

# Выбор конструкции опорных зон котла восьмиосного двухсекционного вагона-цистерны для перевозки светлых нефтепродуктов



Н. А. Атаманчук,  
аспирант кафедры  
«Вагоны и вагонное  
хозяйство» Петербургского  
государственного  
университета путей  
сообщения Императора  
Александра I,  
инженер-конструктор  
ОАО «НВЦ «Вагоны»

Одной из новейших разработок инновационного грузового подвижного состава железных дорог является восьмиосный двухсекционный вагон-цистерна для перевозки светлых нефтепродуктов. Рассмотрены варианты конструктивного исполнения опорных элементов котла на раму для вагона-цистерны увеличенной вместимости, предложена методика выбора наиболее рационального технического решения.

В процессе разработки совместного проекта ПГУПС, ОАО «НВЦ «Вагоны» и ОАО «Рухиммаш» по созданию инновационного грузового подвижного состава железных дорог были предложены технические решения новых вагонов [1]. Модельный ряд разработанных вагонов включал в себя восьмиосный двухсекционный вагон-цистерна для перевозки светлых нефтепродуктов модели 15-9892.

Одной из основных проблем при разработке инновационного вагона-цистерны для перевозки светлых нефтепродуктов в габарите  $T_{пр}$ , модель кото-

рого представлена на рис. 1, был выбор конструкции опорных элементов. Котел имеет нетиповую форму, а именно – конусовидный уклон по краям [2], который необходим для лучшего вписывания в габарит  $T_{пр}$ . Шкворневые узлы расположены под этим уклоном, что предъявляет дополнительные требования к прочности узла опирания котла на полураму в этих зонах [3–4].

На стадии разработки были предложены три варианта исполнения опорных элементов, каждый из которых имел конструктивные отличия. Модели опорных элементов представлены на рис. 2–4.

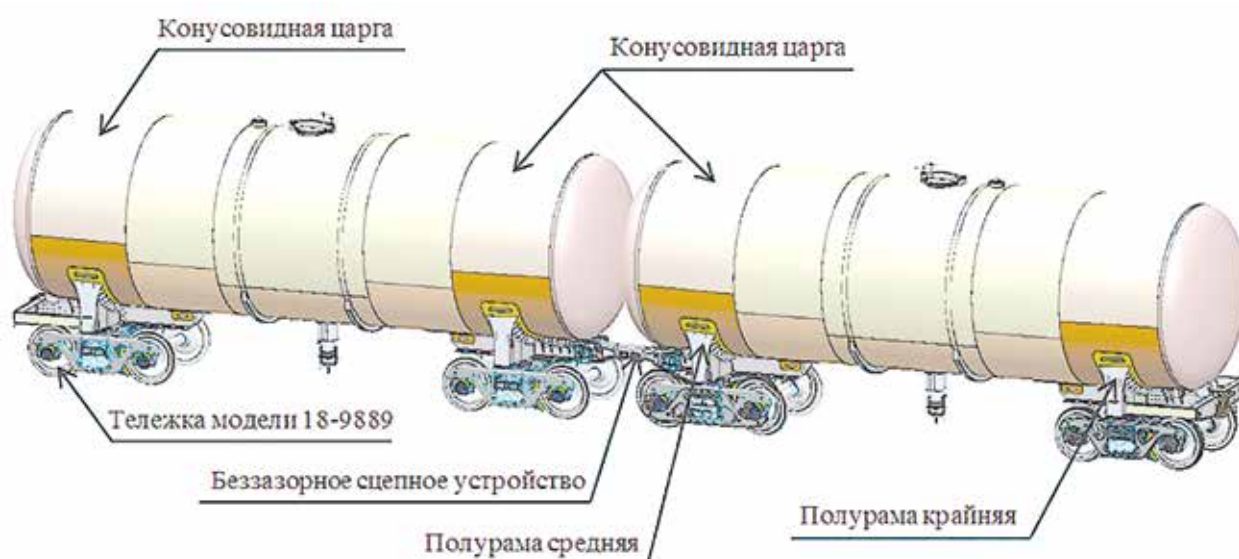


Рис. 1. Модель вагона-цистерны для перевозки светлых нефтепродуктов в габарите  $T_{пр}$

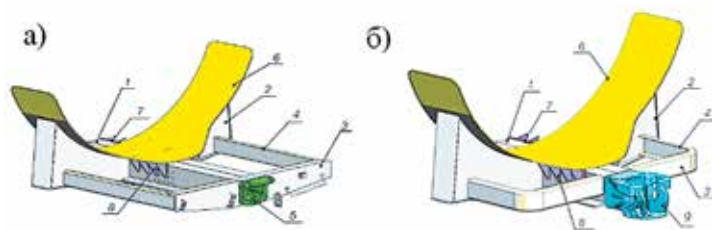
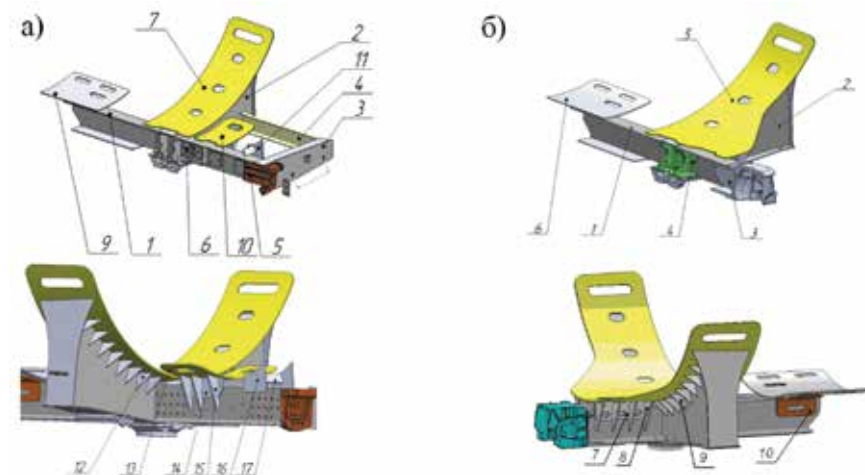


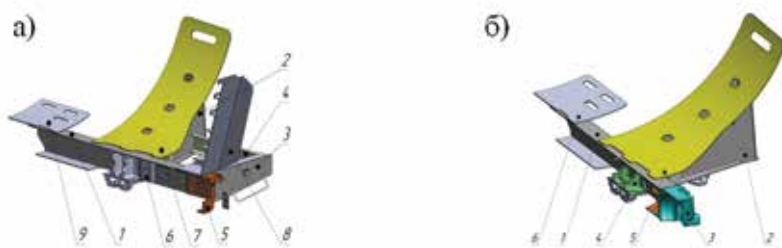
Рис. 2. Модели полурам (первый вариант исполнения): а) крайняя полурама, б) средняя полурама:  
 1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка; 3 – концевая балка; 4 – боковая балка; 5 – упор передний;  
 6 – опорный лист котла; 7 – лист вертикальный опорного листа котла; 8 – ребро вертикальной опоры;  
 9 – упор беззазорного сцепного устройства



1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка;  
 3 – концевая балка; 4 – боковая балка;  
 5 – упор передний; 6 – упор задний;  
 7 – опорный лист котла; 9 – лист опорный малый;  
 10 – дополнительная опора конусной царги;  
 11 – опора днища; 12 – косынки шкворневые;  
 13 – лист дополнительной опорный;  
 14 – лист вертикальный; 15 – ребра опоры;  
 16 – лист вертикальный опоры днища;  
 17 – перемычка

1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка;  
 3 – упор беззазорного сцепного устройства;  
 4 – надпятник;  
 5 – опорный лист котла;  
 6 – лист опорный малый;  
 7 – лист вертикальный опорного листа котла;  
 8 – ребро вертикальной опоры;  
 9 – косынка соединения опорного листа и шкворневой балки;  
 10 – дополнительный подкрепляющий элемент

Рис. 3. Модели полурам (второй вариант исполнения): а) крайняя, б) средняя



1 – хребтовая балка;  
 2 – шкворневая балка;  
 3 – концевая балка;  
 4 – боковая балка;  
 5 – упор передний;  
 6 – упор задний;  
 7 – опорный лист котла;  
 8 – защитный экран;  
 9 – лист опорный малый

1 – хребтовая балка;  
 2 – шкворневая балка;  
 3 – упор беззазорного сцепного устройства;  
 4 – надпятник;  
 5 – опорный лист котла;  
 6 – лист опорный малый

Рис. 4. Модели полурам (третий вариант исполнения): а) крайняя, б) средняя

Все три варианта исполнения полурам предусматривают приварку к котлу опорного листа. Далее котел устанавливается на полурамы, следует приварка подкрепляющих элементов. В первом и третьем вариантах вертикальные листы шкворневых балок привариваются к опорному листу котла. Во втором варианте при установке котла на полурамы привариваются косынки, ребра и другие подкрепляющие элементы. Этим объясняется увеличение их количества по сравнению с другими вариантами исполнения опорных элементов. Крепление переднего и заднего упоров автосцепки в хребтовой балке крайней полурамы в первом и втором вариантах осуществляется с помощью заклепок. Конструкция третьего варианта предусматривает сварное соединение упоров с хребтовой балкой.

Для выбора рационального варианта опорных элементов вагона-цистерны с увеличенным объемом котла были взяты следующие критерии: трудоемкость и технологичность изготовления; металлоемкость и соответствие нормативным условиям прочности.

На первом этапе для оценки трудоемкости был проведен расчет суммарной длины сварных швов для каждого варианта исполнения полурам, который показал, что наименьшей длиной сварных швов характеризуется первый вариант исполнения опорных элементов. На рис. 5а представлена сравнительная гистограмма длины сварных швов опорных элементов для каждого варианта исполнения полурам.

На втором этапе были оценены металлоемкость и технологичность изготовления полурам для каждого варианта. Наименьшей массой характеризуется третий вариант исполнения, при котором суммарная масса полурам равна 4634 кг (рис. 5б). Суммарная масса полурам при первом варианте конструктивного исполнения равна 4680 кг, при втором – 4819 кг.

Технологичность изготовления определялась простотой установки котла на полурамы. По этому критерию выигрывает второй вариант конструктивной схемы, поскольку исключается необходимость приварки вертикальных листов шкворневой балки к опорному листу котла.

На третьем этапе исследования была проведена оценка прочности трех вариантов исполнения полурам с использованием метода конечных элементов в

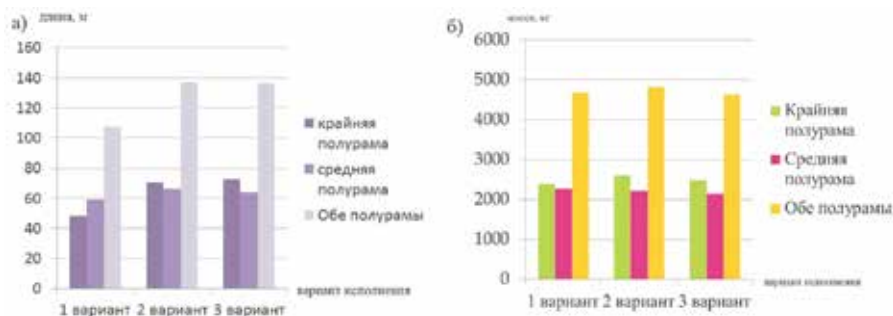


Рис. 5. Сравнительные гистограммы: а) длины сварных швов опорных элементов, б) массы опорных элементов

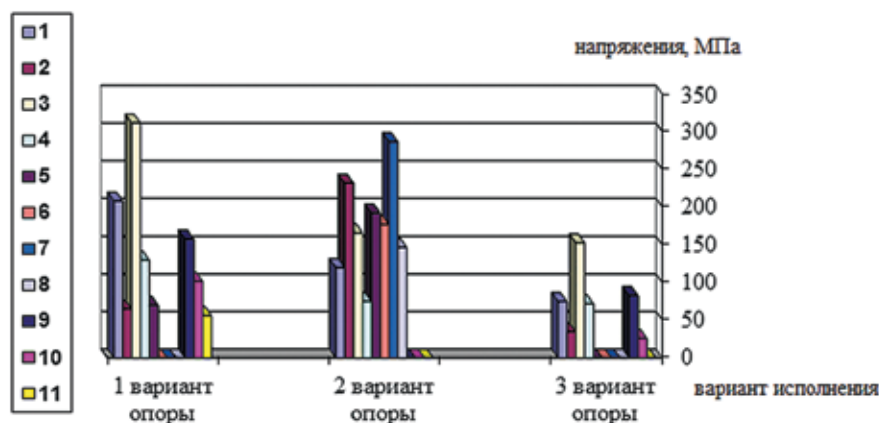


Рис. 6. Гистограмма сравнения значений эквивалентных напряжений, возникающих в крайней полураме при первом расчетном режиме (ударе) в различных зонах в зависимости от схемы опоры

соответствии с [5]. В результате расчета были получены эквивалентные напряжения, возникающие в элементах конструкции полурам.

По полученным данным построены гистограммы (рис. 6, 7) для сравнения значений эквивалентных напряжений, возникающих в различных зонах полурам в зависимости от варианта опоры.

Расчет показал, что максимальные по модулю значения эквивалентных напряжений при первом расчетном режиме при ударе возникают в элементах конструкции первого варианта опоры, при сжатии – в элементах конструкции третьего варианта опоры; минимальные по модулю значения эквивалент-

ных напряжений при первом расчетном режиме при ударе возникают в элементах третьего варианта опоры, при сжатии – в элементах конструкции второго варианта опоры.

Второй из трех вариантов конструктивной схемы опорных элементов вагона-цистерны позволяет наиболее рационально использовать несущую способность котла за счет более эффективного распределения напряжений при первом расчетном режиме при ударе и сжатии.

Максимальные эквивалентные напряжения в конструкции второго варианта исполнения крайней полурамы при первом расчетном режиме при ударе составили 287 МПа, в конструкции

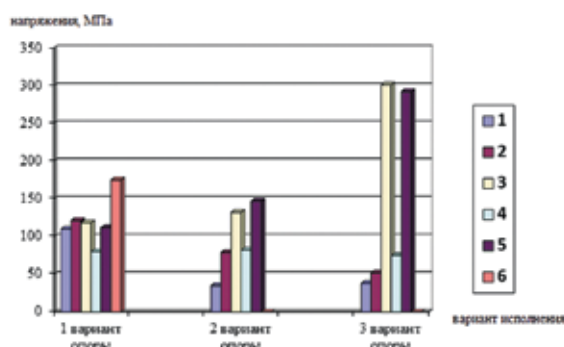


Рис. 7. Гистограмма сравнения значений эквивалентных напряжений, возникающих в средней полураме для первого расчетного режима (сжатие) в различных зонах в зависимости от схемы опоры

средней полурамы при первом расчетном режиме при сжатии – 147 МПа.

На основании результатов проведенного исследования был сделан вывод, что наиболее целесообразным является применение второго варианта исполнения полурам для вагона-цистерны для перевозки светлых нефтепродуктов увеличенной вместимости.

На выполненные по второму варианту опорные элементы двухсекционного восьмиосного вагона-цистерны для перевозки светлых нефтепродуктов получен патент на полезную модель [6].

Сравнение технических характеристик инновационного вагона-цистерны, в конструкции которого использован выбранный вариант исполнения опорных элементов, с техническими характеристиками лучшего аналога – восьмиосного вагона-цистерны модели 15-871, показало, что при увеличении массы тары вагона на 11 % достигли роста грузоподъемности на 22 %, а также увеличили объем котла на 40 % в сравнении с аналогом.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ.*

**Литература**

1. Бороненко Ю. П. Инновационный грузовой подвижной состав железных дорог и его высокотехнологичное производство // Наука и транспорт. 2012. №3.
2. Атаманчук Н. А., Цыганская Л. В. Направления совершенствования конструкций вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов // Транспорт РФ. 2013. № 3 (46).
3. Набиуллин М. И., Бороненко Ю. П., Липецкий Д. В., Цыганская Л. В., Собержанский Н. А., Соколов А. М., Маненков А. В., Мишин В. М. Пат. на полезную модель № 111500 «Вагон-цистерна с двумя котлами». 2011.
4. Бороненко Ю. П., Липецкий Д. В., Цыганская Л. В., Собержанский Н. А., Соколов А. М., Маненков А. В., Мишин В. М., Набиуллин М. И. Пат. на полезную модель № 110045 «Вагон-цистерна». 2011.
5. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) // М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.
6. Набиуллин М. И., Бороненко Ю. П., Цыганская Л. В., Собержанский Н. А., Маненков А. В., Мишин В. М. Пат. на полезную модель № 122625 «Опора котла безрамной цистерны». 2012.