

УДК 656.073:621.798.017.4:539.4

О. С. ЧАГАНОВА, Т. И. БЫСТРЕНКОВА, Е. В. МЕНЬШОВА

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь***РАСЧЕТ СРЕДСТВ КРЕПЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ
НА СОВРЕМЕННЫХ ВАГОНАХ СОЧЛЕНЕННОГО ТИПА**

Выполнен анализ способов размещения и средств крепления различных строительных грузов при перевозке в современных вагонах. Рассмотрен вариант погрузки поддонов с керамической плиткой и крепления их с помощью пневмооболочек в 20-футовом контейнере. Рассмотрены особенности крепления строительных конструкций на вагонах-платформах сочлененного типа.

Ключевые слова: строительный груз, вагоны сочлененного типа, крепление.

В последнее время необходимость увеличения грузоподъемности вагона и уменьшения массы тары приводит к созданию новых конструкций, обладающих более высокими технико-экономическими показателями по сравнению с существующими моделями. Одним из новшеств, внедряемых в настоящее время, являются вагоны сочлененного типа, особенностью которых является опирание соседних секций на одну общую тележку [1]. К их числу относятся платформы для крупнотоннажных контейнеров модели 13-6851-01 с грузоподъемностью 80 т; универсальная платформа с металлическими бортами и откидными фитинговыми упорами 13-6851-06 с грузоподъемностью 77,5 т; платформы моделей 13-5191-01 и 13-6852-02 предназначенные для перевозки лесоматериалов, пиломатериалов и труб, характеризующиеся грузоподъемностью 74 т; универсальный вагон-платформа сочлененного типа 13-9994, отличающийся повышенной осевой нагрузкой 25 т и увеличенной до 116 тонн грузоподъемностью, и др. [2, 3].

Для перевозки сыпучих строительных грузов разработаны вагоны-хoppers с грузоподъемностью 113,5 т. Также созданы универсальные и специализированные полувагоны с грузоподъемностью до 117 т (рисунок 1), позволяющие транспортировать различные грузы [4].

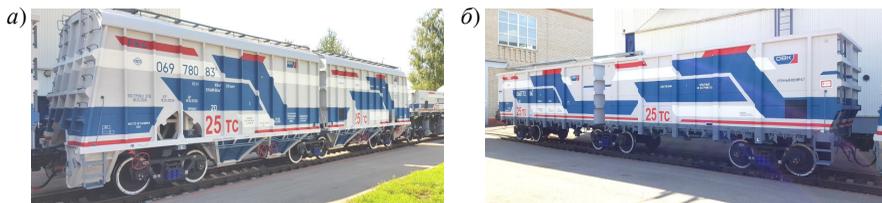


Рисунок 1 – Вагоны сочлененного типа

а – вагон-хopper; *б* – полувагон

Различные строительные конструкции, трубы, лесо- и пиломатериалы, колесная техника и т. д. перевозятся на открытом подвижном составе. Для их крепления используются как универсальные, так и специализированные средства [5–7]. Например, перевозка длинномерных крупногабаритных изделий на сцепках платформ осуществляется с применением турникетных опор. Всё большую актуальность приобретает использование различных типов контейнеров, которые наряду с обеспечением сохранности грузов облегчают погрузочно-разгрузочные операции, в том числе, перегрузку между различными видами транспорта.

В главе 4 Технических условий [8] представлены рекомендуемые способы размещения и крепления изделий, применяемых в строительстве, в полувагонах и на универсальных платформах базой 9720 мм в пределах основного габарита погрузки. Постоянно предлагаются новые варианты крепления конкретных видов грузов. Например, в [9] представлена конструкция для закрепления в вагоне пакета с кирпичом, которая содержит обхватывающие пакет гибкие элементы и пневмокамеры в виде надувного пояса (рисунок 2, а). Это позволяет повысить надежность закрепления груза и предохранить от возникающих в процессе перевозки при соударении вагонов повышенных нагрузок. Приспособление для крепления строительных грузов, уложенных в штабели и перевозимых в крытых вагонах, описано в патенте [10]. Твердые элементы с регулируемой длиной, располагаясь поперек вагона, скрепляют груз, установленный вдоль вагона в несколько рядов, тем самым предотвращая его боковое смещение и предохраняя от повреждения (рисунок 2, б).

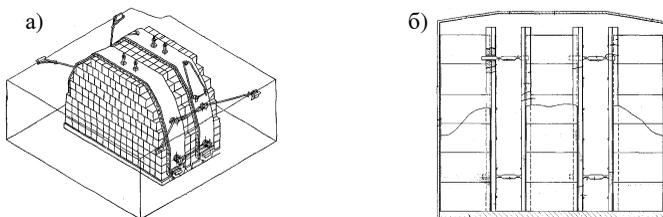


Рисунок 2 – Устройства для транспортировки строительного груза в крытых вагонах: а – с гибкими элементами и пневмокамерами; б – предотвращающее боковое смещение штабелей

Для перевозки строительных панелей на открытом подвижном составе предназначено описанное в [11] устройство, которое обеспечивает неподвижность груза относительно специальной опорной пирамиды, которая жестко закреплена на вагоне по его оси (рисунок 3).

В настоящее время всё более широкое применение для крепления строительных грузов в крытых вагонах и контейнерах находят пневмооболочки [12], которые эффективно поглощают различные ударные нагрузки, что особенно важно при формировании железнодорожных составов на сортировочных горках (рисунок 4).

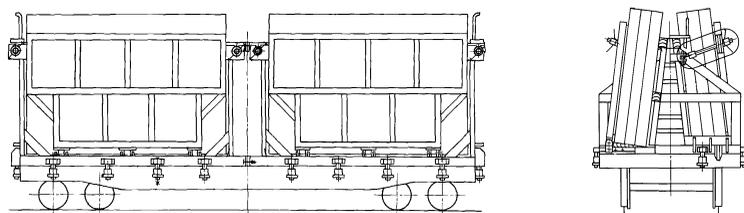


Рисунок 3 – Устройство для крепления строительных панелей на платформе



Рисунок 4 – Крепление грузов пневмооболочками

При использовании креплений на современных вагонах сочлененного типа требуется не только учитывать рекомендации, изложенные в Технических условиях [6], но и принимать во внимание особенности конструкции рассматриваемого подвижного состава. В отличие от вагонов с жесткой рамой, у которых при симметричной нагрузке все тележки нагружены одинаково, здесь наибольшие силы воспринимаются центральной тележкой, над которой располагается сочленяющий секции вагона шарнир. Целью представленной работы является совершенствование методов расчета креплений грузов для обеспечения их сохранности при транспортировке в современных вагонах.

Технические условия [8] ориентированы в основном на разработку креплений грузов на четырехосных вагонах. Поэтому при расчетах сил инерции, действующих на груз в процессе перевозки на сочлененных вагонах, расчетные формулы следует модифицировать. Так, продольную силу инерции следует определять по формуле

$$\Phi_{\text{пр}} = mg \left[\psi_6 - \frac{Q(\psi_6 - \psi_n)}{Q_n - Q_6} \right],$$

где m – масса груза; g – ускорение свободного падения; ψ_6 , ψ_n – значения удельной продольной силы инерции, соответствующей вагону без груза (порожного) и при полном использовании грузоподъемности соответственно (принимаются по [8, таблица 28]); Q , Q_n , Q_6 – веса груза, а также вагона, полностью загруженного, и без груза соответственно.

Поперечная центробежная сила инерции определяется выражением

$$\Phi_{\text{поп}} = mg \left[\psi_c + \frac{2(\psi_{\text{ш}} - \psi_c) l_{\text{см}}}{l_{\text{в}}} \right],$$

где ψ_c , $\psi_{\text{ш}}$ – удельные поперечные силы инерции при расположении центра тяжести груза в вертикальных поперечных плоскостях, проходящих соответственно через середину вагона и шкворневую балку (см. [8, таблица 29]); $l_{\text{в}}$ – база вагона; $l_{\text{см}}$ – расстояние от центра тяжести груза до поперечной плоскости симметрии вагона, м.

Силы трения в продольном и поперечном направлении соответственно, которые препятствуют перемещению груза, опирающегося на один вагон без применения турникетных опор, определяются по следующим формулам:

$$F_{\text{тр}}^{\text{пр}} = mg\mu, \quad F_{\text{тр}}^{\text{поп}} = mg\mu \left(1 - \left(0,25 + kl_{\text{см}} + \frac{21,4}{Q} \right) \right),$$

где μ – коэффициент трения между грузом и вагоном; k – коэффициент, учитывающий способ расположения груза (при погрузке груза с опорой на один вагон $k = 5 \text{ м}^{-1}$); 0,25 и 21,4 – эмпирически найденные коэффициенты.

Соответственно непогашенные трением продольные и поперечные силы, которые должны уравниваться элементами крепления, действующие на реквизиты крепления со стороны груза в крытом вагоне, определяются по формулам

$$\Delta F_{\text{пр}} = \Phi_{\text{пр}} - F_{\text{тр}}^{\text{пр}}; \quad \Delta F_{\text{поп}} = n\Phi_{\text{п}} - F_{\text{тр}}^{\text{поп}},$$

где n – коэффициент, значение которого принимается равным 1,25.

Аналогичные формулы используются при расчетах креплений груза в контейнере, причем при расчете вертикальных сил наряду с рассмотрением веса груза учитываем и вес самого контейнера.

В качестве примера рассмотрим случай крепления поддонов с керамической плиткой (масса одного поддона 1,524 т) внутри 20-футового универсального контейнера. Считаем, что четыре таких контейнера будут размещены на вагонеплатформе 13-470-01.

Размеры поддонов таковы, что они не полностью занимают площадь контейнера. Поэтому для заполнения свободного пространства целесообразно использовать пневмооболочки, обладающие мягкими характеристиками жесткости, что позволяет обеспечить высокую сохранность груза [13]. Для предотвращения наваливания груза на двери контейнера устанавливается деревянный щит. Учитывая значительную величину зазора в каждом продольном ряду необходимо устанавливать по две пневмооболочки, однако при подборе конкретной их модели надо учитывать, что двоянные пневмооболочки будут воспринимать нагрузку как одна. Для того, чтобы

несколько уравнять силы, действующие на концевую и среднюю тележки вагона, пневмооболочки целесообразно разместить ближе к двери контейнера. В таком случае наиболее рациональной является схема размещения грузов, представленная на рисунке 5.

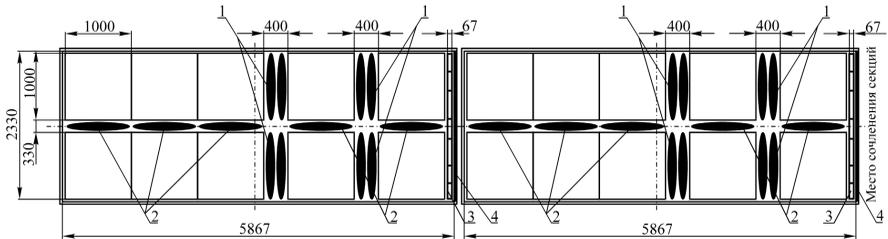


Рисунок 5 – Схема расположения и загрузки двух 20-футовых стандартных контейнеров с керамической плиткой на секции сочлененного вагона-платформы

1 – пневмооболочки типа *Reuse*; 2 – пневмооболочки типа *Medium*;
3 – деревянный щит; 4 – двери

В результате расчетов по приведенным выше формулам и с учетом рекомендаций производителей пневмооболочек [12] установлено, что для крепления поддонов с плиткой от перемещений в продольном направлении целесообразно устанавливать две пневмооболочки типа *Reuse* с размерами 100×120 см и нагрузкой на одну единицу 4 т. Также можно установить две пневмооболочки типа *Medium* с размерами 100×120 см и нагрузкой 7 т (рисунок 5). Для крепления от перемещений в поперечном направлении в продольном ряду в середине контейнера можно устанавливать пневмооболочку типа *Medium* с размерами 100×120 см и нагрузкой на одну единицу 1 т.

Увеличенная длина сочлененных вагонов по сравнению с обычными позволяет транспортировать более длинные конструкции. Для перевозки строительных железобетонных конструкций большой длины можно применить шестиосный вагон сочлененного типа, например, модели 13-470-01. При этом закрепление железобетонной конструкции должно осуществляться с помощью турникетно-крепёжного устройства [14].

При установке турникетов в центре секции вагона-платформы сочлененного типа, как отмечалось ранее, следует учитывать возможность перегрузки средней тележки по сравнению с крайними. Такая ситуация будет приводить к серьезному износу элементов ходовой части вагона и создавать угрозу безопасности движения поездов. Смещением расположения турникетных опор можно добиться выравнивания нагрузок на тележки [15]. Для определения рационального места размещения средств крепления рассмотрим расчетную схему, представленную на рисунке 6. Из уравнения моментов относительно точки *A* следует, что

$$\sum M_{iA} = 0; \quad -Nx + Rl - N(2l - x) + R \cdot 2l = 0,$$

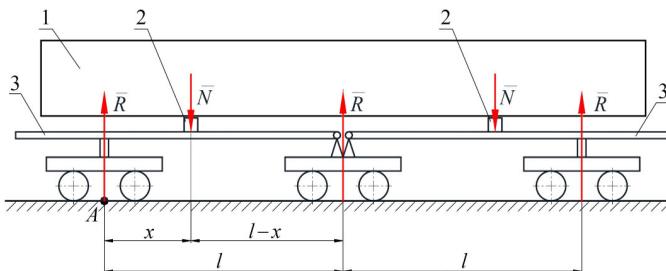


Рисунок 6 – Расчетная схема вагона-платформы сочлененного типа (без груза):
1 – железобетонное изделие, 2 – турникетные опоры, 3 – сочлененная платформа

где N – сила давления груза, приходящаяся на одну турникетную опору; x – расстояние от оси крайней тележки до оси турникета; R – расчетная нагрузка от тележки с двумя колесными парами на рельсы; l – расстояние между осями тележек.

Решение уравнения показывает, что нагрузка на рельсы от каждой тележки вагона будет одинаковой при таком расположении турникетно-крепёжных устройств, чтобы расстояние x составляло $l/3$. Это обеспечит сохранность вагона и безопасность движения поездов.

Таким образом совершенствование конструкций подвижного состава ведет к необходимости корректировки способов размещения и методов расчетов крепления грузов с учетом особенностей новых вагонов. Представленные рекомендации по креплению строительных грузов пневмооболочками и с помощью турникетно-крепёжных устройств позволяют обеспечить сохранность грузов в кузовах вагонов или контейнерах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бороненко, Ю. П.** Выбор конструктивных решений сочлененных грузовых вагонов для колеи 1520 мм / Ю. П. Бороненко, Т. М. Белгородцева, Н. А. Кукушина // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 3 (46). – С. 3–9.

2 Сочлененные вагоны-платформы со съёмными кузовами повысят эффективность перевозок / А. С. Кононенко [и др.] // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 38–42.

3 **Bolotin, V.** Research Note: Special Issues of Overweight and Oversized Freight Transports / V. Bolotin, E. Korovyakovsky, N. Yankovskaya // Cooperation among Transportation Modes in Northern Europe : Fourth International Railway Logistics Seminar. – Lappeenranta : Lappeenranta University of Technology, 2008. – P. 221–225.

4 **Борисенко, Н.** Сочлененный вагон как способ повысить эффективность перевозок : [Линейка 6-осных грузовых вагонов сочлененного типа, разработанных холдингом «ОВК»] / Н. Борисенко // РЖД-Партнер. – 2019. – № 21. – С. 62–64.

5 **Коломникова, О. С.** Механические особенности крепления шпунтовых и тарноупаковочных грузов в кузове транспортного средства / О. С. Коломникова // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки. – 2007. – Вып. 1. – С. 26–34.

6 **Чаганова, О. С.** Анализ методов крепления штучных грузов в кузове вагона / О. С. Чаганова // *Транспорт. Наука, техника, управление.* – 2011. – № 5. – С. 51–56.

7 **Туранов, Х. Т.** Крепления грузов в вагонах : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / Х. Т. Туранов, А. Н. Бондаренко, Н. В. Власова. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2006. – 321 с.

8 Технические условия размещения и крепления грузов. Приложение 3 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) : по состоянию на 1 июля 2020 г. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа : https://www.rw.by/upload/iblock/fec/Pril-3-SMGS_Tom-2_2020.pdf. – Дата доступа : 15.09.2020.

9 Устройство для закрепления пакета штучных грузов на транспортном средстве : а. с. 366996 СССР: МКИ В 60 Р 7/10 / Р. А. Гаралевичус [и др.]. – № 1422274; заявл. 02.04.70; опубл. 23.01.73, Бюл. № 8. – 2 с.

10 Boxed produce carloading : pat. US3779173 USA: IPC B60P 7/10 / Н. С. Pierce. – Apple. No. 265680; filed 23.06.72; publ. date : 18.12.73. – 5 p.

11 Устройство для крепления строительных панелей на транспортном средстве : пат. 2048315 Россия : МПК В 60 Р 7/10 / А. Р. Александров [и др.]. – № 5007838/1; заявл. 19.09.91; опубл. 20.11.95. – 8 с.

12 Информация о воздушных пакетах [Электронный ресурс] / Bates Cargo-Pak. – Режим доступа : <https://www.bates-cargopak.ru/products/data-sheets>. – Дата доступа : 20.08.2020.

13 **Chaganova, O. S.** Fastenings parameters determination for highly deformative cargo, taking into account its durability during transportation in cars and trains / O. S. Chaganova, I. A. Varazhun // *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research.* – 2018. – Vol. 7, No. 3. – P. 218–222.

14 **Васильев, С. М.** Совершенствование подвижных турникетно-крепёжных устройств с целью установки на современные типы грузовых вагонов / С. М. Васильев, А. А. Железняков, Л. П. Целковинова // *Механика. Исследования и инновации.* – 2019. – Вып. 12. – С. 29–34.

15 **Быстренкова, Т. И.** Крепления длинномерных строительных конструкций на сочлененных вагонах-платформах / Т. И. Быстренкова, Е. В. Меньшова // *Сб. студенческих научных работ / Белорус. гос. ун-т трансп.* – 2020. – Вып. 25. – Ч. 1. – С. 79–82.

O. S. CHAGANOVA, T. I. BYSTRANKOVA, K. V. MIANSHOVA
Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

CALCULATION OF FASTENING MEANS FOR CONSTRUCTIONAL CARGOES TRANSPORTATION ON MODERN ARTICULATED CARS

The analysis of placement methods and fastening means for different construction cargoes at their transportation by modern railway cars is carried out. There is considered the loading of car by pallets with ceramic tiles and their fastening using airbags in the 20-foot container. The features of constructional cargoes fastening on modern articulated cars are considered.

Keywords: construction cargoes, articulated rail cars, cargo fastening.

Получено 01.11.2020