

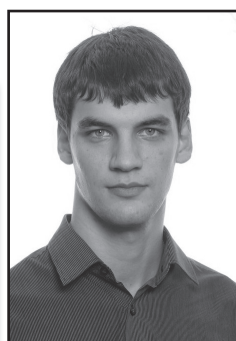


Профиль обшивки и циклы вибронагружения полувагона



Василий ЛАПШИН
Vasily E. LAPSHIN

Константин КОЛЯСОВ
Constantine M. KOLYASOV



Константин ДОЛГИХ
Constantine O. DOLGIKH

Лапшин Василий Федорович — доктор технических наук, профессор Уральского государственного университета путей сообщения» (УрГУПС), Екатеринбург, Россия.
Колясов Константин Михайлович — кандидат технических наук, доцент УрГУПС, Екатеринбург, Россия.
Долгих Константин Олегович — ассистент кафедры «Вагоны» УрГУПС, Екатеринбург, Россия.

Side Sheathing Shape and Cycles of Vibration Loading of Gondola Cars

(текст статьи на англ.яз. — English text of the article — p. 151)

Конструкции боковых стен грузовых полувагонов, рассчитанных на использование технологий виброразгрузки, предполагают их обшивку листовыми профилями. Чтобы повысить эксплуатационную надежность таких комплексов, предлагаются разные конструктивные решения, модели, проводятся все новые расчеты и эксперименты. В числе прочих в статье представлены авторские исследования и прошедшие в Екатеринбурге проверку варианты альтернативных профилей обшивки, показавших возможность применения накладных вибромашин на разгрузке полувагонов с высотой кузова 2365 мм и с учетом предельно допустимого времени эксплуатации подвижного состава.

Ключевые слова: железная дорога, полувагон, профиль обшивки, циклы нагружения, накладная вибромашин, допустимое время нагружения, концентрация напряжений, зависание груза, повреждаемость элементов, межремонтный период.

Современный этап развития технологий виброразгрузки характеризуется переходом на полувагоны с высотой кузова 2365 мм взамен 1880 и 2060 мм и предельно допустимым временем подобных операций за межремонтный период 168 минут, увеличением интенсивности подачи вагонов под виброразгрузку до 16 раз в месяц [1] и нередким нарушением требований ГОСТ 22235 [2] по поводу сохранности полувагонов при разгрузке с применением вибромашин.

Проведенные ранее обследования технического состояния полувагонов с высотой кузова 2365 мм, подаваемых под разгрузку и очистку от остатков груза с применением вибротехники [3], выявили повышенную повреждаемость элементов боковых стен. Около 90% полувагонов имели отрывы листов обшивки от стоек боковой стены и трещины до 200 мм в углах верхнего и среднего гофров первой и второй панелей. Это привело к тому, что новая редакция ГОСТ 22235, действующая с 2010 года, запре-

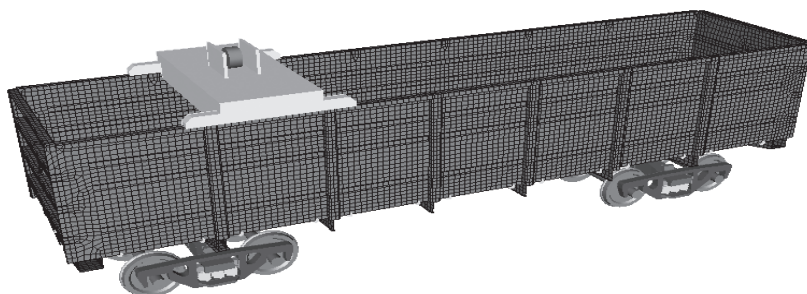


Рис. 1. Компьютерная модель механической системы «вибромашина–кузов полувагона–тележка».

щает подачу вагонов с высотой кузова 2365 мм под разгрузку с применением вибрационной техники.

Однако установленный запрет не решает проблему обеспечения сохранности таких полувагонов, а их доля в общем парке преобладает. Это касается, в частности, вагонного парка для перевозки руды с участием ОАО «Святогор», ЗАО «ПО Режني-кель» и других партнеров Свердловской железной дороги (по данным на 2011 год).

Отличительной особенностью конструкции боковых стен полувагонов является использование в качестве обшивки листовых профилей с периодически повторяющимися продольными гофрами глубиной 36 мм, выполняющими роль концентраторов напряжений. С 2008 года ведется поиск конструктивных решений по такой обшивке. Для исключения ее повреждений ОАО «НПК «Уралвагонзавод» были разработаны конструкции боковых стен с применением гладкого листа толщиной 4,5 мм; профилей с продольными сквозными гофрами глубиной 10 ± 2 мм [4]. При этом стала очевидной и актуальность задачи добиться объективной оценки влияния профиля обшивки на допустимое количество циклов нагружения и найти способы повышения эксплуатационной надежности полувагонов при воздействии на них вибрационной нагрузки.

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

В ходе исследования нагруженности кузова полувагона нами использована методика компьютерного моделирования, изложенная в [5]. В основу методики положена модель «вибромашина – кузов полувагона – тележка», включающая не только абсолютно твердые тела (подмодели «ви-

бромашина», «тележка»), связанные посредством шарниров и силовых элементов, но и упругие тела (подмодель «кузов полувагона»).

Идеология построения модели базируется на принципах метода гибридного моделирования, реализованного в аналитической среде «универсальный механизм» [6]. При формировании общей модели механической системы «вибромашина–кузов полувагона–тележка» учитывалось контактное взаимодействие типа «точка–плоскость», входящее в стандартный набор программных процедур аналитической программной среды. Упругие свойства кузова отражал модуль программирования упругих тел UMFEM. Нагружение кузова осуществлялось приложением вибрационной нагрузки к верхней обвязке, что соответствует условиям разгрузки полувагонов с применением накладных виброустройств (рис. 1).

Алгоритм решения задачи включал два этапа:

- оценка степени силового воздействия вибромашин на кузов при разгрузке, получение значений динамических напряжений в элементах обшивки;
- нахождение допустимого времени [7] (количество циклов до появления усталостного повреждения) нагружения кузова вынуждающей силой вибромашин. Общее число циклов за межремонтный период определялось в соответствии с существующими нормами [7].

В качестве объекта определены три варианта конструкции кузова с измененными профилями обшивки боковой стены:

- 1) листовой профиль с продольными периодическими гофрами по ТУ 14-101-789-2008 с толщиной верхнего листа 3,6 мм и нижнего – 4,5 мм;





150

- 2) гладкие листы толщиной 4,5 мм;
- 3) листовой профиль с продольными сквозными гофрами по ТУ 14-101-789-2008 с толщиной верхнего листа 3,6 мм и нижнего — 4,5 мм.

На первом этапе выполнена оценка напряженного состояния элементов боковой стены. Расчеты делались при следующих параметрах накладной вибромашины: амплитуда вынуждающей силы 88 кН, масса 7500 кг, частота нагружения 24 Гц. Вибромашина устанавливалась над первой тележкой с перекрытием опорными поверхностями двух стоек (шкворневой и первой промежуточной, рис. 1).

При определении допускаемого количества циклов нагружения результат во многом зависит от принятого в расчетах допускаемого коэффициента запаса усталостной прочности $[n]$. Как известно [7], для элементов кузова значения коэффициента $[n]$ зависят от надежности исходных данных и типа элемента конструкции. Учитывая это, для обшивки кузова допускаемое значение $[n] = 1,5$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

При частоте нагружения вынуждающей силой 24 Гц кузова порожнего полувагона (что соответствует с определенной долей приближения технологическому процессу очистки) максимальные динамические напряжения возникают в углах верхних гофров первой и второй панелей, где их величина составляет 49–55 МПа. Для зон приварки листов обшивки к несущим элементам боковой стены наибольшие напряжения зафиксированы в точках приварки второй, шестой и седьмой панелей к вертикальным стойкам, уровень напряжений в которых составил 52–66 МПа.

Как показали расчеты, в конструкциях кузовов с альтернативными обшивками уровень максимальных напряжений находится в диапазоне 34–51 МПа и 38–50 МПа — из гладких листов (вариант 2) и с продольными сквозными гофрами (вариант 3) соответственно. Характерно, что в обшивке из гладких листов максимальные значения приходятся на приварку листов к верхней обвязке, в то время как у обшивки со сквозными гофрами — в зоне приварки к шкворневым и промежуточным стойкам. Причем значения

суммарных напряжений для альтернативных вариантов обшивки в среднем на 20–35% ниже, чем в базовом варианте 1 — с периодическими продольными гофрами.

Преимущество альтернативных профилей — исключение зависания груза в выштамповках, что характерно для полувагонов с обшивкой из листов с периодическими горизонтальными гофрами. Нами выполнен расчет напряжений в этом варианте, при зависании груза в гофрах. Установлено, что максимальные имеют место в средних и нижних гофрах первой, второй, шестой, седьмой панелях, где напряжения достигают 100 МПа. Зависание груза приводит также к увеличению напряжений до 84 МПа в зонах приварки листов обшивки к несущим элементам боковой стены.

Ясно видно, что профиль обшивки оказывает существенное влияние как на уровень динамических напряжений, так и на характер их распределения по элементам боковой стены.

На втором этапе выполнена оценка количества циклов нагружения в пересчете на допускаемое время воздействия вибромашины на кузов полувагона до наступления усталостного повреждения. Расчетами установлено, что для типовой конструкции (вариант 1) допускаемое время за межремонтный период не должно превышать 85 минут. В случае зависания груза показатель снижается до 46 минут.

При переходе на альтернативные профили обшивки удается существенно увеличить время воздействия вибромашины на полувагон при разгрузочных операциях. Так, для варианта с гладкой обшивкой допускаемое время составляет 500 минут, и лимитируется оно нагруженностью листов второй панели в зоне приварки к верхней обвязке. В остальных элементах боковых стен тот же показатель вырастает до 2000 минут, что соответствует 1,5–2 годам эксплуатации полувагона в замкнутых маршрутах [1]. Однако такая обшивка имеет недостаточную изгибную жесткость, выпучивание между стойками. Кроме того, за счет большей толщины листа обшивки увеличивается масса тары полувагона. Близкое значение $[T]$ располагает к использованию профилей с продольными сквозными гофрами (вариант 3).

Полученные результаты позволяют

рассматривать обшивку из профилей со сквозными гофрами как наиболее целесообразную для полувагонов с высотой кузова 2365 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненных численных экспериментов показано, что переход на альтернативные профили обшивки в среднем дает снизить уровень напряжений в углах гофров на 20%, а в зонах приварки к стойкам — на 35%. Отказ от профилей с периодическими гофрами позволяет исключить зависание груза в гофрах и доказывает возможность использования вибротехники при разгрузочных операциях в течение всего межремонтного периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапшин В. Ф., Сендеров Г. К. и др. Эксплуатационные испытания опытных полувагонов модели 12–132–03 на Свердловской железной дороге //

Железнодорожный транспорт. Серия «Вагоны и вагонное хозяйство. Ремонт вагонов», 2006. — Вып. 3–4. — С. 30–39.

2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 22235-2010. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ. — М.: Стандартинформ, 2011.

3. Долгих К. О., Лапшин В. Ф. Экспериментальное исследование вибронагруженности кузова полувагона // Вестник транспорта Поволжья. — 2012. — № 2. — С. 44–50.

4. Демин К. П., Агинских М. В., Чирков А. В., Даниленко Д. В. Повышение ресурса обшивки боковой стены полувагона // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты. — СПб.: ПГУПС, 2009. — С. 52–55.

5. Долгих К. О., Лапшин В. Ф. Методика компьютерного моделирования нагруженности механической системы «вибромашина—кузов вагона—тележка» // Транспорт Урала— 2012. — № 2. — С. 53–57.

6. Программный комплекс «Универсальный механизм». Руководство пользователя. В 4-х частях. — Брянск: БГТУ, 2001.

7. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходные). — М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. — 319 с. ●

Координаты авторов: Лапшин В. Ф. — VLapshin@usurt.ru, Колясов К. М. — KKolyasov@usurt.ru, Долгих К. О. — DolgikhKO@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 10.10.2014, принята к публикации 25.12.2014.

Статья подготовлена на основе материалов, представленных авторами на Международной научно-практической конференции «Конструкция, динамика и прочность подвижного состава», посвященной 75-летию со дня рождения В. Д. Хусидова (МИИТ, 20–21 марта 2014 года).

SIDING SHEATHING SHAPE AND CYCLES OF VIBRATION LOADING OF GONDOLA CARS

Lapshin, Vasily F., Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia.

Kolyasov, Constantine M., Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia.

Dolgikh, Constantine O., Ural State University of Railway Transport (USURT), Yekaterinburg, Russia.

ABSTRACT

The design of the side walls of freight gondola cars, designed for the use of vibration loading technology assume their sheathing with sheet profiles. Earlier held survey of technical state of gondola cars with a body height of 2365 mm, delivered for unloading and cleaning of cargo residues using vibration equipment [3] revealed an increased damageability of elements of the side walls. About 90% of gondola cars had separations of siding sheets from the side wall pillars and cracks of up to 200 mm in the corners of middle and upper corrugations of the first and second panels. This led to the fact that a new edition

of GOST 22235, in force since 2010, prohibits the delivery of cars with body height of 2365 mm for unloading using vibration technology. To increase the operational reliability of such complexes, different designs, models are offered, new calculations and experiments are conducted. The article presents the results of authors' research, conducted primarily with simulation and hybrid modeling methods, its conclusions and options of alternative sheathing profiles, tested in Yekaterinburg, showing the possibility of using overhead vibration machines for unloading gondola-cars with a height of the body of 2365 mm and with account of permissible time of operation of the rolling stock.

Keywords: railway, gondola-car, sheathing profile, loading cycles, overhead vibration machine, allowable loading time, stress concentration, cargo hovering, damageability of elements, turnaround time.

Background. The current stage of vibration unloading technology development is characterized by the transition to gondola cars with a body height of 2365 mm instead of 1880 and 2060 mm and a maximum allowable time of such operations for a turnaround time of 168 minutes, an increase in the flow rate of cars-delivery for vibration unloading up to 16 times per month [1] and frequent violation of the requirements

of GOST 22235 [2] concerning the safety of gondola cars during unloading using vibration machines.

Earlier held survey of technical state of gondola cars with a body height of 2365 mm, delivered for unloading and cleaning of cargo residues using vibration equipment [3] revealed an increased damageability of elements of the side walls. About 90% of gondola cars had separations of siding sheets from

