

Выбор конструктивных решений устройств крепления контейнеров и съемных кузовов на железнодорожных платформах



Ю. П. Бороненко,
д.т.н., профессор,
зав. кафедрой «Вагоны и
вагонное хозяйство»
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ШУПС)



А. С. Даукша,
магистр
технических наук,
аспирант ШУПС

Для безопасности перевозок контейнеров и съемных кузовов на специализированных железнодорожных платформах при действии сильного бокового ветра предлагаются устройства крепления, обеспечивающие высокую надежность при воздействии продольных, поперечных сил и опрокидывающего момента.

В последнее время на инфраструктуре ОАО «РЖД» зафиксирован ряд аварий, связанных с падением (опрокидыванием) крупнотоннажных контейнеров при их перевозке специализированными платформами под действием порывов ветра ураганной силы. При любом чрезвычайном происшествии на железной дороге возникает не только риск ущерба вследствие повреждения подвижного состава, инфраструктуры, затрат на восстановление нормального движения, но и опасность для жизни людей. Согласно распоряжению ОАО «РЖД» № 2115р от 19.10.2016 г. «Об утверждении Порядка организации безопасного пропуска грузовых поездов, в составе которых имеются порожние контейнеры, при прогнозировании опасного явления погоды по маршруту их следования», во время сильного ветра запрещена перевозка платформ с порожними контейнерами по ряду участков железнодорожной сети. Этот запрет тормозит перевозочные процессы в штатном режиме по различным направлениям.

Существующие конструкции фитингового упора спроектированы в соответствии с требованиями «Норм расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм», имеют несложную унифицированную конструкцию, которая на протяжении многих лет не совершенствовалась. В связи с появлением контейнеров увеличенных габаритов типоразмеров 1AAA и 1EEE, а также съемных кузовов обеспечение высокого уровня безопасности на железнодорожном транспорте стало одной из первостепенных задач.

В сложившейся ситуации необходимо выяснить причины опрокидывания контейнеров и разработать конструкцию устройства крепления, не только обеспечивающего надежную фиксацию контейнера при воздействии продольных и поперечных сил, но и препятствующего их опрокидыванию под действием сильного ветра.

Проверка устойчивости от опрокидывания порожних контейнеров в поперечном направлении по действующим правилам крепления грузов в вагонах

Коэффициент запаса устойчивости груза от опрокидывания определяется в соответствии с Техническими условиями размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах № ЦМ-943 и с Приложением 14 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) по формуле [1]

$$\eta_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{гр}} b_{\text{п}}^0}{F_{\text{п}}(h_{\text{цт}} - h_{\text{п}}^{\text{п}}) + W_{\text{п}}(h_{\text{нп}}^{\text{п}} - h_{\text{п}}^{\text{п}})}, \quad (1)$$

где $h_{\text{цт}}$ – высота центра тяжести груза над полом вагона или плоскостью подкладок, мм;

$h_{\text{п}}^{\text{п}}$ – высота поперечного упора от пола вагона или плоскости подкладок, мм;

$h_{\text{нп}}^{\text{п}}$ – высота центра наветренной поверхности груза от пола вагона или плоскости подкладок, мм;

$Q_{\text{гр}}$ – масса груза, т;

$b_{\text{п}}^0$ – кратчайшее расстояние от проекции центра тяжести груза на горизонтальную плоскость до ребра опрокидывания соответственно поперек вагона, мм;

$F_{\text{п}}$ – поперечная горизонтальная инерционная сила, тс.

Таблица 1. Устойчивость контейнеров различных типоразмеров

Типоразмер контейнера	1С	1СС	1А	1АА	1ААА
Коэффициент запаса устойчивости контейнеров	1,53	1,49	1,36	1,33	1,06

Ветровая нагрузка W_n определяется с учетом удельной ветровой нагрузки, равной 50 кгс/м^2 , по формуле

$$W_n = 50 S_n / 1000, \quad (2)$$

где S_n – площадь наветренной поверхности, м^2 .

Поперечная горизонтальная инерционная сила F_n с учетом действия центробежной силы определяется по формуле

$$F_n = a_n Q_{cp} / 1000, \quad (3)$$

где a_n – удельная поперечная инерционная сила на 1 т массы груза, кгс/т .

Для грузов с опорой на один вагон a_n определяется по формуле

$$a_n = 0,33 + \frac{0,44}{l_b} l_{гр} \quad (4)$$

где l_b – база вагона, м;

$l_{гр}$ – расстояние от центра тяжести груза до поперечной плоскости симметрии вагона, м.

В результате расчетов получены значения коэффициента запаса устойчивости контейнеров, указанные в табл. 1.

Анализируя полученные данные, можно констатировать, что перевозка порожних контейнеров типа 1ААА не отвечает требованиям действующих правил по устойчивости, поэтому необходимо установить дополнительные средства крепления. В конкретном случае опрокидывания контейнеров на участке Архара – Доминикан на Забайкальской железной дороге при скорости поезда всего 17 км/ч можно предположить, что в формуле (1) величина боковой инерционной силы завышена, а величина ветровой нагрузки занижена.

Оценка устойчивости контейнеров и съемных кузовов после уточнения аэродинамических сил

Для выяснения условий, при которых происходит опрокидывание контейнеров, был проведен расчет аэродинамических сил в программном комплексе системы автоматического проектирования Flow Simulation. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1. При моделировании в программном комплексе рассматривались: четырехосная платформа, загруженная двумя 40-футовыми контейнерами типа

1 ААА [2], та же платформа, загруженная 45-футовым контейнером 1 ЕЕЕ, и платформа со съемным кузовом.

Согласно результатам моделирова-

ния, боковая сила от ветровой нагрузки на наветренной стороне при скорости ветра 33 м/с составляет 1,46 т (рис. 1а). В то же время, согласно формуле (2), боковая сила от ветровой нагрузки 50 кг/м^2 равна 1,58 т. Таким образом, расчетное давление и ветровая нагрузка, принятые СМГС, удовлетворительно согласуются с результатами моделирования в пакете Flow Simulation для наветренной стороны вагона с расхождением всего 8 %.

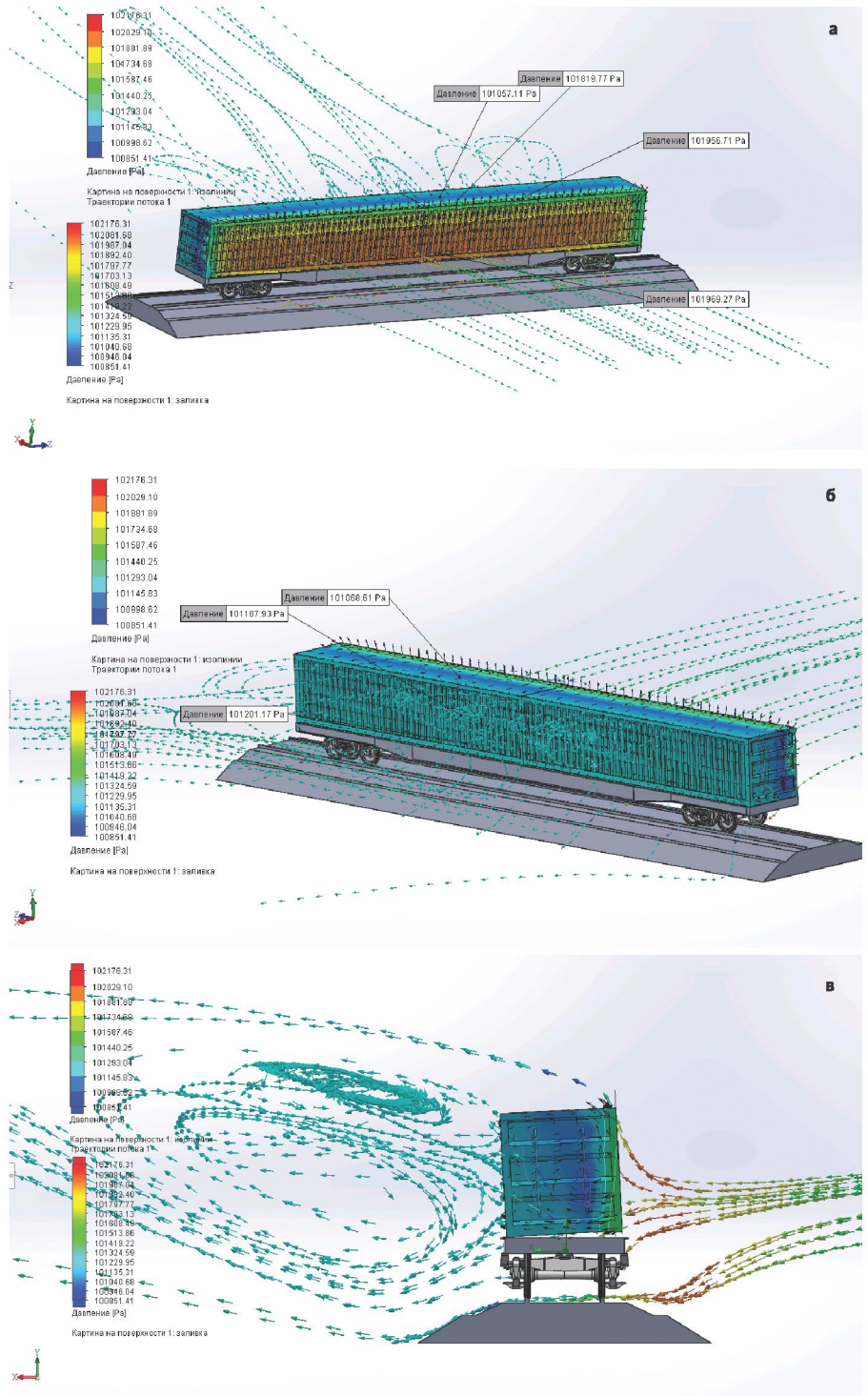


Рис. 1. Нагрузки, действующие на контейнер при действии бокового ветра: а, б – давление на наветренной (а) и подветренной (б) стороне; в – возникновение подъемной силы

Таблица 2. Исходные данные для оценки устойчивости контейнеров и съемных кузовов

Параметр	Тип контейнера или съемного кузова		
	1AAA	1EEE	СКЕ
Высота, мм	2896	2896	3345
Ширина, мм	2438	2438	3190
Длина, мм	12120	13716	13716
Масса, т	4,2	4,8	9,2

Различия наблюдаются на подветренной стороне контейнера. Здесь возникает разрежение (рис. 1б). Согласно результатам моделирования, боковая сила от ветровой нагрузки при скорости ветра 33 м/с составляет 0,38 т. При этом на основании контейнера действует подъемная сила 0,16 т (рис. 1в), а на крышу – 0,98 т. Эти нагрузки, возникающие вследствие разрежения потока ветра, а также подъемная сила, действующая на основание и на крышу контейнера, по СМГС не учитываются.

В табл. 2 представлены ветровые нагрузки, действующие на контейнеры и съемные кузова при скорости ветра 20–40 м/с, и расчетный коэффициент запаса устойчивости $k_{з\gamma}$.

При учете только аэродинамических сил, полученных в пакете Flow Simulation, при действии бокового ветра со скоростью более 30 м/с момент опрокидывания контейнеров типоразмеров 1EEE, 1AAA превышает удерживающий момент. Следовательно, коэффициент запаса устойчивости от опрокидывания порожних контейнеров данного типа недостаточен вследствие возникновения подъемной силы.

Таким образом, порожние контейнеры типоразмера 1EEE, 1AAA имеют недостаточную устойчивость от опрокидывания в боковом направлении при действии ветровой нагрузки и боковой

динамической силы. Чтобы обеспечить устойчивость порожних контейнеров, необходимо ввести крепления, не допускающие отрыва фитингов от упорок вагона. При этом для обеспечения условий, максимально приближенных к реальным, при проведении испытаний крепления контейнеров требуется разработка новых методов.

Конструктивные решения устройств креплений

Эксплуатируемые конструкции фитинговых упоров не способны удерживать современный контейнер от опрокидывания. В зарубежной практике применяют крепежные устройства, отличающиеся от стандартных упоров. Например, автоматические поворотные замки, обеспечивающие автоматическую фиксацию контейнера при его опускании на платформу, или замки с ручным управлением, состоящие из плиты основания с призматическим упором, который может поворачиваться вокруг оси [3, 4].

Недостатки известных замков – ослабленная прочность, сложность конструкции, возможность заклинивания при подъеме. Кроме того, применение таких креплений в России нерационально вследствие погодных условий: в зимний период из-за низких температур возникает высокий риск заклинивания под-

вижных частей крепежного механизма.

С учетом выявленных недостатков существующих креплений к разрабатываемым устройствам, обеспечивающим безопасность перевозок, необходимо предъявлять следующие основные требования:

- высокая надежность крепления контейнера при воздействии продольных и поперечных сил;
- фиксация от опрокидывания в поперечной плоскости;
- исключение ручного труда по закреплению контейнера;
- отсутствие воздействия на крепление продольных нагрузок при соударениях вагонов с груженными контейнерами;
- возможность осмотра и контроля устройства крепления и упорок фитингов без подъема контейнеров;
- пригодность к эксплуатации в условиях железнодорожных предприятий и специализированных контейнерных терминалах.

Для крепления контейнеров от боковых нагрузок при действии сильного ветра предлагается несколько новых вариантов устройств, не требующих ручного труда по закреплению.

Согласно первому варианту, крепление контейнеров предполагается с помощью торсионного вала с рычагами [5]. Данное устройство представляет собой вал, который установлен на поперечной опорной поверхности платформы и снабжен двумя рычагами и двумя поворотными затворами, расположенными друг от друга на расстоянии, равном расстоянию между центрами отверстий фитингов контейнера в поперечном направлении (рис. 2).

Перевозимый контейнер устанавливают на вагон-платформу таким образом, что нижняя балка контейнера

Таблица 3. Устойчивость контейнеров и съемных кузовов под действием ветровых нагрузок

Параметр	Контейнер 1 EEE			Контейнер 1 AAA			Съемный кузов		
	20	30	40	20	30	40	20	30	40
Скорость ветра, м/с									
Нагрузка на наветренной стороне $W_{бок1}$, тс	0,653	1,667	3,094	0,601	1,522	2,818	0,62	1,583	2,936
Нагрузка на подветренной стороне $W_{бок2}$, тс	0,366	0,628	0,994	0,324	0,559	0,888	0,32	0,531	0,826
Подъемная сила, действующая на крышу, $W_{кр}$, тс	0,445	0,767	1,204	0,386	0,657	1,043	0,675	1,25	2,053
Подъемная сила, действующая на основание, $W_{осн}$, тс	0,022	0,052	0,205	0,18	0,328	0,53	0,105	0,117	0,132
Момент опрокидывающий $M_{опр}$	1,899	3,99	7,065	1,925	3,965	6,829	2,945	6,088	10,492
Момент удерживающий $M_{уд}$	5,851	5,851	5,851	5,12	5,12	5,12	14,674	14,674	14,674
Коэффициент запаса устойчивости $k_{з\gamma}$	3,081	1,467	0,828	2,66	1,291	0,75	4,982	2,41	1,398

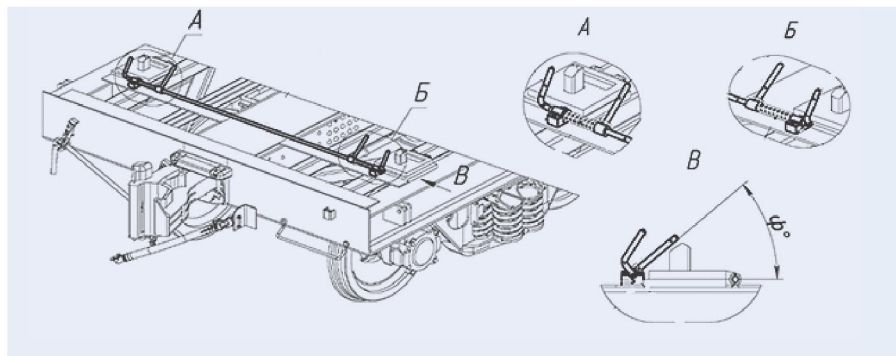


Рис. 2. Торсионный вал с рычагами

входит в соприкосновение с рычагами (рис. 3а), расположенными на валу устройства крепления. Когда контейнер опускают на опорные поверхности упоров платформы, рычаги поворачиваются (рис. 3б) и принимают горизонтальное положение, находясь под нижней балкой контейнера. При этом поворотные затворы заходят в отверстия фитингов, запирая их (рис. 3в).

Во время эксплуатации платформы с установленным контейнером при неблагоприятных погодных условиях, в том числе при воздействии на контейнер сильных порывов ветра, с неподветренной стороны контейнера на рычаг, расположенный в этой части устройства, будет действовать сила веса контейнера. Она противодействует вращению вала и выходу поворотного затвора из отверстия фитинга, расположенного с подветренной стороны, т. е. препятствует наклону и падению контейнера.

При снятии контейнера с вагона-платформы с помощью подъемного оборудования (контейнер перемещают в вертикальном направлении) после одновременного освобождения всех рычагов устройства поворотные затворы свободно выходят из зацепления под действием упругих элементов, расположенных на валу, которые

обеспечивают вращение и приведение механизма затвора в исходное положение.

Второй вариант крепления контейнеров, повышающего безопасность перевозки, – запирающее устройство двухточечного контакта (рис. 4), ограничивающее угол наклона контейнера при действии ветровых нагрузок в поперечной плоскости [6].

Устройство представляет собой стойки с откосами в верхней части, установленные в поперечной плоскости платформы напротив упоров. Стойки выполнены таким образом, что при наклоне контейнера образуются точки опоры, при этом в верхней части стоек выполнены откосы под углом от вертикали для направления контейнера на вагон-платформу при его погрузке.

Заключение

Порожние контейнеры типоразмера 1EEE, 1AAA имеют недостаточный запас устойчивости от опрокидывания в боковом направлении при действии ветровой нагрузки со скоростью более 30 м/с. Чтобы обеспечить устойчивость порожних контейнеров, необходимо ввести крепления, не допускающие отрыва фитингов от упоров вагона.

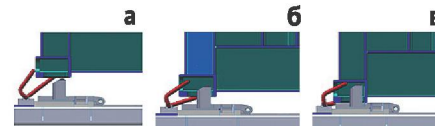


Рис. 3. Принцип работы торсионного вала с рычагами

Для обеспечения безопасности перевозок контейнеров и съемных кузовов рекомендуется применить разработанные крепления [5–7], обеспечивающие высокую надежность при воздействии продольных и поперечных сил, т. е. фиксацию от опрокидывания, пригодные к эксплуатации в условиях железнодорожных предприятий и специализированных контейнерных терминалов.

Преимущества предлагаемых конструкций креплений, обеспечивающих безопасность перевозок, – надежность фиксации, простота конструкции, исключение ручного труда при закреплении, возможность осмотра и контроля устройства крепления и упоров фитингов без подъема контейнера или съемного кузова.

При испытании крепления контейнеров на устойчивость от опрокидывания рекомендуется использовать предложенную методику расчета и полученные значения аэродинамических нагрузок на контейнеры. ■

Литература

1. Правила размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах // Приложение 14 к Соглашению о международном ж.-д. грузовом сообщении (СМГС). ОСЖД.
2. ГОСТ Р 51891–2008. Контейнеры грузовые серии 1. Фитинги. Технические условия. Введ. 2008-06-23. М.: Стандартинформ, 2008. 31 с.
3. Kentner P. The Car & Locomotive Cyclopedic / P. Kentner, B. Brundige, J. C. Thorpe et al. // Hardcover, 1997. P. 11-36.
4. Пат. на замок стопорный поворотный № 2644 от 30.11.2012.
5. Заявка на пат. на способ автоматического крепления съемных кузовов к раме платформы и устройство для его осуществления № 2016150959 от 23.12.2016.
6. Заявка на пат. на платформу для перевозки контейнеров № 2016152689 от 30.12.2016.
7. Заявка на пат. на вагон-платформу со съемными кузовами № 2016144496 от 14.11.2016.

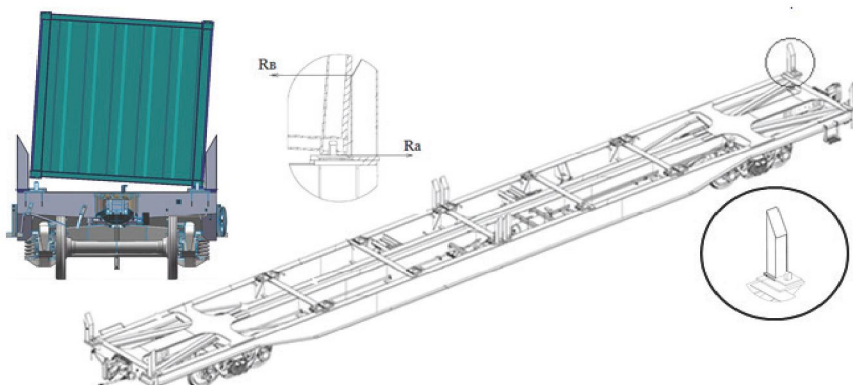


Рис. 4. Запирающее устройство двухточечного контакта