

# Инновационный вагон-цистерна для перевозки химических грузов



Ю. Б. Житков,  
инженер-конструктор  
ОАО «НВЦ „Вагоны“»

В целях развития системы железнодорожного транспорта назрела необходимость разработки конструкций новых вагонов для перевозки химических грузов высокой плотности. Предложен проект инновационного вагона-цистерны, предназначенного для транспортировки серной кислоты, который соответствует требованиям тяжеловесного движения.

В настоящее время ведутся работы по созданию инновационных вагонов с улучшенными технико-экономическими, прочностными и динамическими показателями [1]. Основное внимание уделяется разработке вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов [2, 3], а именно увеличению их грузоподъемности, уменьшению металлоемкости конструкции, понижению центра тяжести вагона для улучшения его динамических характеристик, более эффективному использованию погонной нагрузки нетто, которая во многом определяет эффективность железнодорожного транспорта [1]. При этом совершенствованию вагонов-цистерн для перевозки химических грузов высокой плотности уделяется меньше внимания. В то же время парк таких вагонов интенсивно стареет, а их закупки ведутся в ограниченном количестве.

В данной статье рассматриваются вопросы создания вагона-цистерны для перевозки серной кислоты, отвечающего требованиям к вагонам для тяжеловесного движения [1].

При разработке проекта вагона-цистерны для перевозки серной кислоты был проведен обзор существующих вагонов-цистерн российских и зарубежных производителей. В качестве прототипа выбран вагон производства ПАО «Азовмаш» модели 15-1548-02 для перевозки улучшенной серной кислоты.

Наиболее эффективным способом увеличения грузоподъемности вагона является переход на инновационные тележки с повышенной осевой нагрузкой [3]. Это является необходимым, но недостаточным условием для более эффективного использования погонной нагрузки нетто. Показатель погонной нагрузки нетто можно улучшить за счет уменьшения длины вагона, при этом

нужно обратить внимание на устойчивость от выжимания порожнего вагона в кривой. Массу тары можно уменьшить за счет использования безрамной конструкции вагона.

Для увеличения грузоподъемности и уменьшения базы вагона были рассмотрены различные варианты конструктивных решений формы котла [2; 4, с. 98] и выбран котел цилиндрической формы переменного сечения.

Известно, что отклонение от цилиндрической формы котла вагона-цистерны приводит к возрастанию напряжений в конструкции, для компенсации которых требуется существенное увеличение металлоемкости котла [2]. В противном случае необходимо предусмотреть в конструкции полурамы вагона возможность более эффективной передачи продольных нагрузок, возникающих в результате взаимодействия вагонов через автосцепки.

При разработке конструкции полурамы проектируемого вагона были рассмотрены современные конструкции полурам вагонов-цистерн [5, 6].


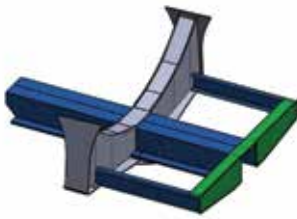

У рассмотренных цистерн котел соединяется с наддресорной балкой тележки посредством опоры, которая опирается на тележку пятниками и скользунками, расположенными на шкворневой балке, а с котлом соединяется при помощи ребер, лап и косынок.

В проектируемом вагоне с целью уменьшения массы тары было принято решение уйти от традиционной шкворневой балки.

Спроектированная полурама (рис. 1) образована хребтовой 1, продольными 6 и лобовой 7 балками. Хребтовая балка позволяет установить автосцепное устройство 3 и пятник 4.

Хребтовая балка 1 с центральной стороны вагона имеет паз, необходимый для ее совмещения с переходной

Таблица 1. Сравнительный анализ массы конструктивных исполнений

Описание	Элементы опирания котла на тележку		
	В случае вагона рамной конструкции	В случае вагона безрамной конструкции	Предлагаемый вариант в случае вагона безрамной конструкции
Эскиз конструкции			
Масса всех элементов рамы вагона, кг	3520	2954	1728

царгой обечайки котла. Эта зона подкрепляется усиливающими ребрами 5. Крайние царги обечайки котла и днище крепятся с помощью опор 2, имеющих продольное расположение относительно вагона.

Опираие котла на тележку происходит через пятниковый узел и специальные боковые опоры, совмещенные со шпангоутом.

Сравнительный анализ массы рамы проектируемого вагона при традиционном рамном исполнении конструкции вагона, при современном безрамном исполнении конструкции вагона и предлагаемого варианта исполнения конструкции опирания котла на раму представлен в табл. 1.

Таким образом, предлагаемый вариант крепления котла с использованием шпангоута, совмещенного с опорами, позволяет снизить металлоемкость конструкции опирания котла на тележки на 50 % по сравнению с рамным исполнением и на 40 % – по сравнению с современной безрамной конструкцией вагона.

В процессе проектирования вагона были выполнены расчеты на прочность конструкции в соответствии с «Нормами...» [7] методом конечных элементов. Максимальные значения эквивалентных напряжений в элементах конструкции

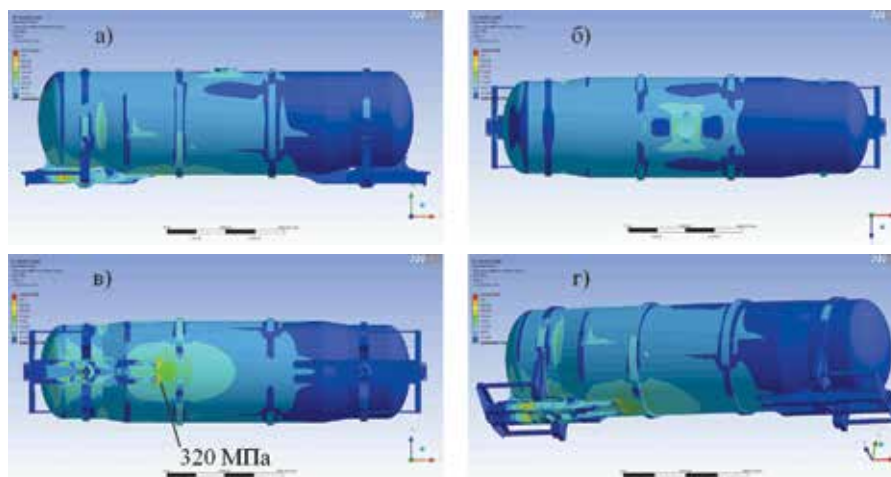


Рис. 2. Поля распределения эквивалентных напряжений (I режим, удар): а) – главный вид; б) – вид сверху; в) – вид снизу; г) – вид сбоку-снизу

возникали при I режиме (удар) в зоне перехода конца хребтовой балки на котел вагона (рис. 2в) и составили 320 МПа при допуске значения 345 МПа. Результаты расчета представлены на рис. 2.

Проведены расчеты на устойчивость котла в соответствии с [7]. Минимальное значение коэффициента запаса устойчивости соответствует первой форме и составляет 8, что не менее чем допускаемое значение 1,1.

По результатам расчета на устойчивость колесной пары против схода с рельсов у вагона-цистерны с пониженным центром тяжести, проведенного в соответствии с [7], вагон имеет достаточные значения запаса устойчивости колесной пары при первом и втором расчетных режимах. Значения коэффициентов составили для первого режима: груженный вагон – 2,075, порожний вагон – 2,09 при допустимом значении 1,3; для второго режима при допустимом значении 1,2 опрокидывание при наличии возвышения наружного рельса внутрь кривой – 1,48, наружу кривой – 1,57, при отсутствии возвышения наружного

рельса внутрь кривой – 1,39, наружу кривой – 1,75.

Предложенные технические решения позволили разработать проект вагона-цистерны для перевозки серной кислоты (рис. 3), который отличается улучшенными характеристиками в соответствии с требованиями к вагонам для тяжеловесного движения [1]. Сравнение технико-экономических параметров проектируемого вагона и вагона-прототипа представлено в табл. 2.

В ходе работы удалось значительно улучшить технико-экономические параметры проектируемого вагона по сравнению с прототипом: повысить грузоподъемность на 16,4 %, снизить массу тары на 5,6 %, уменьшить габаритные размеры вагона, повысив погонную нагрузку нетто на 22 %. Объем котла увеличен на 19,4 %, при этом вагон остается в габарите 02-ВМ. Центр тяжести вагона понизился на 25,7 % до отметки 1,24 м в сравнении с вагоном-прототипом. Расчеты на прочность, устойчивость котла, устойчивость колесной пары против схода с рельсов показали соответствие [7].

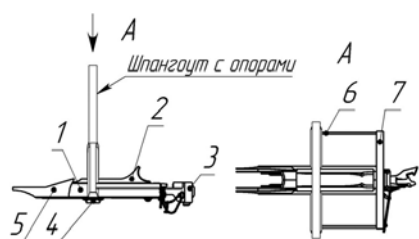


Рис. 1. Полурама вагона: 1 – хребтовая балка; 2 – опора котла; 3 – автосцепное оборудование; 4 – пятник; 5 – ребро; 6 – продольная балка; 7 – лобовая балка

Таблица 2. Сравнение технико-экономических параметров вагонов

	Прототип 15-1548-02	Проект вагона
Перевозимый груз	Улучшенная серная кислота	Серная кислота
Производитель	ПАО Азовмаш	-
Грузоподъемность, т	67	78 (+16,4 %)
Тара, т	23,3	22 (-5,6 %)
Коэф. тары	0,35	0,28 (-20 %)
База вагона, мм	7800	7200 (-7,7 %)
Длина по концевым балкам, мм	10800	10200 (-5,6 %)
Длина по осям автосцепок, мм	12020	11420 (-5 %)
Полный объем котла, м <sup>3</sup>	38,5	46 (+19,4 %)
Полезный объем котла, м <sup>3</sup>	36,4	42,4 (+16,4 %)
Погонная нагрузка брутто, т/м	7,5	8,7 (+16 %)
Погонная нагрузка нетто, т/м	5,57	6,8 (+22 %)
Габарит по ГОСТ 9238-83	02-ВМ	02-ВМ

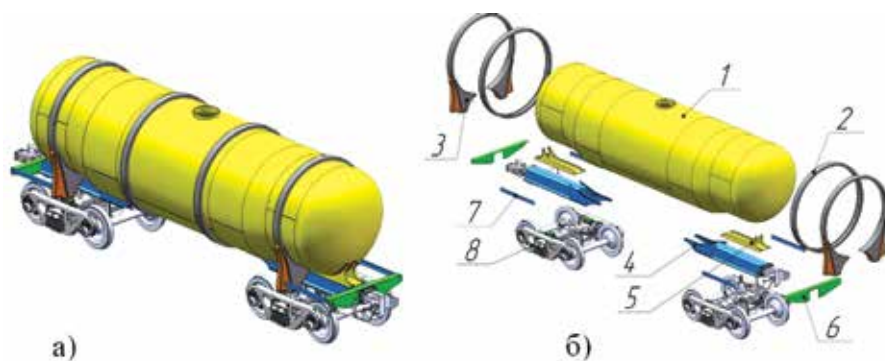


Рис. 3. Инновационный вагон-цистерна для перевозки серной кислоты: а) – общий вид конструкции вагона; б) разнесенный вид вагона: 1 – котел; 2 – шпангоут; 3 – шпангоут, совмещенный с опорами; 4 – хребтовая балка; 5 – опора котла; 6 – лобовая балка; 7 – продольная балка; 8 – тележка

дорог и его высокотехнологичное производство // Наука и транспорт. 2012. № 3.

- Соколов М. М., Морчиладзе И. Г. Гносеология вагонов // М.: ИБС-Холдинг, 2009.
- Пат. № 122625 от 10.12.2012 г. на полезную модель «Опора котла безрамной цистерны» / М. И. Набиуллин, Ю. П. Бороненко, Л. В. Цыганская, Н. А. Совержанский, А. В. Маненков, В. М. Мишин.
- Пат. № 2257305 от 29.07.2002 г. на изобретение «Крепление котла цистерны к полурамам» / В. П. Ефимов, А. Н. Стрельченко, Л. М. Васильева, Н. А. Малых, А. В. Крючков, В. А. Андронов, К. П. Демин, А. А. Поликарпов, А. А. Илларионов, М. В. Агинских, А. Б. Левин, А. В. Бесчастный, Н. А. Белов.
- Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.

### Литература

- Бороненко Ю. П. Стратегические задачи вагоностроителей в развитии тяжеловесного движения // Транспорт РФ. 2013. № 5 (48).
- Атаманчук Н. А., Цыганская Л. В. На-

правления совершенствования конструкций вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов // Транспорт РФ. 2013. № 3 (46).

- Бороненко Ю. П. Инновационный грузовой подвижной состав железных

## Подписка

Подписка на журнал «Транспорт Российской Федерации» оформляется в любом отделении почтовой связи по объединенному каталогу «Пресса России», **подписной индекс 15094.**

Подписаться на журнал через редакцию можно в течение года с любого месяца,

- выслать заявку **по факсу (812) 310-40-97;**
- выслать заявку **по электронной почте rt@rostransport.com;**
- или заполнив заявку **на сайте www.rostransport.com, раздел «Подписка».**

Подписку также можно оформить в агентствах:

«Книга-Сервис»,  
тел. (495) 680-90-88,  
<http://акс.ru>

«Артос-ГАЛ»,  
тел. (812) 331-89-44

