Новый стенд для испытаний на надежность окон и дверей пассажирских вагонов

В. А. МАКАРОВ

Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Академия транспортных технологий» (СПб ГБПОУ «АТТ»), Санкт-Петербург, 192102, Россия

Аннотация. В статье дано описание нового стенда для испытаний на надежность окон и дверей пассажирских вагонов. Стенд может быть использован в различных отраслях промышленности, преимущественно в транспортном машиностроении, а также в строительной индустрии. Данный стенд функционально предназначен для испытания всего изделия (окна или двери), а также для определения ресурса работы отдельных механизмов этого изделия. В отличие от известных аналогов новый стенд для испытаний на надежность окон и дверей позволяет производить испытания при воздействии переменного аэродинамического давления, возникающего при эксплуатации окон и дверей на движущихся объектах, например на высокоскоростном наземном транспорте. Предложена специально разработанная методика испытаний на данном стенде, позволяющая имитировать знакопеременные аэродинамические воздействия на окна и двери, возникающие при прохождении поездом туннелей или расхождении поездов встречных направлений в условиях повышенных скоростей движения. Благодаря этому стендовые испытания могут послужить актуальным дополнением к существующим методам испытаний окон и дверей современного высокоскоростного подвижного состава.

Ключевые слова: пассажирский вагон; окна; двери; работоспособность; надежность; ресурс; динамическое давление; переменное давление; определение прочности; стенд для испытаний

Введение. В современных условиях происходит постоянное увеличение скорости движения поездов, а это приводит к возрастанию переменной аэродинамической нагрузки на окна и двери подвижного состава. Аэродинамическая нагрузка возникает в момент прохождения поездом туннелей, расхождения поездов встречных направлений, прохождения столбов, зданий, ограждений и других препятствий, находящихся вблизи железнодорожного пути. Увеличение аэродинамической нагрузки может привести к разрушению оконных блоков — образованию трещин, осколков (рис. 1) и травмированию пассажиров. Необходимо производить испытания окон и дверей на стойкость к переменным аэродинамическим нагрузкам перед тем, как устанавливать их на современный подвижной состав. Вопросы учета нагрузок от переменного аэродинамического давления на окна и двери подвижного состава возникли с ростом скорости движения поездов в конце XX в. [1, 2, 3], ранее ис-

пытаний таких видов не проводилось и не было специализированных испытательных стендов и методик испытаний.

Испытания боковых окон железнодорожного подвижного состава включают в себя следующие основные методы [4, 5]:

- испытание на вибропрочность;
- испытание на воздействие одиночных ударов;
- испытание на воздействие верхнего значения температуры среды при эксплуатации;
- испытание на воздействие нижнего значения температуры среды при эксплуатации;
- испытание на воздействие влажности воздуха (кратковременное);
- испытание на воздействие солнечного излучения;
- испытание на стойкость к воздействию постоянного статического давления;
- испытание на соответствие коэффициента теплопередачи окна;
- проверка качества стеклопакетов;
- проверка механической прочности форточки;
- испытание на надежность;
- проверка работоспособности окна «аварийный выход».

В современных условиях основным свойством окон, установленных на высокоскоростном железнодорожном транспорте, является стойкость к переменному давлению, возникающему в момент прохождения поездом туннеля или расхождения поездов встречных направлений.

С помощью ранее известных стендов на надежность окон и дверей и методик испытаний на них можно оценить работоспособность механизмов открытия/закрытия, но они не предусматривают возможность проведения испытаний на стойкость к переменному аэродинамическому давлению [6]. Повышение стойкости является очень важным требованием в условиях возрастания скорости движения поездов, так как при увеличении скорости движения растут и величины переменного давления, действующего на окна [7]. Новая модель стенда на надежность окон и дверей [8] и методика испытаний на нем позволяют проводить испытания на стой-

кость к переменному аэродинамическому давлению. Это дает возможность расширить состав существующих испытаний, что в конечном счете позволит изготавливать оконные и дверные конструкции, стойкие к переменным аэродинамическим нагрузкам, вследствие чего повысится безопасность пассажиров.

Новый стенд для испытаний на надежность окон и дверей. Данный стенд [8] позволяет производить испытания при воздействии переменного аэродинамического давления, характерного при эксплуатации окон и дверей на движущихся объектах, например на высокоскоростном наземном транспорте.

Устройство стенда приведено на схеме (рис. 2).

Стенд для испытаний на надежность окон и дверей состоит из основания 1, на котором установлен пульт управления 2, выходы которого соединены со входами счетчика циклов 3, датчика импульсов 4, с мотором-редуктором 5 через регулятор частоты напряжения 6, вертикальной опоры 7, стойки 8, которая может перемещаться в трех взаимно перпендикулярных направлениях для регулировки в зависимости от габаритных размеров испытуемого изделия 12. На стойке 8 установлена горизонтальная плита 9 с мотор-редуктором, который через водило 10 и рычаг-толкатель 11 соединен с испытуемым изделием. На вертикальной опоре 7 установлена герметичная камера 13 с закрепленным в ней каркасом 14 для крепления испытуемого изделия. Также в герметичной камере установлена рама 15 с возможностью возвратно-поступательного движения относительно каркаса. На основании установлен электродвигатель 16 гидропривода 18, электрически соединенный с пультом управления через регулятор частоты напряжения 17 и также соединенный с рамой 15, на которой установлен второй датчик импульсов 19, электрически соединенный со счетчиком циклов и пультом управления. Гидропривод состоит из гидронасоса, бака, предохранительного и обратного клапанов.

В качестве основания может быть использован пол производственного помещения, либо оно может быть выполнено в виде отдельной конструкции, например плиты или рамы, как показано на рис. 2.

В процессе испытаний имеется возможность изменения угловой скорости водила, для этого в цепь питания электродвигателя мотор-редуктора встроен регулятор частоты напряжения, который служит для плавного пуска электродвигателя с целью обеспечения безударного закрытия/открытия створки испытуемого изделия в начальный момент запуска стенда.

Стенд позволяет оценить как ресурс механизмов открытия/закрытия, так и ресурс испытуемого изделия в целом.

Для проведения испытаний на надежность механизмов открытия и закрытия подвижной створки необходимо перед началом испытаний вставить ис-

Рис. 1. Разрушение окна при воздействии динамического давления
Fig. 1. Window destruction when exposed to dynamic pressure

пытываемое изделие с помощью каркаса в герметичную камеру так, чтобы имитировалось крепление изделия в штатной конструкции. После этого к створке испытуемого изделия крепится датчик импульсов. К открывающейся створке испытуемого изделия прикрепляется рычаг-толкатель.

Работа стенда при испытаниях осуществляется следующим образом.

С помощью пульта управления через регулятор частоты напряжения происходит включение мотор-редуктора, который приводит в действие механизмы

Рис. 2. Новый стенд для испытаний на надежность окон и дверей:

1 — основание; 2 — пульт управления; 3 — счетчик циклов; 4 — датчик импульсов; 5 — мотор-редуктор; 6 — регулятор частоты напряжения; 7 — вертикальная опора; 8 — стойка; 9 — горизонтальная плита; 10 — водило; 11 — рычаг-толкатель; 12 — испытуемое изделие; 13 — герметичная камера; 14 — каркас; 15 — рама; 16 — электродвигатель; 17 — регулятор частоты напряжения; 18 — гидропривод; 19 — датчик импульсов
Fig. 2. New bench for testing reliability of windows and doors:
1 — base; 2 — control panel; 3 — cycle counter; 4 — impulse sensor; 5 — gear motor; 6 — voltage frequency regulator; 7 — vertical support; 8 — rack; 9 — horizontal plate; 10 — carrier; 11 — pusher lever; 12 — tested product; 13 — sealed chamber; 14 — base framing; 15 — frame; 16 — electric motor; 17 — voltage frequency regulator; 18 — hydraulic drive; 19 — impulse sensor

открытия и закрытия испытуемого изделия. Циклы открытия и закрытия фиксируются с помощью датчика импульсов и счетчика циклов.

Для проведения испытаний на надежность всей конструкции при воздействии переменного давления необходимо вставить испытуемое изделие в каркас, имитирующий установку при эксплуатации. Каркас с испытуемым изделием устанавливается в герметичную камеру. Подвижная рама приводится в возвратно-поступательное движение с помощью штока гидроцилиндра гидропривода.

Работа стенда при данных испытаниях осуществляется следующим образом.

При помощи пульта управления включается электродвигатель гидронасоса, который обеспечивает подачу из бака через шланги рабочей жидкости и приводит в возвратно-поступательное движение шток поршня гидроцилиндра. Для безопасной работы в гидроприводе имеются предохранительный и обратный клапаны. При возвратно-поступательном движении штока гидроцилиндра приводится в движение подвижная рама герметичной камеры, при этом внутри камеры создается переменное давление, имитирующее разрежение, либо избыточное давление, создаваемое при прохождении поездом туннелей или расхождении поездов встречных направлений. Величина создаваемого давления и разрежения внутри камеры зависит от смещения рамы. Поскольку величина переменного динамического давления зависит от скорости движения поездов, на стенде можно имитировать различные скоростные режимы поездов. Также допускается изменение скорости возвратно-поступательного движения рамы с помощью регулятора частоты напряжения, электродвигателя гидронасоса. Количество циклов перемещений рамы

фиксируется датчиком импульсов и отображается на счетчике циклов. Таким образом, можно отслеживать изменения испытуемых изделий в зависимости от количества циклов нагрузки, при этом оценивая надежность и ресурс изделия при работе в условиях переменного давления.

Методика испытаний по воздействию переменного аэродинамического давления. С помощью рассмотренного стенда были произведены испытания комплекта боковых окон с целью определения возможности их использования на высокоскоростном подвижном составе (рис. 3). Благодаря применению климатической камеры были подобраны резинопластмассовые изделия, способные работать в оконных блоках, которые предполагается использовать на поездах такого типа.

Для проведения испытаний окно устанавливается в каркас испытательного стенда.

Первые 100 тыс. циклов окно нагружают давлением $\pm 1,5$ кПа с частотой 6 Гц. После этого производят визуальный осмотр внешнего вида испытуемого окна и проверку его работоспособности (например, работы механизмов открывания/закрывания форточки при наличии). При отсутствии повреждений испытания продолжаются.

Следующие 600 тыс. циклов окно нагружают давлением $\pm 2,5$ кПа с частотой 3 Гц. После этого тоже производится визуальный осмотр внешнего вида испытуемого окна и проверка его работоспособности. Продолжение испытаний возможно только при отсутствии повреждений.

Следующие 400 тыс. циклов окно нагружают давлением ± 4 кПа с частотой 1,5 Гц с последующим визуальным осмотром и проверкой работоспособности.

Последние 100 тыс. циклов окно нагружают давлением $\pm 1,5$ кПа с частотой 6 Гц.

После этого испытуемое окно вместе с каркасом демонтируют с испытательного стенда и производят визуальный осмотр внешнего вида испытуемого окна и проверку его работоспособности. Далее производят испытание на точку росы в соответствии с ГОСТ Р 54174–2010 [9], приложение С.

Испытуемые окна считаются выдержавшими испытание, если:

- отсутствуют трещины на раме, отрыв и отделение уплотнения, нет образования трещин на стекле или осколков;
- максимальное перемещение центра стеклопакета не превышает 10 мм;
- точка росы стеклопакета ниже -60 °С.

Закключение. В отличие от существующих стендов рассмотренный стенд дополнительно предусматривает возможность проведения испытаний на воздействие знакопеременного аэродинамического давления,

Рис. 3. Окно в каркасе на стенде:

1 — испытуемое окно; 2 — каркас; 3 — испытательный стенд

Fig. 3. Window in the framing at the bench:

1 — tested window; 2 — framing; 3 — test bench

влияние которого на надежность окон и дверей становится все значительнее по мере увеличения скоростей движения подвижного состава. Предложенная методика испытаний на новом стенде является актуальным дополнением к существующим методам испытаний окон и дверей высокоскоростного подвижного состава и позволяет имитировать знакопеременные аэродинамические воздействия на окна и двери, возникающие при прохождении поездом туннелей или расхождении поездов встречных направлений в условиях повышенных скоростей движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарг В. К., Дуккипати Р. В. Динамика подвижного состава: пер. с англ. М.: Транспорт, 1988. 391 с.
2. Вериго М. Ф. Динамика вагонов. М.: ВЗИИТ, 1971. 176 с.
3. The Car & Locomotive Cyclopedia / P. Kentner [et al.]. [S. l.], 1997. P. 11–36.
4. ГОСТ 30630.0.0–99. Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Общие требования: межгос. стандарт: введен в действие в качестве гос. стандарта постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 15 февраля 2000 г. № 38-ст: дата введения 2000-09-01. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. 28 с.
5. ГОСТ 30630.1.2–99. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие вибрации: межгос. стандарт: введен в действие в качестве гос. стандарта постановлением Государственного комитета Российской Федерации

по стандартизации и метрологии от 13 апреля 2000 г. № 104-ст: дата введения 2001-01-01. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. 28 с.

6. Стенд для испытаний на надежность окон и дверей: пат. 2486487 Российская Федерация: МПК G01M 99/00 / Г. Г. Бас, Л. Ю. Еремеев, Е. К. Ильченко; патентообладатель Государственный ракетный центр им. акад. В. П. Макеева. № 2011129193/28; заявл. 12.07.2011; опубл. 27.06.2013, Бюл. № 18.

7. Поляков Б. О., Ватулина Е. Я. Взаимодействие высокоскоростного поезда с воздушной средой вблизи объектов инфраструктуры // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 3 (70). С. 25–28.

8. Стенд для испытаний на надежность окон и дверей: пат. 179747 Российская Федерация: МПК G01M 99/00 / В. А. Макаров, Ю. П. Бороненко; патентообладатель Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. № 2017143248; заявл. 11.12.2017; опубл. 23.05.2018, Бюл. № 15.

9. ГОСТ Р 54174–2010. Стеклопакеты клееные. Правила и методы обеспечения качества продукции: нац. стандарт Российской Федерации: утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 декабря 2010 г. № 946-ст: дата введения 2012-07-01. М.: Стандартинформ, 2012. 46 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

МАКАРОВ Виктор Анатольевич, аспирант, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I; преподаватель СПб ГБПОУ «АТТ»

Статья поступила в редакцию 11.09.2020 г., принята к публикации 05.03.2021 г.

Для цитирования: Макаров В. А. Новый стенд для испытаний на надежность окон и дверей пассажирских вагонов // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2021. Т. 80. № 2. С. 86–90. DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-2-86-90>.

New bench for testing the reliability of windows and doors of passenger cars

V. A. MAKAROV

St. Petersburg State Budgetary Professional Educational Institution "Academy of Transport Technologies" (SPb GBPOU "ATT"), St. Petersburg, 192102, Russia

Abstract. The article describes a new bench for testing the reliability of passenger car windows and doors. The bench can be used in various industries, mainly in transport engineering, as well as in the construction industry. This bench is functionally designed to test the entire product (windows or doors), as well as to determine the service life of individual mechanisms of this product. In contrast to the known analogs, the new bench for testing the reliability of windows and doors allows testing under the influence of variable aerodynamic pressure arising from the operation of windows and doors on moving objects, for example on high-speed transport. Specially developed test method is proposed on this bench, which allows simulating alternating aerodynamic effects on windows and doors that occur when a train passes tunnels or when trains in opposite directions diverge at high speeds. Thanks to this, bench tests can serve as an actual addition to the existing methods of testing windows and doors of modern high-speed rolling stock.

Keywords: passenger car; window; doors; working capacity; reliability; resource; dynamic pressure; variable pressure; determination of strength; test bench

DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-2-86-90>

REFERENCES

1. Garg V. K., Dukkupati R. V. *Dinamika podvijnogo sostava* [Dynamics of rolling stock]. Moscow, Transport Publ., 1988, 391 p.
2. Verigo M. F. *Dinamika vagonov* [Dynamics of cars]. Moscow, VZII Publ., 1971, 176 p.
3. Kentner P., Brundige B., Thorpe J. C. [et al.]. *The Car & Locomotive Cyclopedia*. [S. l.], 1997, pp. 11–36.
4. GOST 30630.0.0–99. *Environment stability test methods for machines, instruments and other industrial products. General requirements*. Interstate standard, put into effect as a state standard

by the decree of the State Committee of the Russian Federation for Standardization and Metrology dated February 15, 2000 No. 38-st. Moscow, IPK Publishing house of standards, 2000. 28 p. (in Russ.).

5. GOST 30630.1.2–99. *Mechanical environment stability test methods for machines, instruments and other industrial products. Tests for influences of vibration*. Interstate standard, put into effect as a state of the standard by the decree of the State Committee of the Russian Federation for Standardization and Metrology dated April 13, 2000 No. 104-st. Moscow, IPK Publishing house of standards, 2000, 28 p. (in Russ.).

6. Bas G. G., Ereemeev L. Yu., Il'chenko E. K. *Stend dlya ispytaniy na nadezhnost' okon i dverey* [Bench for testing the reliability of windows and doors]. Pat. 2486487 Rossiyskaya Federatsiya; opubl. 27 iyunya 2013 g., Byul. No. 18. [Utility Patent No. 2486487 Russian Federation; publ. June 27, 2013, Bull. No. 18.] (in Russ.).

7. Polyakov B. O., Vatulina E. Ya. *Vzaimodeystvie vysokoskorostnogo poezda s vozduшной sredoy vblizi ob'ektov infrastruktury* [Interaction of a high-speed train with an air environment

near infrastructure facilities]. Transport of the Russian Federation, 2017, no. 3, pp. 25–28.

8. Makarov V. A., Boronenko Yu. P. *Stend dlya ispytaniy na nadezhnost' okon i dverey* [Bench for testing the reliability of windows and doors]. Pat. 179747 Rossiyskaya Federatsiya; opubl. 23 maya 2018 g., Byul. No. 15 [Utility Patent No. 179747 Russian Federation; publ. May 23, 2018, Bull. No. 15.] (in Russ.).

9. GOST R 54174–2010. *Sealed insulating glass units. Rules and methods of products quality assurance*. National standard of the Russian Federation. Approved and put into effect by order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 21, 2010 No. 946-st. Moscow, Standartinform Publ., 2012, 46 p. (in Russ.).

ABOUT THE AUTHOR

Viktor A. MAKAROV,

Post-Graduate, Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I; Teacher, SPb GBPOU "ATT"

Received 11.09.2020

Accepted 05.03.2021

■ E-mail: viktor.mak361@yandex.ru (V. A. Makarov)

For citation: Makarov V. A. New bench for testing the reliability of windows and doors of passenger cars // VNIIZHT Scientific Journal. 2021. 80 (2): 86–90 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-2-86-90>.

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Марков Д. П. Атомно-молекулярные механизмы вещественного трения. М.: РАС, 2019. 102 с.

В монографии представлены результаты 40-летних поисков ответа на вопрос «Что такое трение?». Даны определения полевого и вещественного трения. Уточнены понятия и особенности действия адгезионных и когезионных сил межатомного притяжения, введено понятие дегезионных сил межатомного отталкивания. Предложены новые атомно-молекулярные теории внешнего трения и изнашивания, течения жидкостей, дислокационной и аморфной

пластической деформации и разрушения кристаллических тел. Выдвинута гипотеза активации плавления, кристаллизации, пластической деформации и других процессов волнового акустического теплового диапазона и произведена оценка их параметров. На обсуждение выносятся 14 гипотез, очерчивающих контуры теории вещественного трения на границе и внутри твердых тел, в жидкостях и газах.

Монография предназначена для научных и научно-технических работников, изучающих процессы трения, также может быть полезна преподавателям и студентам вузов.

Ромен Ю. С. Взаимодействие пути и экипажа в рельсовой колее. М.: РАС, 2019. 160 с.

Рассмотрены проблемы системы «колесо–рельс». Дано описание основных этапов моделирования динамических процессов и проведения испытаний. Изложена методика составления математической модели движения подвижного состава и определения пара-

метров взаимодействия подвижного состава и пути в процессе испытаний. Показано влияние состояния поверхности катания на силы вписывания, а также влияние неровностей на колебания тележки.

Книга предназначена для научных и научно-технических работников железнодорожного транспорта, а также может быть полезна преподавателям и студентам транспортных вузов.

Экспериментальная оценка взаимодействия экипажа и пути при скоростном и высокоскоростном движении: коллективная монография / под ред. А. М. Бржезовского. М.: РАС, 2019. 152 с.

Авторы: к.т.н. А. М. Бржезовский — редактор (предисловие, 1.1, 1.2, 1.4, 2–4, 5.1, заключение); к.т.н. Д. Н. Аршинцев (3.1–3.3, 4); инж. О. Г. Бржезовская (2.1); д.т.н. проф. Б. Э. Глюзберг (1.3, 5.2); инж. В. Г. Донец (5.2); к.т.н. А. В. Завертало (1.2); к.т.н. Д. Е. Кирюшин (3.2); к.т.н. М. В. Козлов (2.2, 3.4); к.т.н. И. Н. Максимов (5.1); инж. А. Г. Парчевский (4.1); к.т.н. И. В. Смелянский (3.1–3.3, 4); д.т.н. проф. Ю. С. Ромен (1.2, 1.4); к.т.н. Ю. С. Тихов (4.1); к.т.н. М. И. Титаренко (5.2); инж. С. В. Толмачев (3.1–3.3, 4, 5.1).

В монографии приведен обзор особенностей конструкции экипажной части скоростного и высокоскоростного пассажирского

подвижного состава железных дорог шириной колеи 1520 мм. Обобщены результаты комплексных ходовых и по воздействию на путь и на стрелочные переводы испытаний различных типов пассажирского подвижного состава, проведенные с целью определения условий обращения на линиях смешанного пассажирского и грузового движения.

Книга рассчитана на научных и инженерно-технических работников железнодорожного транспорта, а также может быть полезна преподавателям и студентам транспортных вузов.

По вопросам приобретения книг обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (499) 260-43-20, e-mail: rio@vniizht.ru, www.vniizht.ru.