

УДК 629.4.015

А.В. ПУТЯТО, канд. техн. наук; В.В. БЕЛОГУБ; С.В. МАКЕЕВ, канд. техн. наук
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Республика Беларусь

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ТОРЦЕВОЙ СТЕНЫ ПОЛУВАГОНА КВАРЦЕВЫМ ПЕСКОМ ПРИ СОУДАРЕНИИ ВАГОНОВ

Приведены результаты экспериментального исследования нагруженности торцевой стены полувагона при соударении вагонов. Для определения распределения давления кварцевого песка по высоте торцевой стены спроектировано и изготовлено устройство, смонтированное на вагоне. Для регистрации возникающих давлений от сыпучего груза на торцевой стене, оборудованный измерительным устройством вагон накатывался на вагоны-подпоры с различными скоростями. Методом электротензометрии осуществлялась запись зависимостей динамического давления в контрольных точках от времени. Характерно, что распределение динамических давлений по высоте торцевой стены не носит равномерно распределенного характера и их значения снижаются по мере приближения к полу вагона.

Ключевые слова: нагруженность, метод электротензометрии, динамическое давление, компьютерное моделирование, математическая модель

Нормативное приложение давления на стенки кузова вагона от сыпучих грузов претерпевало существенные изменения [1, 3]. В настоящее время согласно [2] в случае расчета кузова вагона при соударении торцевые стены и двери должны рассчитываться на равномерно распределенное по всей их площади динамическое давление насыпного груза, равно $0,35$ грузоподъемности вагона при действии продольного ускорения $3,5g$. Результаты компьютерного моделирования нагруженности кузовов вагонов сыпучим грузом при использовании различных подходов для описания механики сыпучего тела показали, что в большинстве случаев распределение давления по торцевой стене не носит равномерно распределенного характера [5]. Для определения фактического распределения давления от сыпучего груза необходимо проведения натурных экспериментов, что выполнено на созданный к настоящему испытательный центр железнодорожного транспорта при УО «БелГУТ», к основным функциям которого следует отнести не только проведение экспериментальных исследований, но и выполнение работ по экспериментальной оценке ресурса вагонов, а также обеспечение проведения испытаний продукции вагоностроения в Республике Беларусь без привлечения зарубежных организаций.

Созданная инфраструктура центра предполагает выполнение технологической цепочки проведения комплекса испытаний подвижного состава, в том числе и сертификационных, включающего следующие испытательные участки:

- участок квазистатических испытаний, включающий гидропрессовое оборудование, обеспечивающее имитацию эксплуатационной продольной нагрузки по осям автосцепных устройств, достигающую $2,5$ МН и стенд для проверки вагонов на действие ремонтных нагрузок;
- участок ударных испытаний, оборудованный автоматизированной горкой, вагонами для подпора и вагоном-бойком;

- участок тормозных испытаний с устройствами проверки автотормозов железнодорожного подвижного состава;
- участок проверки эргономических показателей подвижного состава оборудованный габаритной рамкой и необходимыми средствами измерений;
- участок проверки весовых показателей вагона: масса вагона, смещение центра масс в продольной и поперечной плоскостях, потележечная нагрузка и т. п.;
- участок электрических измерений систем подвижного состава и электромагнитной совместимости.

С целью выполнения экспериментальных исследований нагруженности торцевой стены четырехосного полувагона при соударении вагонов, спроектировано и изготовлено устройство, обеспечивающее возможность регистрации распределения давлений от сыпучего груза по кузову вагона (рисунок 1). Устройство работает следующим образом. После монтажа к кузову вагона в исследуемом месте раскрытой плоскостью швеллера 5 выполняется загрузка вагона сыпучим грузом, который оказывает давление на пло-

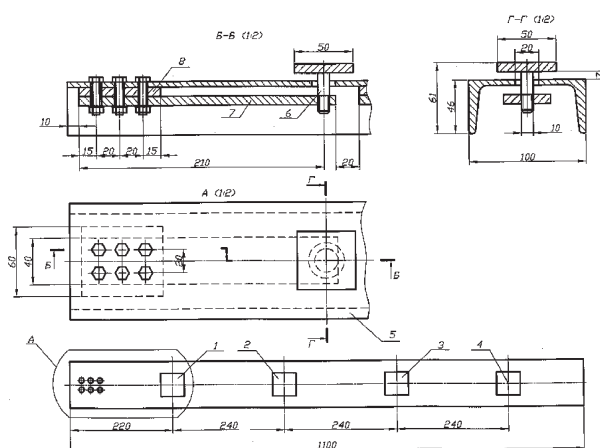


Рисунок 1 — Устройство для измерения давления от сыпучего груза на кузов вагона

щадки 1 — 4, расположенные неподвижно на стержнях 6 по длине швеллера 5, установленных на консольных пластинах 7 посредством резьбового соединения. Консольные пластины 7 через промежуточные плиты 8 неподвижно закреплены на швеллере 5 болтовыми соединениями. Таким образом, силовое воздействие на площадки 1 — 4 приводит к изгибу консольных пластин 7.

Для регистрации описанного процесса на консольных пластинах 7 наклеены тензорезисторы, подключенные к измерительно-регистрирующей системе на базе цифрового тензоусилителя MGCplus (НВМ, Германия, класс точности 0,1 %). Прибор полностью настраивается и контролируется с помощью панели управления или программы CATMAN с интуитивным интерфейсом. Программа позволяет проводить сбор данных, их обработку и визуализацию.

Для определения действительного значения нагрузки (давления) на площадках 1 — 4 перед выполнением монтажных работ на вагон выполнена тарировка каналов. В лабораторных условиях каждая площадка нагружалась поверенными гирями и для каждого регистрирующего канала сохранялся файл настройки тарировочных данных. Тем самым после монтажа устройства на вагон, загрузки груза и чтения файла результатов тарировки мы имеем информацию по нагруженности каждого датчика. Монтаж описанного устройства выполнен по схеме, приведенной на рисунке 2. Кузов полувагона был загружен кварцевым песком. Масса вагона брутто согласно результатам взвешивания вагона составила 89,3 т при tare вагона 22 т.

Эксперимент выполнялся в соответствии с разработанной методикой испытаний МИ.АЛ-ВЯ.3802.004—2008 «Оценка прочности вагонных конструкций при соударениях» и для полного учета воздействия сыпучего груза на кузов вагона при соударении в отличие от нормативной схемы испытаний испытуемый вагон выступал вагоном-бойком. Оборудованный вагон разогнался локомотивом, далее после торможения последнего вагон отцеплялся и свободно катился в сторону вагонов-подпоров. Регистрация скорости вагона осуществлялась вагонными весами, расположенными вблизи вагонов-подпоров по

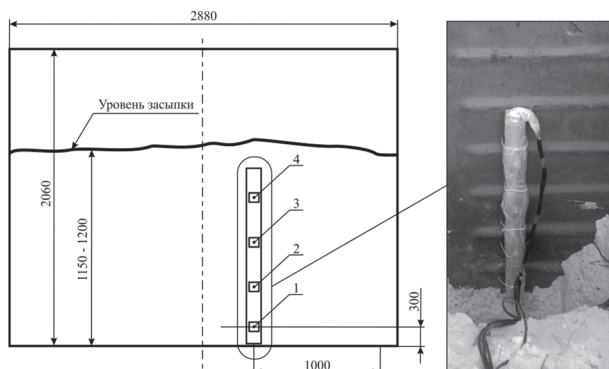


Рисунок 2 — Схема установки датчиков

пути следования вагона-бойка. Выполнена серия соударений в интервалах скоростей 3 — 5 км/ч (9

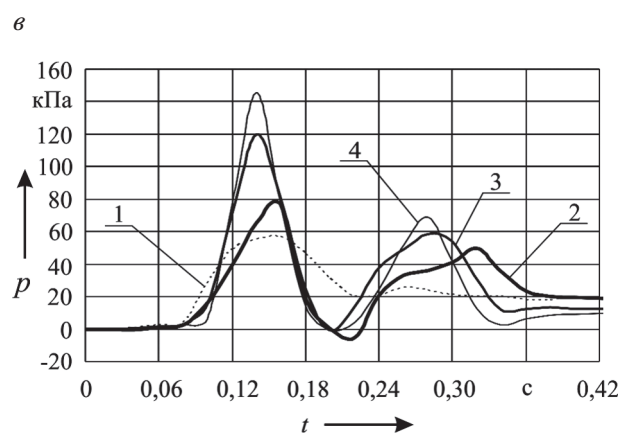
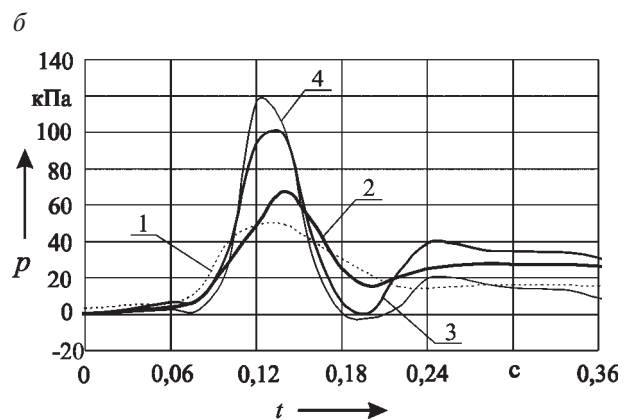
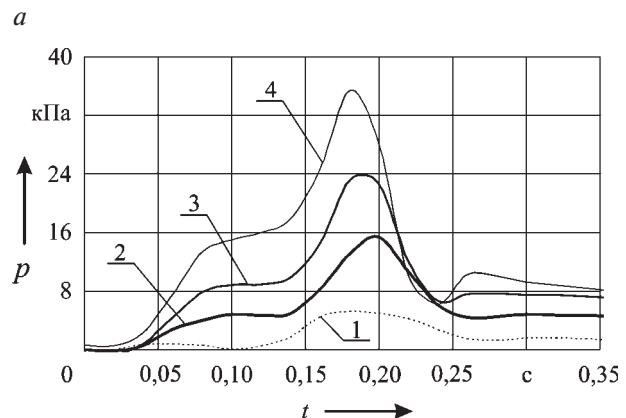
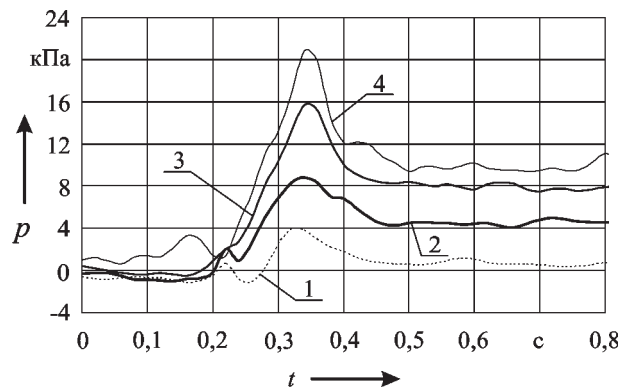
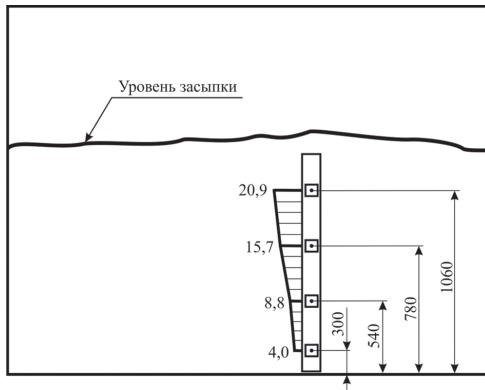
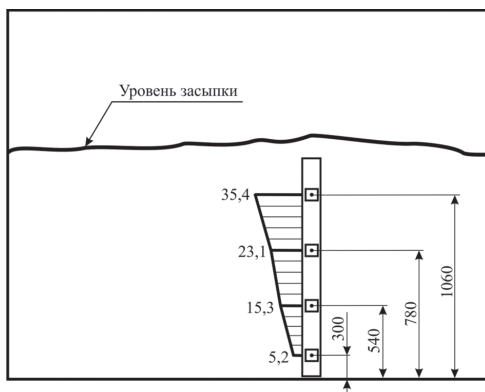


Рисунок 3 — Временные зависимости динамического давления песка: а — 4,5 км/ч; б — 5,1 км/ч; в — 9 км/ч; г — 10,3 км/ч

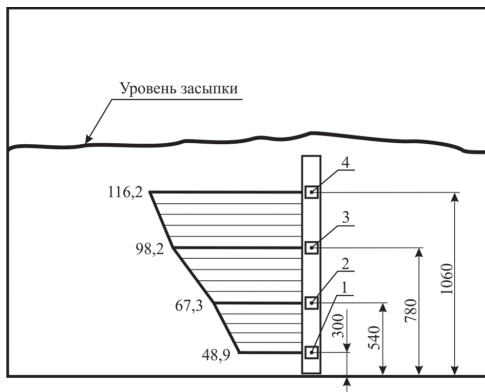
ударов), 5 — 7 км/ч (14 ударов) и 7 — 10 км/ч (16 ударов). Скорость соударения была ограничена



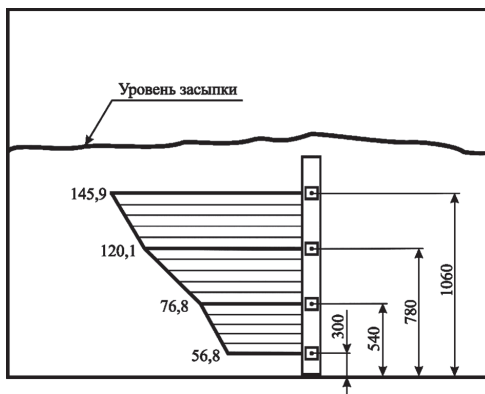
a



б



в



г

Рисунок 4 — Эпюры максимальных динамических давлений, кПа: а — 4,5 км/ч; б — 5,1 км/ч; в — 9 км/ч; г — 10,3 км/ч

10 км/ч, что связано с техническим состоянием вагона. Пошаговая схема проведения эксперимента выглядит следующим образом: I шаг — исходное состояние: экспериментальный вагон (вагон-боек) находится в сцепе с вагонами-подпорами. II и III шаги включают отцеп и оттяжку вагона на 80—100 м от вагонов-подпоров локомотивом. Далее локомотив, толкая вагон перед собой с разомкнутым автосцепным устройством, разгоняется и «бросает» последний по рельсовой колее (IV шаг). При движении в сторону вагонов-подпоров вагонные весы регистрируют скорость движущегося одиночного вагона. На V шаге происходит удар вагона-бойка в вагоны подпоры и запись силового нагружения торцевой стены на цифровой носитель при рассматриваемом переходном режиме движения с последующим анализом результатов (VI шаг).

На рисунке 3 приведены временные зависимости динамического давления (без учета статической составляющей) сыпучего груза на площадки установленного устройства при ударе для различных скоростей накатывания вагона.

Установлено, что при всех рассмотренных значениях скоростей вагона-бойка наблюдаются характерные экстремумы нагруженности торцевой стены в момент соударения последнего с вагонами-подпора, сглаживающиеся по мере углубления к полу вагона. Зафиксировано, что по мере увеличения скорости соударения время ударного воздействия на торцевую стену снижается. Наличие полиэкстремальности в зависимостях давлений сыпучего груза при скоростях соударения 9 — 10 км/ч объясняется особенностями работы ударно-тягового оборудования вагонов, а также накатыванием и скатыванием вагонов подпоров, сцепленных с вагоном-бойком после взаимодействия, на тормозные башмаки. На рисунке 4 приведены эпюры распределения максимальных значений динамического давления на площадки устройства для различных скоростей соударения. Установлено, что распределение динамических давлений по торцевой стене не носит равномерно распределенного характера. Для всех рассмотренных случаев соуда-

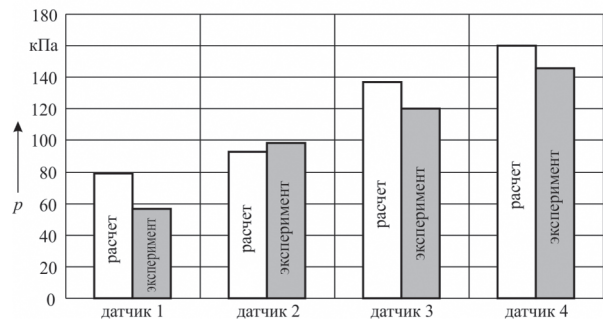


Рисунок 5 — Сопоставление расчетных и экспериментальных данных для скорости соударения 10 км/ч

рения значения динамического давления от груза минимально на уровне датчика 1 (см. рисунок 2), расположенного вблизи пола вагона, и растет по мере заполнения кузова песком.

Полученные экспериментальные данные показали, что значения динамических давлений довольно тесно согласуются с теоретическими расчетами, выполненными с использованием математических моделей, которые предполагают описание механики сыпучего тела как упругоидеальнопластического материала по гипотезе Драккера-Прагера [4]. Для рассматриваемого случая загрузки кварцевым песком при скорости соударения 10 км/ч расхождение значений давлений составило 6 — 23 % (рисунок 5) в зависимости от высоты засыпки песка.

Список литературы

1. Иванов, А.В. Оценка схем расчетного нагружения торцовых стен и дверей грузовых вагонов от действия сыпучего груза / А.В. Иванов, Н.И. Миронов, С.И. Пашарин // Проблемы совершенствования вагонных конструкций и методов их исследования: сб. науч. тр. — М.: ВНИИВ, 1984. — С. 14—21.
2. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ-ВНИИЖТ. — М., 1996. — 319 с.
3. Путятю, А.В. Методы моделирования и расчетные схемы нагруженности кузовов вагонов при перевозке сыпучих грузов / А.В. Путятю, В.В. Белогуб // Механика. Научные исследования и учебно-методич. разработки: Междунар. сб. науч. тр. — Гомель: БелГУТ, 2007. — Вып. 1. — С. 45—53.
4. Путятю, А.В. Теория и практика совершенствования конструкций кузовов вагонов с учетом взаимодействия с перевозимыми грузами / А.В. Путятю. — Гомель: БелГУТ, 2011. — 295 с.
5. Сенько, В.И. Оценка воздействия перевозимых сыпучих грузов на кузова вагонов / В.И. Сенько, А.В. Путятю // Вестн. Днепропетровского нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В.А. Лазаряна. — 2009. — Вып. 30. — С. 214—222.

Putyato A.V., Belogub V.V., Makeev S.V.

Experimental determination of back wall gondola wagon with quartz sand loading in the time of wagons collision

There are the results of the experimental research of back wall gondola wagon in the time of wagons collision. To determine the pressure distribution of quartz sand throughout the height of back wall the device was designed, manufactures and fixed on the top of the wagon. To register the occurring pressure of loose goods of back wall, wagon with equipped device was run out on the wagon supporters with different speeds. The record of dynamic pressure dependencies at the control points of time was made by electrotenzonometrical method. It is characteristic, that the distribution of dynamic pressures throughout the height of back wall is not well-distributed nature and their values decrease as you get closer to the floor of the wagon.

Поступил в редакцию 28.09.2012.