

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

УДК 629.4.015

В. И. СЕНЬКО, доктор технических наук, А. В. ПУТЯТО, кандидат технических наук, В. В. БЕЛОГУБ, руководитель группы ОНИЛ «ТТОРЕПС», С. В. МАКЕЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ СЫПУЧЕГО ГРУЗА НА ТОРЦЕВУЮ СТЕНУ ПОЛУВАГОНА ПРИ УДАРНОМ НАГРУЖЕНИИ

Приведены результаты экспериментального исследования нагруженности торцевой стены полувагона при соударении. 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.

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, равное 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 проведение натурных экспериментов, что выполнено на испытательном центре железнодорожного транспорта при УО «БелГУТ», к основным функциям которого следует отнести не только проведение экспериментальных исследований, но и выполнение работ по 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:

– 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;

– ударных испытаний, оборудованный автоматизированной горкой, вагонами для подпора и вагоном-бойком;

– тормозных испытаний с устройствами проверки авто тормозов железнодорожного подвижного состава;

– проверки эргономических показателей подвижного состава, оборудованный габаритной рамкой и необходимыми средствами измерений;

– проверки весовых показателей вагона: масса вагона, смещение центра масс в продольной и поперечной плоскостях, тележечная нагрузка и т. п.;

– электрических измерений систем подвижного состава и электромагнитной совместимости.

Благодаря плодотворному сотрудничеству с Белорусской железной дорогой в 2011 году переданы университету вагон-лаборатория для организации и проведения ходовых испытаний подвижного состава, а также автомотриса, обеспечивающая выполнение маневровых и погрузочно-выгрузочных операций.

С целью выполнения экспериментальных исследований нагруженности торцевой стены 4-осного 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 площадки 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 (рисунок 2), подключенные к измерительно-регистрирующей системе на базе цифрового тензоусилителя MGCplus (HBM, 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.

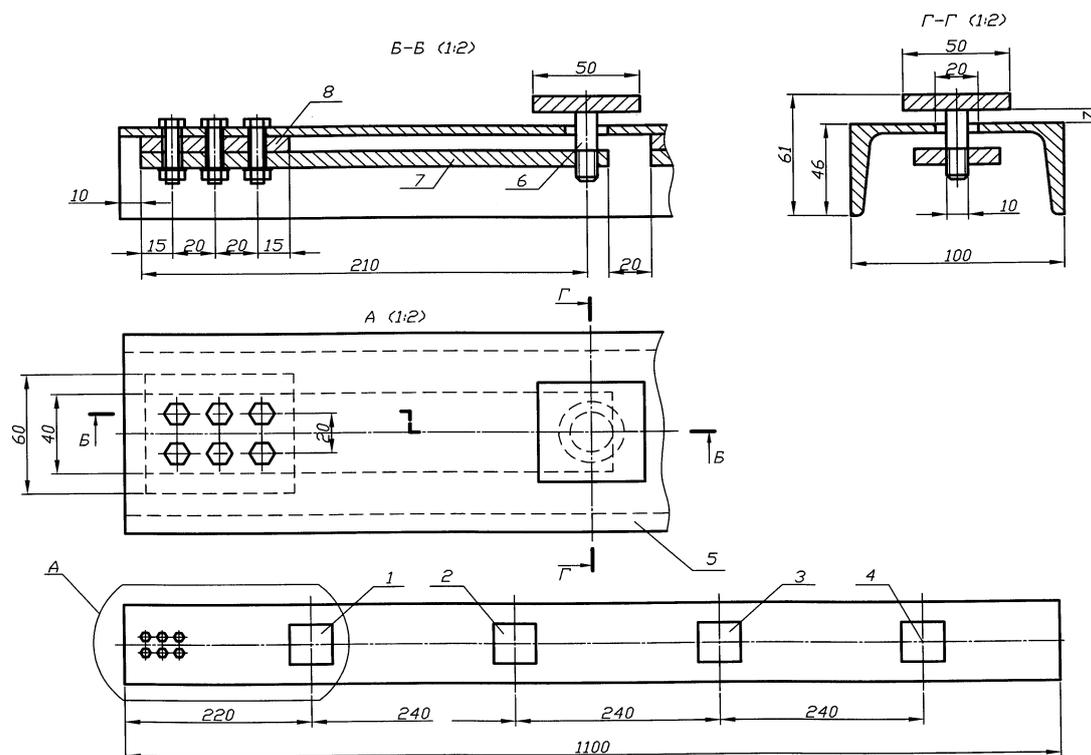


Рисунок 1 – Устройство для измерения давления от сыпучего груза на кузов вагона



Рисунок 2 – Размещение тензорезисторов и тарировка устройства

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 гириями (см. рисунок 2) 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 3. 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.АЛВЯ.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 локо-

мотивом, далее после торможения последнего вагон отцеплялся и свободно катился в сторону вагонов-подпоров. Регистрация скорости вагона осуществлялась вагонными весами, расположенными вблизи вагонов-подпоров по пути следования вагона-бойка. Выполнена серия соударений в интервалах скоростей 3–5 км/ч (9 ударов), 5–7 км/ч (14 ударов) и 7–10 км/ч (16 ударов). Скорость соударения была ограничена 10 км/ч, что связано с техническим состоянием вагона. Пошаговая схема проведения эксперимента выглядит следующим образом: I шаг – исходное состояние: экспериментальный вагон (вагон-бойк) 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 4 приведены временные зависимости динамического давления (без учета статической состав-

ляющей) сыпучего груза на площадки установленного устройства при ударе для различных скоростей накатывания вагона.

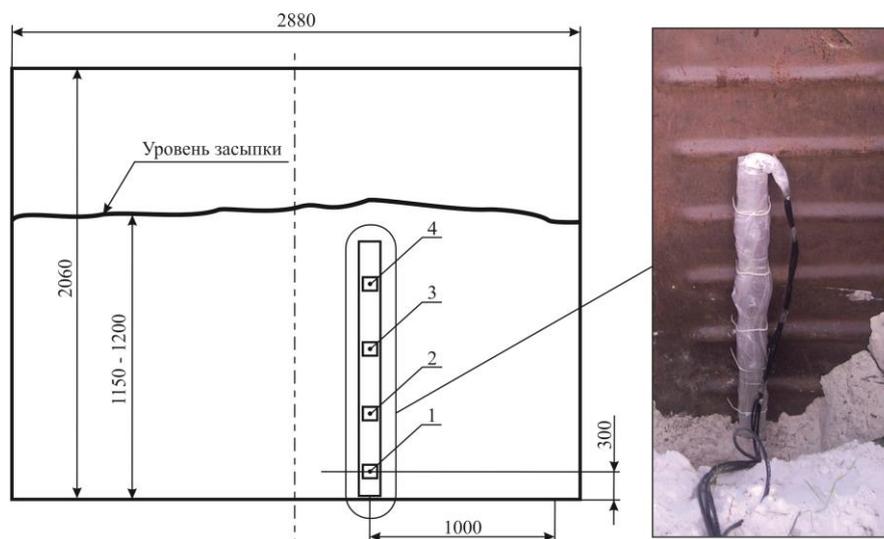


Рисунок 3 – Схемы установки датчиков

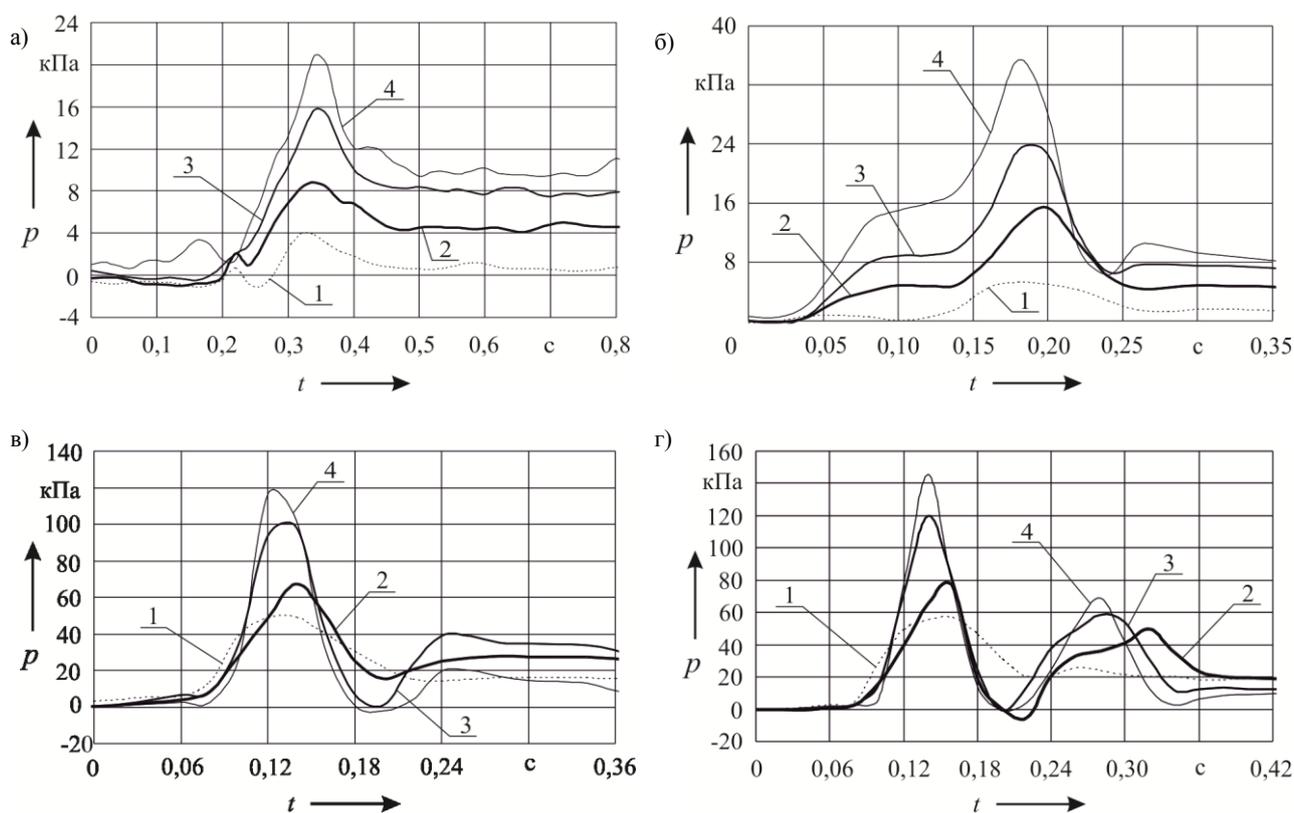


Рисунок 4 – Временные зависимости динамического давления песка:

a – 4,5 км/ч; *б* – 5,1 км/ч; *в* – 9 км/ч; *г* – 10,3 км/ч

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 5 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 соударения значения динамического давления от груза минимально на уровне датчика 1 (см. рисунок 3), расположенного вблизи пола вагона, и растет по мере заполнения кузова песком.

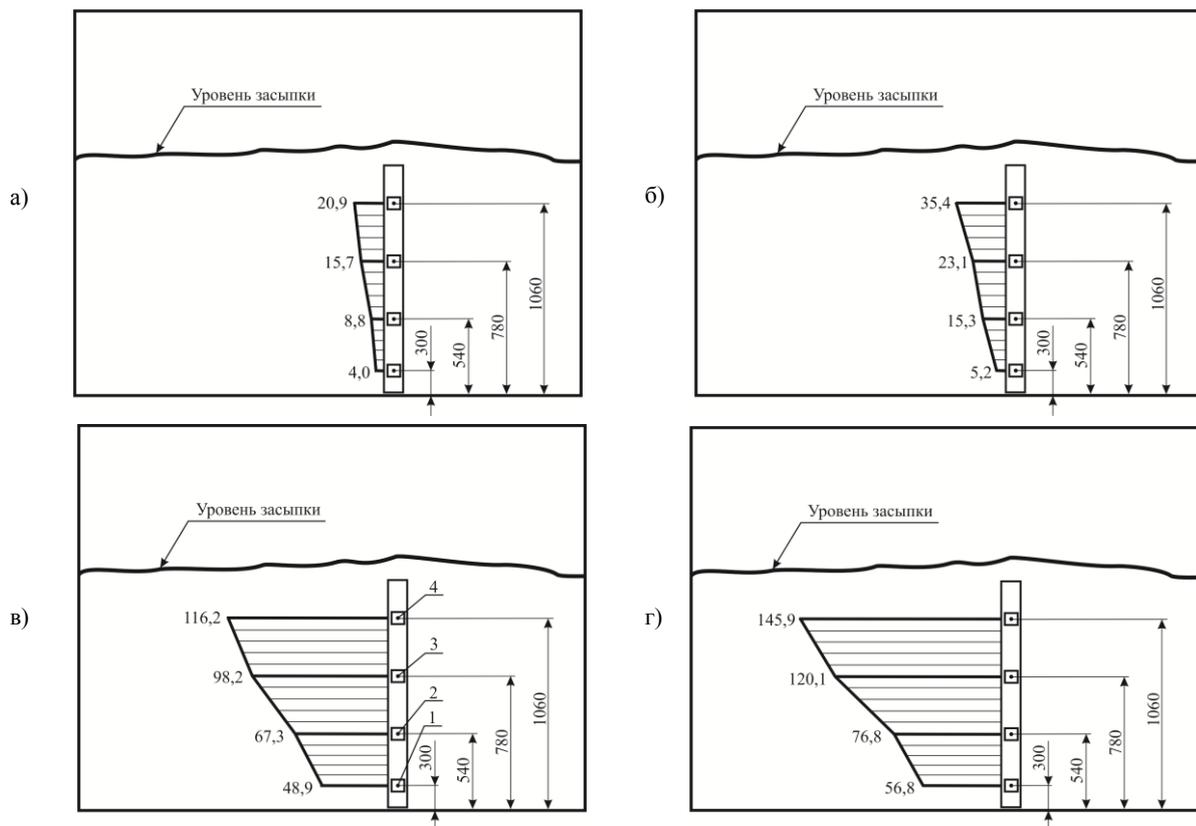


Рисунок 5 – Эпюры максимальных динамических давлений, кПа:
а – 4,5 км/ч; б – 5,1 км/ч; в – 9 км/ч; г – 10,3 км/ч

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 % (таблица 1) в зависимости от высоты засыпки песка.

Таблица 1 – Результаты сопоставления расчетных и экспериментальных данных для скорости соударения 10 км/ч

Давление, кПа							
Датчик 1		Датчик 2		Датчик 3		Датчик 4	
Расчет	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет	Опыт
78,9	56,8	92,8	98,6	136,9	120,1	160,2	145,9

Получено 15.11.2011

V. I. Senko, A. V. Putsiata, V. V. Belogub, S. V. Makeev. Experimental definition of pressure of the granular cargo on the wall of the gondola car at the collision.

Results of an experimental research loading a wall of a gondola car are presented at a collision. For definition of distribution of pressure of quartz sand on altitude of a wall the device mounted on the gondola car is designed and made. For registration of originating pressures from a granular cargo arranged with the measuring gear was rolled onto the back-up carriages with various speeds. Dependences of a dynamic pressure in checkpoints from a time are presented. It is characteristic, that distribution of dynamic pressures on altitude of a face wall does not wear uniformly the arranged character and their value decrease as approaching a gondola car floor.

Список литературы

- Иванов, А. В. Оценка схем расчетного нагружения торцевых 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.
- Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ-ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.
- Путято, А. В. Методы моделирования и расчетные схемы нагруженности кузовов вагонов при перевозке сыпучих грузов / А. В. Путято, В. В. Белогуб // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки : Междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2007. – Вып. 1. – С. 45–53.
- Путято, А. В. Теория и практика совершенствования конструкций кузовов вагонов с учетом взаимодействия с перевозимыми грузами / А. В. Путято. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 295 с.
- Сенько, В. И. Оценка воздействия перевозимых сыпучих грузов на кузов вагона / В. И. Сенько, А. В. Путято // Вестник Днепропетровского нац. ун-та железнодорожного трансп. им. академика В. А. Лазаряна. – 2009. – Вып. 30. – С. 214–222.