

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

УДК 629.463.3

А. В. ПИГУНОВ, кандидат технических наук., В. В. ПИГУНОВ, кандидат технических наук, М. А. КАЛАШНИКОВ, магистрант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ КРЕПЛЕНИЯ СМЕННЫХ КУЗОВОВ ПОЛУВАГОНОВ НА ПЛАТФОРМАХ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КОНТЕЙНЕРОВ

Проведен анализ крепления на платформах сменных и съемных кузовов зарубежных производителей железнодорожного подвижного состава. Произведена оценка прочности фитингового упора, установленного на платформах для перевозки контейнеров эксплуатационного парка. Представлена разработанная конструкция сменного кузова полувагона. Разработана, с учетом зарубежного опыта, схема крепления кузова на раме платформы при помощи фитинговых упоров и дополнительных предохранительных элементов, предусмотренных конструкцией сменного кузова.

Применение съемных и сменных кузовов позволяет существенно повысить эффективность использования вагонов путем адаптации к перевозкам того или иного груза в зависимости от сезонных потребностей.

Съемный кузов представляет собой конструкцию, которая предназначена для размещения и перевозки того или иного груза, а его несущая способность позволяет поднимать его в грузе состоянии и штабелировать в несколько ярусов. Может устанавливаться на специализированные платформы для перевозки контейнеров на штатные фитинговые упоры.

Сменный кузов предназначен для установки на платформу-носитель с целью перепрофилирования вагона для перевозки востребованного в данном временном интервале груза и не подлежит подъему в грузе состоянии.

Существует мнение, что сменный кузов должен быть спроектирован совместно с платформой, на которой он будет перевозиться, и эксплуатироваться с другими платформами не сможет.

Сменный кузов, который может быть установлен на серийную платформу, будет более универсальным и востребованным. В этом случае возникает проблема надежного его закрепления на раме платформы.

Многие производители выпускают платформы для перевозки контейнеров максимально схожие по конструкции с универсальными платформами. У них отсутствует настил пола и имеется набор стационарных по углам и откидных фитинговых упоров. Примером может служить модель 13-2166 производства АО «Алтайвагон» [1].

Европейские производители имеют большой опыт разработки конструкций съемных и сменных кузовов и их эксплуатации. Бельгийский концерн *Van Hool* и *BASF* совместно разработали новые типы контейнеро-цистерн для железнодорожного транспорта. Контейнеро-цистерны имеют длину 45 футов (13,7 м при объеме 53 м³ или 63 м³) и 52 фута (15,8 м при объеме 73,5 м³) грузоподъемностью от 66 до 67 т. Всего разработано шесть типов контейнеров с различной схемой окраски для лучшей идентификации (рисунок 1) [2].

Контейнеры оснащены концевыми вертикальными прямоугольными усиленными рамами, в углах которых

установлены фитинги повышенной прочности. Дополнительно котел усилен кольцевыми шпангоутами.

Большой модельный ряд съемных кузовов разработала и успешно поставляет клиентам из многих европейских стран австрийская компания *Innofreight*. Она предлагает съемные кузова с погрузочной длиной 11, 13, 20, 25, 30 и 40 футов для перевозки широкой номенклатуры грузов, таких как кислоты, сыпучие грузы с широким диапазоном плотностей, трубы, лес, рулонную сталь, сельхозпродукцию и многие другие.



Рисунок 1 – Танк-контейнеры В-ТС на платформе *Wascosa*

Для жидких грузов разработаны съемные кузова типа «цистерна» (рисунок 2). Кузов *SlurryTainer* предназначен под загрузку и перевозку сырья для полиграфической промышленности. Длина кузова составляет 30 футов. В консольных частях располагаются две полурамы, которые совместно с котлом образуют цельнонесущую конструкцию. Каркас полурамы выполнен из труб прямоугольного сечения. Он состоит из вертикального шестиугольного контура, на стойках которого в верхней части расположены два фитинга. В нижней части вертикальная рама связана с горизонтальной П-образной рамой. На нижних продольных горизонтальных балках предусмотрены четыре опорных места для установки на контейнерные упоры платформы. Котел имеет переменное сечение. В середине оно максимальное и уменьшается к консолям, таким образом, что образует значительный уклон его нижней части к месту слива. Дополнительно котел связан с горизонтальными продольными балками полурам при помощи четырех наклонных скругленных опорных элементов замкнутого коробчатого сечения.

а)



б)

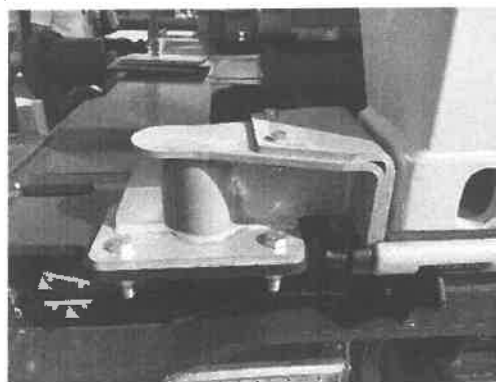


Рисунок 2 – Кузова типа «цистерна» *SlurryTaine*:
а – общий вид; б – крепление на платформе

Анализ крепления съемных и сменных кузовов на платформах зарубежных производителей позволяет сделать вывод, что съемные кузова крепятся как типовые контейнеры при помощи четырех фитингов и упоров, а сменные – фиксируются при помощи 8 фитинговых упоров с применением дополнительных ограничителей продольных перемещений, которые упираются в торец угловых фитингов и при помощи болтов крепятся к боковым балкам рамы платформы. Также возможна фиксация при помощи четырех контейнерных упоров и фитингов при условии их повышенной прочности по сравнению с применяемыми для крепления контейнеров.

Разработанная конструкция сменного кузова полувагона характеризуется следующими основными технико-экономическими параметрами: грузоподъемность – 64 т, масса тары – 9 т, внутренний объем кузова – 85 м³. Металлоконструкция кузова выполнена из стали 09Г2С с пределом текучести 345 МПа и включает раму с настилом пола, две торцевые и две боковые стены (рисунок 3).

При разработке конструкции кузова предполагалось для минимизации затрат при налаживании серийного производства применение типовых элементов существующих конструкций полувагонов, хорошо зарекомендовавших себя в эксплуатации [3].

Боковые стены кузова выполнены из металлической гофрированной обшивки с трапециевидными гофрами, подкрепленной каркасом. Толщина нижнего листа составляет 4 мм, а верхнего – 3,6 мм. В состав каркаса боковой стены входят шесть промежуточных и две угловые стойки, верхняя и нижняя обвязки. Промежуточные стойки, как у типовой конструкции, выполнены из Ω -образного профиля (ГОСТ 5267.6–90), а угловые – из гладкого металлического листа толщиной 8 мм. Верхняя обвязка в поперечном сечении представляет замкнутый сварной прямоугольный про-

филь с размерами 140×100×7 мм. Нижняя обвязка из уголка – 160×100×10 мм.

В случае крепления сменного кузова полувагона на платформе при помощи фитинговых упоров, нагрузка, действующая на них, определяется в соответствии с требованиями ГОСТа [4] по формуле

$$N_{\text{и}} = N_y \frac{m_{\text{к}}}{m_{\text{ваг}}}, \quad (1)$$

где N_y – максимальная продольная сила удара, приложенная к вагону, $N_y = 3,5$ МН; $m_{\text{к}}$ – масса сменного кузова брутто, $m_{\text{к}} = 73$ т; $m_{\text{ваг}}$ – масса вагона брутто, $m_{\text{ваг}} = 94$ т.

Расчет показал, что численное значение силы, приходящейся на все упоры, составляет 2718 кН. При условии закрепления кузова четырьмя фитингами продольная сила распределится между ними. Поэтому сила, приходящаяся на один упор, уменьшится в четыре раза и составит $P_x = 680$ кН, а в случае распределения между восьмью – $P_x = 340$ кН.

Фитинговые упоры изначально рассчитывались на крепление крупнотоннажных контейнеров с массой брутто 30,48 т [5]. При этом оценка прочности упоров в соответствии с требованиями норм [6] для вагонов эксплуатационного парка производилась при действии продольной силы $P_x = 300$ кН. В настоящее время перевозятся контейнеры с массой брутто 36 т, а в некоторых случаях и 42 т [7].

Для оценки прочности фитингового упора была разработана конечноэлементная модель. К упору прикладывалась продольная нагрузка в 300 кН. Допускаемые напряжения принимались равными пределу текучести и составили 345 МПа для стали 09Г2С. Расчет показал, что уровень расчетных напряжений в зоне взаимодействия с фитингом составил 98 % от допускаемых, что указывает на отсутствие резерва в повышении нагрузки на упор (рисунок 4).

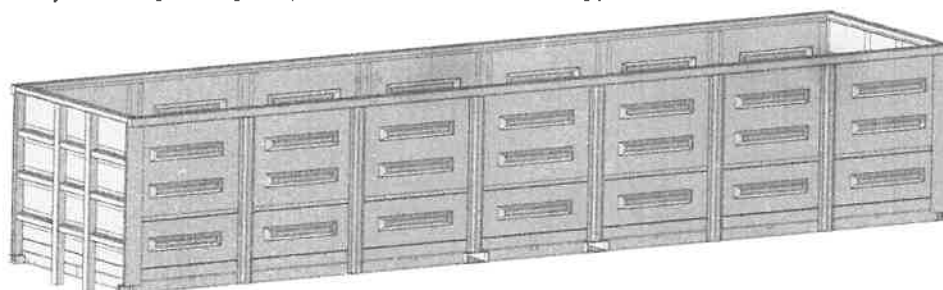


Рисунок 3 – Общий вид сменного кузова полувагона

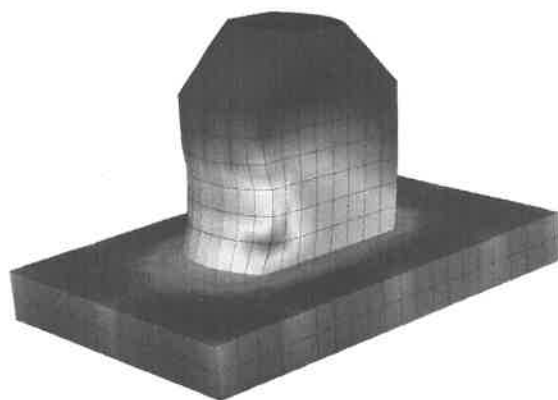


Рисунок 4 – Наряжено-деформированное состояние фитингового упора

Рама спроектированного кузова (рисунок 5) состоит из продольной средней балки 1, двух боковых продольных 2 и набора поперечных балок: двух концевых 3, восьми основных 4 и трех вспомогательных поперечных балок 5. В середине предусмотрена установка двух балок замкнутого коробчатого сечения 6, которые выполняют роль карманов для подъема кузова вилочным погрузчиком. Для их установки предусмотрены вырезы в боковых и средней продольных балках. Они связывают продольную среднюю балку с боковыми в единую рамную конструкцию. Между концевыми и следующими за ними четырьмя основными поперечными балками предусмотрена установка отрезков продольных балок 7 с отверстиями под угловые стационарные и следующие за ними откидные фитинговые упоры, предназначенные для крепления стандартных контейнеров. Таким образом мы получаем необходимые восемь точек крепления и опирания на контейнерные упоры сменного кузова.

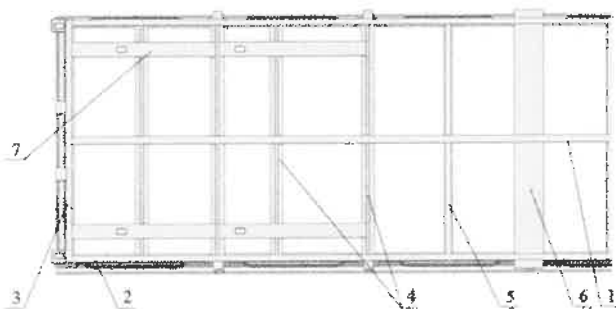


Рисунок 5 – Рама сменного кузова полувагона (вид снизу)

Торцевая стена кузова в свой состав включает гладкую металлическую обшивку, подкрепленную каркасом (рисунок 6). К элементам каркаса относятся: верхняя обвязка 1 из прямоугольного замкнутого профиля, девять укороченных горизонтальных балок 2 из омегаобразного профиля, образующих три горизонтальных пояса, нижняя обвязка 3 из прокатного уголка, две угловые стойки 4 из швеллера № 14 и две средние стойки из гнутых швеллеров 5. Средние стойки выступают за нижнюю часть рамы на 150 мм и в этой части имеют замкнутое усиленное сечение. Они должны воспринимать часть продольной нагрузки, приходящейся на контейнерные упоры, и выполнять предохранительную функцию.

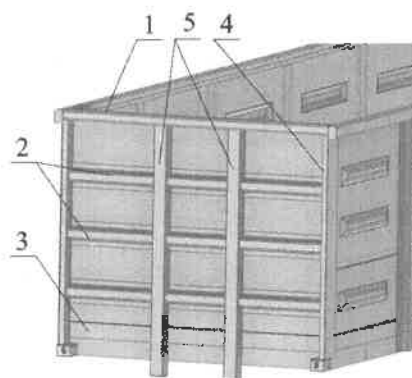


Рисунок 6 – Торцевая стена

Линейные размеры спроектированного кузова больше рамы платформы (13,76 и 13,4 м соответственно). Это позволяет максимально эффективно использовать габаритные размеры кузова. Как было сказано выше, в углах торцевой стены располагаются фитинги, которые применяются для подъема кузова, а в отрезках продольных балок предусмотрены отверстия с усиливающими пластинами, при помощи которых должен крепиться к раме платформы съемный кузов.

Выводы.

1 Сменные кузова позволяют оперативно перепрофилировать вагон-платформу в востребованный в данный период времени тип грузового вагона. Это позволяет оперативно реагировать на потребности рынка в вагонах нужного типа. Разработанная конструкция съемного кузова полувагона конструктивно выполнена из типовых элементов, которые применяются в конструкциях полувагонов эксплуатационного парка. Она незначительно уступает по объему и грузоподъемности цельнометаллическому аналогу. При этом основная проблема заключается в его креплении на раме платформы.

2 Европейский опыт проектирования и эксплуатации съемных и сменных кузовов показывает, что кузова, имеющие значительно большую грузоподъемность по сравнению с контейнерами крепятся и перевозятся на специализированных платформах-носителях, в конструкциях которых предусмотрены места установки дополнительных упорных элементов (дополнительно к контейнерным упорам) или применение фитинговых упоров из высокопрочной стали. Кузова увеличенной грузоподъемности как правило фиксируются восьмью упорами вместо четырех как у контейнера.

3 Фитинговые упоры, применяемые на платформах эксплуатационного парка, в основной массе проектировались с учетом требований «Норм...», что предполагало оценку прочности при действии на него продольной нагрузки 300 кН. Прочностной расчет упора, выполненный при действии указанной нагрузки, показал, что запаса прочности для увеличения продольной нагрузки нет при применении стали с пределом текучести 345 МПа. Продольная нагрузка, приходящаяся на один упор из четырех, определенная с учетом требований [4], составила 680 кН, а при условии крепления при помощи восьми – 340 кН. Это показывает, что нужно предусмотреть дополнительные упоры, которые будут воспринимать продольные усилия наряду с фитинговыми упорами платформы.

4 Для дополнительной фиксации в продольном направлении сменного кузова полувагона предлагается применить в конструкции удлиненные на 150 мм вниз средние вертикальные стойки торцевой стены. В выступающей части они сварные замкнутого коробчатого сечения. Предварительные расчеты показывают, что при толщине гнутого швеллера 8 мм и приваренного к нему листа, на который непосредственно воздействует продольная нагрузка – 10 мм, две стойки способны выдерживать усилие в 442 кН без пластического деформирования.

Список литературы

1 Вагон-платформа для перевозки контейнеров. Модель 13-2166. Руководство по эксплуатации 2166.00.000 РЭ. – Новоалтайск : Алтайвагон, 2023. – 61 с.

2 Пигунов, А. В. Европейские разработки в области реализации концепции применения съёмных кузовов / А. В. Пи-

гунов, В. В. Пигунов, П. А. Дашук // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 183–189.

3 Пигунов, В. В. Конструкция, теория и расчет вагонов : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2 / В. В. Пигунов, А.В. Пигунов. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 466 с.

4 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2016–07–01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 54 с.

5 ГОСТ Р 53350–2009. Контейнеры грузовые серии 1. Классификация, размеры и масса. – М. : Стандартинформ, 2009. – 20 с.

6 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 317 с.

7 Додонов, А. В. Разработка методики испытаний фитинговых упоров для вагонов-платформ / А. В. Додонов, А. Е. Афанасьев, В. А. Башмаков // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 1 (37). – С. 40–50.

Получено 25.04.2025

A. V. Pihunou, V. V. Pihunou, M. A. Kalashnikov. Fastening of swap bodies of gondolla cars on platforms for container transportation.

An analysis of fastening of swap and detachable bodies of foreign manufacturers of railway rolling stock on platforms was carried out. An assessment of the strength of the fitting stop installed on platforms for the transportation of containers of the operational fleet was made. The developed design of the swap body of the gondola car is presented. Taking into account foreign experience, a scheme for fastening the body on the platform frame using fitting stops and additional safety elements provided for by the design of the swap body was developed.