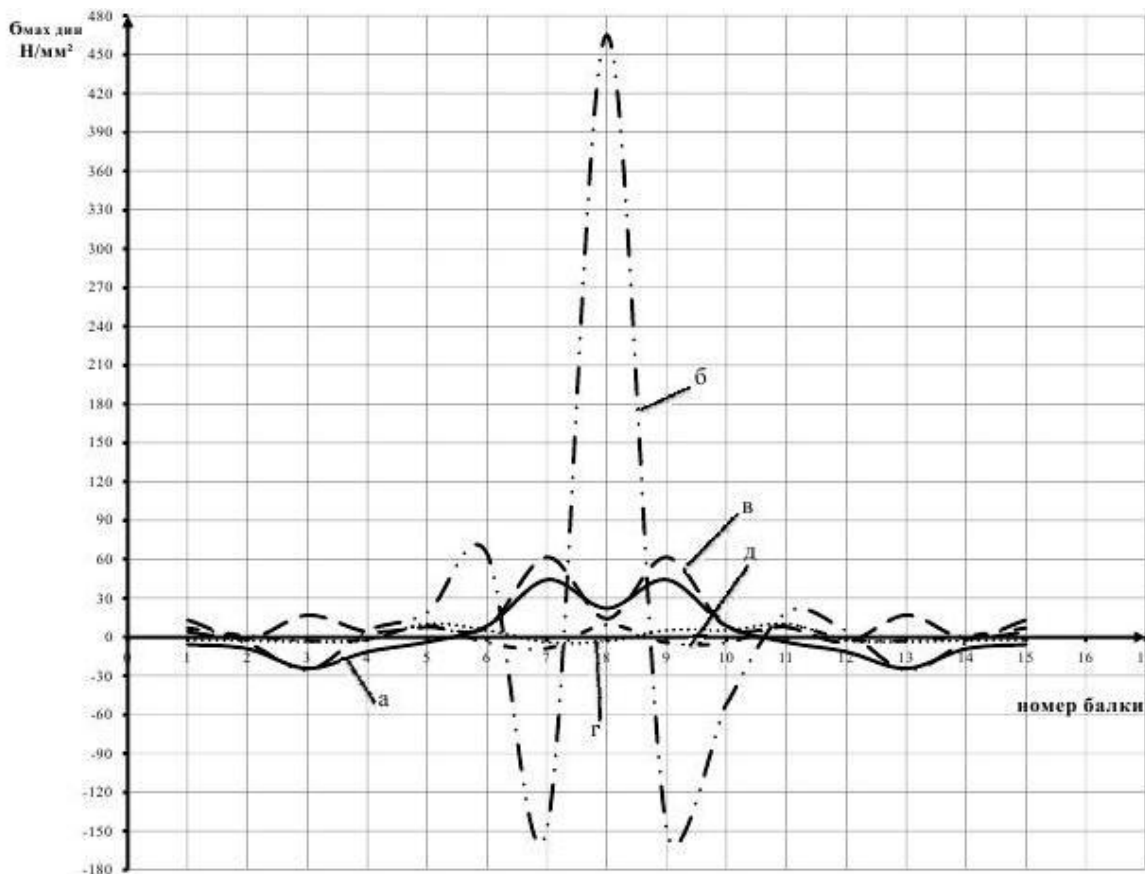


Рис. 2. Эпюры нормальных напряжений, возникающих при падении глыбы на продольную поддерживающую балку между второй и третьей (промежуточной) балками: а - для хребтовой балки; б - для ударяемой продольной поддерживающей балки; в - для ударяемой нижней обвязки; г - для неударяемой продольной поддерживающей балки; д - для неударяемой нижней обвязки

Таким образом, напряженно-деформированное состояние кузова полувагона глухого типа при падении в него глыбы груза имеет следующие особенности.

Во-первых, чем ближе точка удара глыбы в продольную поддерживающую балку к концу кузова, тем напряжения в ней выше. Например, в продольной поддерживающей балке, расположенной между концевой и шкворневой балками, при ударе возникает напряжение 998 Н/мм^2 , а в

продольной балке, установленной в середине кузова полувагона, - 450 Н/мм^2 .

Во-вторых, разница в 10-15 раз между напряжениями в продольных и поперечных балках связана прежде всего с областью падения глыбы.

В заключение можно отметить, что подкрепление настила пола кузова полувагона глухого типа недостаточно и необходимы дополнительные конструктивные решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шадур, Л. А. Развитие отечественного вагонного парка / Л. А. Шадур — М.: Транспорт, 1988. - 279 с.
2. Спиридонов, Б.К. Конструкция и расчет вагонов: учеб. для машиностроит. техникумов / Б.К. Спиридонов, И.Ф. Пастухов.- М.:Машиностроение, 1980. - 248 с.
3. Золоторевский, В. С. Механические свойства материалов: учеб. для вузов / В. С. Золоторевский. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: МИСИС, 1998. - 400 с.
4. Хоником, Р. Пластическая деформация металлов: [пер. с англ.]/ Р. Хоником; под ред. Б. Я. Любова. - М.: Мир, 1972. - 408 с.
5. Сакало, В. И. Сопротивление материалов: учеб. пособие / В. И. Сакало. - Брянск: БГТУ, 2009. - 528с.

1. Shadur, L.A., Development of home car fleet /L.A. Shadur – М.: *Transport*, 1988., pp. 279.
2. Spiridonov, B.K., Design and car computation: Textbook for engineering colleges / B.K. Spiridonov, I.V. Pastukhov.- М.: *Mechanical Engineering*, 1980. pp. 248.
3. Zolotarevsky, V.S., *Stress-Strain Properties of Materials*: Textbook for colleges / V.S. Zolotarevsky – 3d Edition revised and supplemented М.: MISIS, 1998. pp. 400.
4. Khonikom, R., *Metal Plastic Deformation*: [translated from Engl.]/R.Khonikom, edited by B.Ya. Lyubov. – М.: Mir, 1972. pp. 408.
5. Sakalo, V.I., *Strength of Materials*: Textbook / V.I. Sakalo. – Bryansk, BSTU, 2009. pp. 528.

*Материал поступил в редколлегию
3.09.15.*

*Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета
В.И. Сакало*

Сведения об авторах:

Герасимов Кирилл Вячеславович, аспирант кафедры «Подвижной состав железных дорог» Брянского государственного технического университета, e-mail: wagon@tu-bryansk.ru.

Кобищанов Владимир Владимирович, д. т. н., профессор кафедры «Подвижной состав железных

Gerasimov Kirill Vyacheslavovich, Post graduate student of the Dep. «Railway Rolling-Stock» Bryansk State Technical University, e-mail: wagon@tu-bryansk.ru.

дорог» Брянского государственного технического университета, e-mail: wagon@tu-bryansk.ru.

Расин Дмитрий Юрьевич, к. т. н., доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог» Брянского государственного технического университета, e-mail: wagon@tu-bryansk.ru.

Kobishchanov Vladimir Vladimirovich, D.Eng. Prof. of the Dep. «Railway Rolling-Stock» Bryansk State Technical University, e-mail: wagon@tu-bryansk.ru.

Rasin Dmitry Yurievich, Can.Eng., Assistant Prof. of the Dep. «Railway Rolling-Stock» Bryansk State Technical University, e-mail: wagon@tu-bryansk.ru.