

Теоретическая и экспериментальная оценка прочности вагона-платформы для перевозки автомобильных полуприцепов



А. И. Бондаренко,
аспирант кафедры
«Вагоны и вагонное
хозяйство» Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС)



А. Ю. Панин,
генеральный директор
ООО «РусТрейл»

Совершенствование подвижного состава для контейнерных перевозок предусматривает внедрение новых технологий и конструкторских решений. На основе теоретической и экспериментальной оценки прочности вагона-платформы для перевозки автомобильных полуприцепов разработана расчетная схема, которая позволяет избежать ошибок на этапе проектирования вагонов данного типа.

Контейнерные перевозки получают все большее распространение в мире, и для достижения их максимальной эффективности актуальна задача создания специального подвижного состава.

По заказу ООО «РусТрейл» ПГУПС разработал вагон-платформу для перевозки автомобильных полуприцепов [1, 2]. Вагон, общий вид которого представлен на *рис. 1*, может перевозить автомобильные полуприцепы, тягачи и крупнотоннажные контейнеры типоразмера 1AA или 1EE. Особенности конструкции данного вагона-платформы являются пониженный до 1100 мм уровень пола, применение специальной поворотной площадки с фторопластовыми роликами для обеспечения заезда полуприцепа с терминала, использование специальной опорной тумбы для фиксации шкворня полуприцепа и

упоров для фиксации колес полуприцепа [3, 4].

При проектировании вагона был проведен комплекс научно-исследовательских работ для оценки прочности конструкции. Расчеты прочности рамы выполнялись согласно [5] для всех расчетных режимов нагружения.

В результате расчета получены значения эквивалентных напряжений, согласно которым были выявлены наиболее опасные зоны в конструкции (*рис. 2*). Значения полученных эквивалентных напряжений (см. таблицу), сравнивались с допустимыми, после чего делались выводы о прочности конструкции.

Для экспериментальной оценки прочности испытательный центр ОАО «НВЦ „Вагоны“» провел комплекс исследований, который включал в себя испытания на соударение, сброс с клиньев, на растяжение-сжатие, а также на усталостную прочность.

Наиболее неблагоприятные условия возникли при испытаниях на соударение. Сравнение расчетных и экспериментальных данных показало значительное расхождение значений напряжений при ударных нагрузках. В некоторых зонах при ударе и рывке напряжения различались на 150 %, при этом результаты теоретического и экспериментального исследования при воздействии продольных квазистатических нагрузок (растяжения и сжатия) практически сходились между собой.

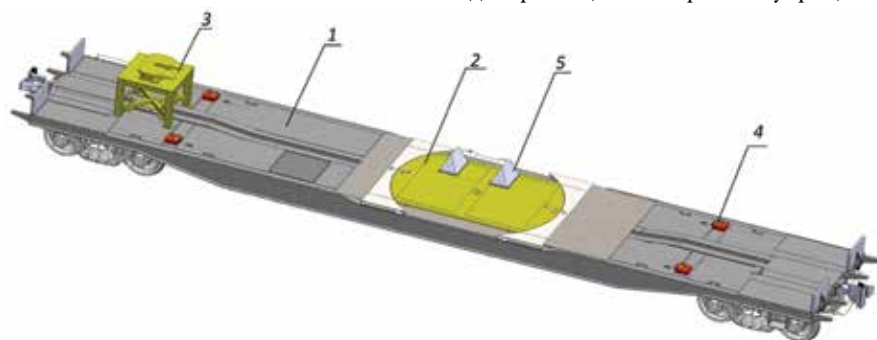


Рис. 1. Конструкция вагона-платформы для перевозки автомобильных полуприцепов:

- 1 – рама; 2 – поворотная погрузочная площадка; 3 – опорная тумба для фиксации колес полуприцепа; 4 – фитинговый упор; 5 – колесный упор

Максимальные эквивалентные напряжения в раме, полученные в результате расчета на прочность

Номер опасной зоны в соответствии с рисунком 2	Максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу, МПа							
	I режим, удар	I режим, рывок	I режим, сжатие	I режим, растяжение	III режим, удар	III режим, рывок	III режим, сжатие	III режим, растяжение
1	239	130	187	90	178	112	156	110
2	254	97	255	90	155	71	169	30
3	187	181	80	128	174	173	157	152
4	198	113	245	40	173	95	205	87



Рис. 2. Наиболее опасные зоны в конструкции вагона

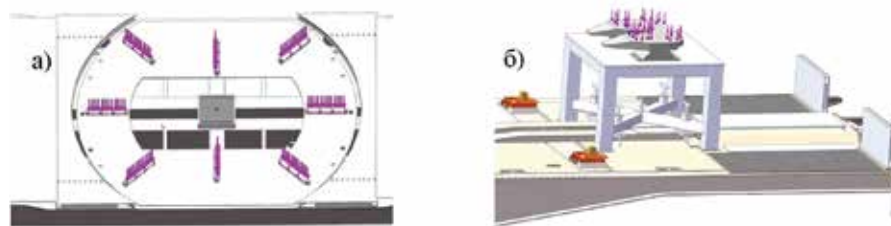


Рис. 3. Приложение сил в расчетной модели вагона: а) вертикальная сила от колес полуприцепа, действующая через опорные ролики на раму вагона; б) вертикальная сила от шкворня полуприцепа, действующая через опорную тумбу на раму вагона

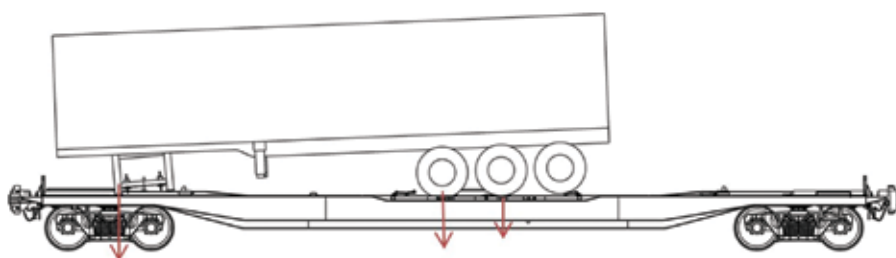


Рис. 4. Неравномерная нагрузка от полуприцепа на вагон

Для выявления причин такого большого расхождения результатов был проведен анализ кинематических и силовых граничных условий, использованных в расчете прочности, а также исследован характер распределения нагрузки от полуприцепа на вагон при испытаниях. Исследования показали, что при расчете на прочность в конечно-элементной модели нагрузка от колес полуприцепа на поворотную погрузочную площадку, а далее – на раму вагона была равномерно распределена между всеми опорными роликами

(рис. 3а), сама погрузочная площадка в расчетной модели не моделировалась. Таким образом, влияние расположения колес полуприцепа на поворотной площадке не было учтено. Кроме того, принималось, что вертикальная сила, приходящаяся на опорную тумбу от шкворня полуприцепа, равномерно распределяется между четырьмя опорами тумбы и передается на раму вагона (рис. 3б).

Данная схема приложения сил учитывала все нагрузки в соответствии с [5]. Однако в ходе испытаний при ударах и

рывках были выявлены неравномерное нагружение опорных роликов, установленных на раме вагона под поворотной погрузочной площадкой, а также перекос опорной тумбы, в результате чего нагрузка от шкворня полуприцепа передавалась только через две опоры тумбы (рис. 4).

Согласно результатам исследования была создана уточненная расчетная модель вагона. В расчетную схему была включена поворотная погрузочная площадка для решения контактной задачи передачи нагрузки от колес полуприцепа на опорные ролики и затем на раму вагона. На площадке были смоделированы зоны опирания колес полуприцепа, при этом учитывались возможные перекосы и несимметричность установки полуприцепа относительно продольной оси вагона, а также возможные смещения колес, возникающие при движении и при погрузке полуприцепа на вагон. Кроме того, были учтены возможные перекосы опорной тумбы.

Напряжения в конструкции, полученные в результате уточненного расчета прочности, не превысили допустимых согласно [5], а расхождение с результатами проведенных испытаний составило около 14 %, что является приемлемым результатом и позволяет говорить о достоверности уточненного расчета прочности. Сравнительные гистограммы значений эквивалентных напряжений, полученных при первоначальном расчете прочности, испытаниях и уточненном расчете прочности, приведены на рис. 5.

Таким образом, сравнение теоретических и экспериментальных данных при оценке прочности вагона-платформы для перевозки автомобильных полуприцепов позволило найти недостатки в существующей расчетной схеме, учесть такие факторы, как неравномерность передачи нагрузки от колес и шкворня полуприцепа на раму вагона, и разработать расчетную схему, использование которой позволит избежать ошибок на этапе проектирова-

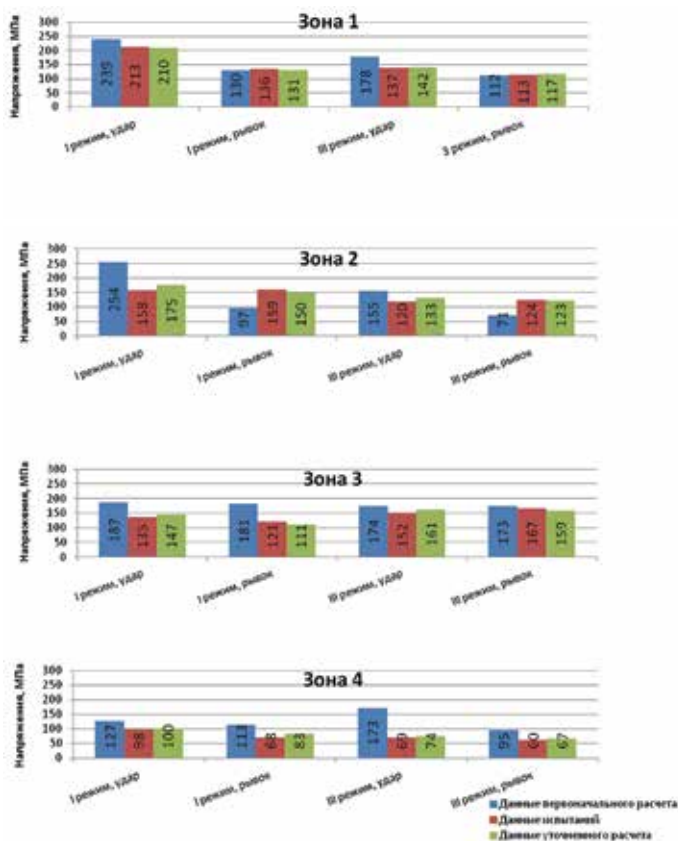


Рис. 5. Сравнительные гистограммы теоретических и экспериментальных данных оценки прочности рамы вагона

ния вагонов-платформ для перевозки автомобильных полуприцепов. T

Литература

1. Бондаренко А. И. Выбор параметров вагонов-платформ для перевозки колесной техники // Транспорт РФ. 2013. №3 (46).
2. Панин А. Ю. Создание платформы для контейнерных перевозок // Тез. докл. VIII Междунар. науч.-технич. конф. «Подвижной состав XXI века: Идеи, требования, проекты». СПб., 2013.
3. Панин А. Ю., Бороненко Ю. П., Цыганская Л. В., Собержанский Н. А., Кукушина Н. А., Федоров И. В. Пат. на полезную модель № 125151 «Железнодорожная платформа». 2012.
4. Панин А. Ю., Котляренко А. Ф., Бороненко Ю. П., Цыганская Л. В., Бондаренко А. И., Федоров И. В. Пат. на полезную модель № 137781 «Железнодорожная платформа». 2013.
5. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.

При поддержке:



VII Международная выставка современной продукции, новых технологий и услуг железнодорожного транспорта

exporail 2014

28 – 30 октября

ЦВК "ЭКСПОЦЕНТР", Москва

Организатор:
РЕСЭК БРУКС

Тел.: (812) 320-80-94
E-mail: exporail@restec.ru
www.exporail.ru

www.exporail.ru

Официальный журнал выставки:



Генеральный информационный партнер:

