

Поиск рационального конструктивного исполнения стоек и обвязки кузова глухodonного полувагона увеличенной грузоподъемности

А. В. ПЕШКОВ, ведущий научный сотрудник ОАО «НВЦ „Вагоны“»,

М. Р. ТОХЧУКОВА, аспирант кафедры вагонов и вагонного хозяйства ПГУПС



Разработанная авторами новая конструкция кузова глухodonного полувагона позволяет увеличить параметры грузоподъемности и вместимости. Увеличение объема кузова при снижении его массы тары было произведено за счет применения профиля стоек боковых стен в виде прямоугольной трубы переменного по высоте сечения.

Увеличение грузоподъемности и вместимости являются главными задачами при проектировании современных полувагонов. Одним из направлений разработки инновационного подвижного состава является создание полувагона с осевой нагрузкой 27 т, обладающего новыми потребительскими свойствами: объем кузова — более 100 м³, грузоподъемность — 84 т. При этом конструкция вагона должна полностью удовлетворять требованиям прочности и надежности в соответствии с «Нормами для расчета и проектирования» [1]. Расчетные методы позволяют значительно сократить затраты на испытания макетных образцов в поисках их оптимального конструктивного исполнения.

Далее излагаются результаты оценки нагруженности и выбора конструктивного исполнения каркаса и обвязки боковых стен кузова глухodonного полувагона увеличенной грузоподъемности и вместимости.

Современные методики расчетных исследований при помощи ЭВМ позволяют решать системы уравнений математического моделирования, описывающих реальные процессы нагружения конструкций в стационарном и нестационарном их состояниях. Это значительно сокращает временные и материальные затраты на изготовление и испытания опытных образцов в поиске рационального их конструктивного исполнения. В основу расчетных методик положен метод математической декомпозиции и использование стандартных вычислительных процедур для решения типовых расчетных задач, связанных с решениями конечных уравнений (линейных и нелинейных), а также обыкновенных дифференциальных уравнений.

Обзор существующих конструкций стоек боковых стен полувагонов показывает, что в них применяется омегаобразный профиль или швеллер.

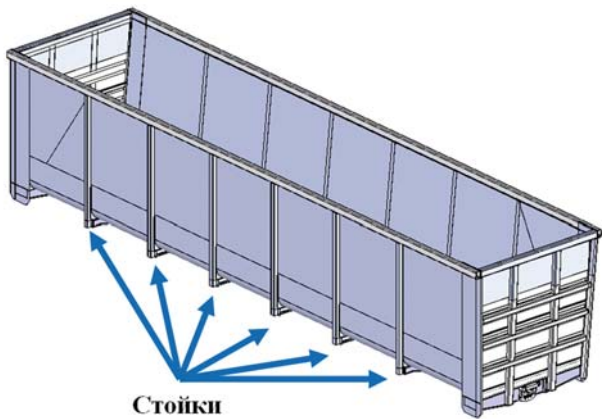


Рис. 1. Стойки постоянного по высоте сечения

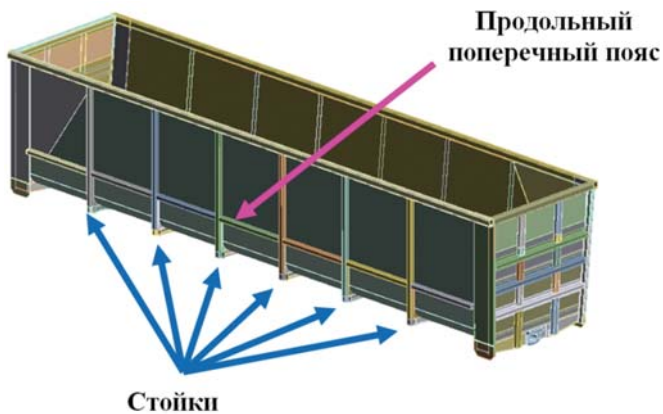


Рис. 2. Стойки постоянного по высоте сечения, соединенные продольным поперечным поясом

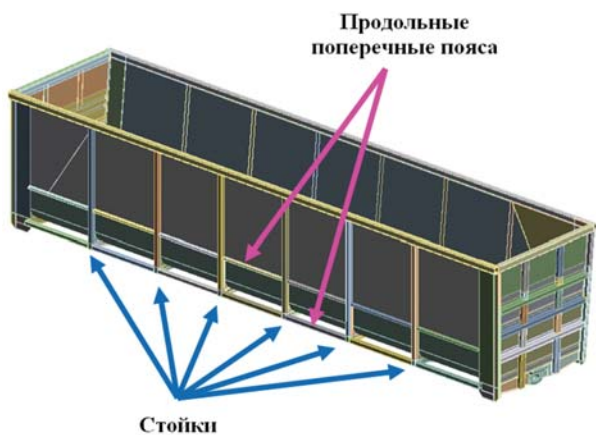


Рис. 3. Стойки постоянного по высоте сечения, соединенные двумя продольными поперечными поясами

Из опыта эксплуатации следует, что наиболее повреждаемыми элементами кузовов полувагонов наряду с верхней обвязкой и элементами торцевой стены являются стойки боковых стен. Согласно исследованиям, изложенным в [2], большое количество повреждений стоек возникает в узлах заделки, что свидетельствует о недостаточных прочностных характеристиках данного узла в условиях циклических нагрузок. Поэтому в ходе поиска оптимального решения конструкции стоек и обвязки кузова полувагона, чтобы обеспечить прочность и надежность при увеличенных показателях грузоподъемности и вместимости, учитывались такие требования к данным конструкциям, как достаточная жесткость, незначительная разница толщины привариваемых друг к другу элементов, а также отсутствие концентраторов напряжений. Рассмотрению подлежали следующие вариан-

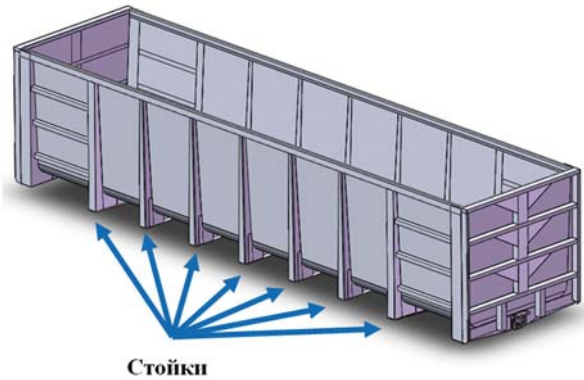


Рис. 4. Стойки переменного по высоте сечения

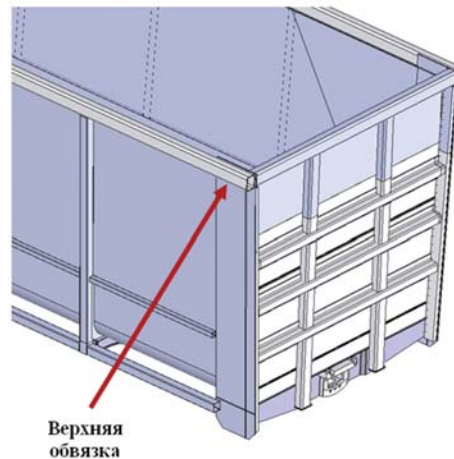


Рис. 5. Верхняя обвязка

ты исполнения данных конструкций с сечением в виде прямоугольной трубы:

- стойки постоянного по высоте сечения (труба $100 \times 100 \times 4$) (рис. 1);
- стойки постоянного по высоте сечения (труба $100 \times 100 \times 4$), соединенные между собой продольным поперечным поясом (рис. 2);
- стойки постоянного по высоте сечения (труба $100 \times 100 \times 4$), соединенные между собой двумя продольными поперечными поясами (рис. 3);
- стойки переменного по высоте сечения (рис. 4);
- верхняя обвязка сечением $160 \times 120 \times 8$ (рис. 5).

Массовые характеристики кузова полувагона с различными вариантами исполнения стоек приведены на рис. 6.

При оценке прочности стоек и обвязки кузова полувагона рассматривались следующие режимы нагружения данных элементов конструкции:

- действие распорных сил по третьему расчетному режиму (с учетом коэффициента вертикальной динамики) [1];
- действие сил, возникающих при разгрузке вагона на вагоноопрокидывателях [там же]:

В первом случае производился расчет боковой стенки на одновременное действие вертикальной и горизонтальной нагрузок, равномерно распределенных по ширине обвязки на длине 0,8 м средней части пролета обвязки между соседними стойками.

Во втором случае производился расчет боковой стенки на изгиб из своей плоскости как рамы, шарнирно опертой верхним поясом и жестко заделанной в нижнем поясе, на силы, возникающие от смещения одной опоры относительно другой на величину 0,05 м.

Действие распорных сил оценивалось при условии, что плотность каменного угля 850 кг/м^3 .

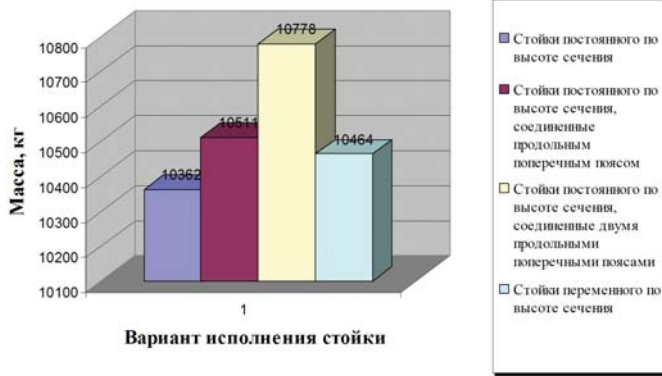


Рис. 6. Массовые характеристики кузова полувагона с различными вариантами исполнения стоек

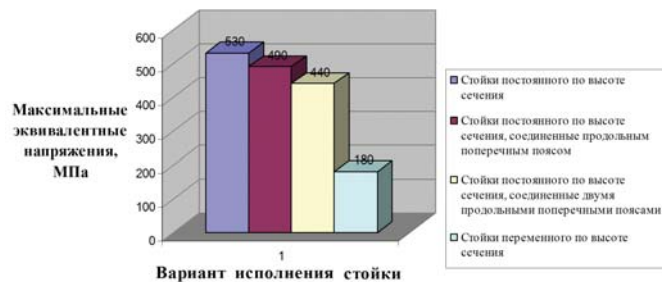


Рис. 7. Максимальные эквивалентные напряжения (по теории Мизеса), возникающие в нижних частях стоек кузова полувагона при действии распорных сил

Для достижения поставленной цели были разработаны трехмерные конечно-элементные модели кузова полувагона с различными вариантами исполнения стоек. Кинематические граничные условия данных моделей представлены закреплением зон пятников кузова полувагона. Разработанные конечно-элементные модели состоят из 130 703 элементов и 423 709 узлов. Распределение распорной нагрузки на стойки кузова полувагона представляло собой переменное приложение давления от максимального его значения в нижней части стоек до минимального значения в верхней части стоек. Также была произведена оценка сходимости результатов расчета при изменении размера сетки элементов стоек и обвязки боковых стен.

Итоговые результаты расчетов приведены в диаграммах на рис. 7 и 8. Диаграммы отражают динамику уменьшения напряжений в элементах стоек в зависимости от их конструктивного исполнения. Поля распределения эквивалентных напряжений, возникающих в элементах стоек кузова полувагона переменного по высоте сечения при действии распорных сил, отражены на рис. 9.

Из анализа полученных данных о напряженно-деформированном состоянии стоек кузова полувагона следует, что величина максимальных эквивалентных напряжений, находящаяся в допустимых пределах, соответствует варианту стоек с переменным по высоте сечением. Данное конструктивное решение обеспечивает работоспособность конструкции при увеличенных показателях грузоподъемности и вместимости полувагона и оптимизацию массовых характеристик.

Выбранный вариант сечения верхней обвязки кузова полувагона в виде трубы сечением 160 × 120 × 8 также обеспечивает работоспособность конструкции при наиболее экстремальном ее нагружении — действии сил, возникающих при разгрузке вагона на вагоноопрокидывателях. При этом максимальные эквивалентные напряжения средней части про-

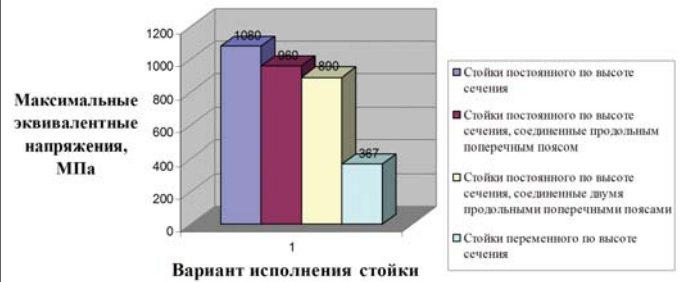


Рис. 8. Максимальные эквивалентные напряжения (по теории Мизеса) в средних частях стоек кузова полувагона при действии сил, возникающих при разгрузке вагона на вагоноопрокидывателях (второй случай)

лета обвязки между соседними стойками составляют 316 МПа, что не превышает допустимых напряжений в 327,75 МПа.

С помощью расчетного метода определено, что рациональным исполнением верхней обвязки кузова полувагона может быть прямоугольная труба сечением 160 × 120 × 8, а оптимальное исполнение стоек боковой стены — это прямоугольная труба с переменным по высоте сечением. Данные варианты исполнения обеспечивают работоспособность конструкций при увеличенных параметрах грузоподъемности и вместимости полувагона. Отсутствие концентраторов и достаточная жесткость узла заделки стойки свидетельствуют о достижении требуемых прочностных характеристик данного узла в условиях циклических нагрузок.

На основании выполненных расчетов разработан проект нового глухонного полувагона модели 12-9893 (рис. 10), отличающегося увеличенными параметрами грузоподъемности и вместимости. Для уменьшения остатков грузов при разгрузке на вагоноопрокидывателях в конструкциях боковых стен, в местах их соединения с рамой и настилом пола,

Таблица. Технические характеристики полувагонов

Параметры	Модель полувагона (завод-изготовитель)		
	12-9893 (ОАО «Узхиммаш»)	12-197-02 (ОАО «Уралвагонзавод»)	12-9828 (ОАО «Рославльский вагоноремонтный завод»)
Грузоподъемность, т	84	76	83
Масса тары, т	23,13	23,5	25
Объем кузова, м ³	100,5	90	98
Нагрузка от оси колесной пары на рельсы, тс	27	25	27
Длина по осям сцепления автосцепок, мм	13920	13920	12100
База вагона, мм	8650	8650	7830
Высота вагона от уровня верха головок рельсов до верхней обвязки, мм	3950	3810	3950
Ширина вагона (максимальная), мм	3250	3165	3200
Габарит по ГОСТ 9238-83	Тпр	1-Т	Тпр
Количество вагонов в поезде (длина поезда — 994 м)	71	71	82
Общий объем груза, перевозимого в поезде, м ³	7135	6390	8036

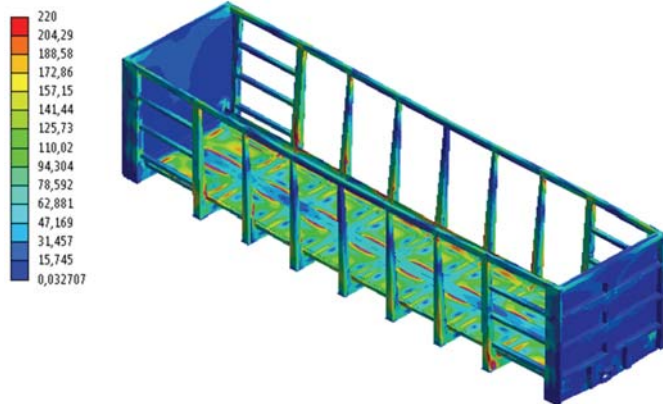


Рис. 9. Поля распределения эквивалентных напряжений (по теории Мизеса), возникающие в элементах стоек кузова полувагона переменного по высоте сечения при действии распорных сил, МПа

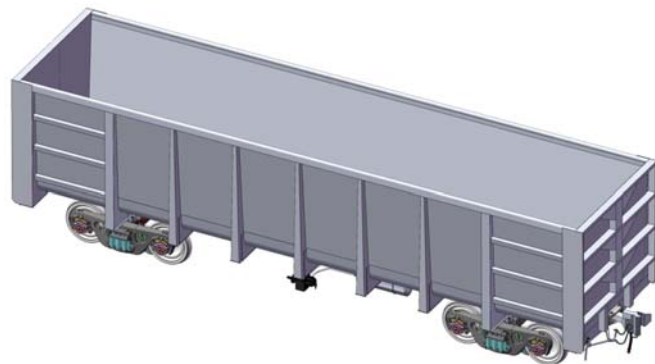


Рис. 10. Глухонный полувагон модели 12-9893 увеличенной грузоподъемности и вместимости

предусмотрены скругления радиусом 250 мм, а также уклон 3° по отношению к раме. В конструкции вагона применены тележки новой конструкции (модель 18-9889 с осевой нагрузкой 27 т).

Сравнительные технические характеристики разработанного полувагона с существующими аналогами приведены в *таблице*.

Таким образом, применение профиля стоек боковых стен в виде прямоугольной трубы переменного по высоте сечения позволило увеличить объем кузова полувагона при снижении его массы тары, а также обеспечить требования прочности и надежности в соответствии с [1]. Верхняя обвязка, выполненная из прямоугольной трубы сечением $100 \times 160 \times 8$, также обеспечивает работоспособность конструкции в соответствии с [там же] и позволяет исключить местные прогибы от захватов на вагоноопрокидывателях.

Работа выполнена при поддержке Правительства Российской Федерации (субсидия Министерства образования и науки).

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов, железных дорог МПС колес 1520 мм 1996 (несамоходных). – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.
2. Афанасьев А. Е., Хилев И. А. Выбор параметров узла заделки стойки боковой стены полувагона // Исследование усталостной прочности узлов и выбор параметров новых грузовых вагонов. Сб. науч. тр. – СПб.: Инженерный центр вагоностроения, 2009. – Вып. 7. – С. 34–43.
3. ГОСТ 30245-2003 «Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия».
4. НБ ЖТ ЦВ 01-98 «Вагоны грузовые железнодорожные. Нормы безопасности» (в редакции от 11.02.2009 г., приказ № 22).