

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЮМИНИЯ И НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ В КОНСТРУКЦИЯХ КУЗОВОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

А. В. ПИГУНОВ, В. В. ПИГУНОВ, П. А. ДАШУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Наиболее металлоемкой частью вагона является кузов, конструкция которого определяет тип вагона. Кузов вагона в независимости от назначения подвержен в том числе и коррозионному износу, который начинается после разрушения лакокрасочного покрытия. Значительная доля затрат приходится на работы по восстановлению повреждений металлоконструкций кузовов и окраску. Применение прогрессивных конструктивных решений, основанных на анализе несущей способности, и новых материалов в минимальной степени подверженных коррозионному износу позволит повысить ресурс кузовов, снизить массу тары и минимизировать эксплуатационные затраты.

В СССР применение алюминия в вагоностроении не получило широкого распространения, хотя опытные конструкции вагонов различных типов проектировались, изготавливались и прошли комплекс необходимых испытаний. Первые опытные образцы вагонов из алюминиевых сплавов были изготовлены на Уралвагонзаводе и Алтайском ВЗ [1]. Это были универсальные полувагоны и универсальные крытые вагоны. Для их изготовления металлургическая промышленность освоила производство специальных прессованных алюминиевых профилей из сплава АМг 6.

Алтайский вагоностроительный завод в 1964 г. [2] спроектировал и изготовил универсальный крытый вагон с объемом кузова 130 м^3 . Это было больше, чем у серийной модели того времени на 10 м^3 . Тара вагона составила 19,5 против 22 т у типовой конструкции. Приведенные параметры показывают очевидные преимущества алюминиевой конструкции.

Конструкция рамы не имела принципиальных отличий от серийных моделей. Хребтовая балка рамы была выполнена из толстостенного профиля, по форме повторяющего сечение балки, которая состоит из двух зетов № 31. Толщина нижних горизонтальных полок составляла 35 мм, вертикальных стенок 16 мм, верхней полки 18 мм. Концевая балка сварная, из двух горизонтальных и вертикального листа толщиной 8 мм. Шкворневая балка замкнутого коробчатого сечения переменной высоты. Верхний лист толщиной 12 мм, нижний – 14 мм, а вертикальные – 8 мм. Поперечные балки рамы сварные в виде двутавра из листа толщиной 8 мм. Боковая балка рамы изготавливалась из z-образного профиля с размерами $80 \times 200 \times 105 \times 15 \text{ мм}$ [3].

Уралвагонзавод занимался разработкой конструкции универсальных 4- и 6-осных полувагонов. Для их изготовления было освоено производство алюминиевых профилей из сплава АМг6.

Дальнейший интерес к применению алюминия в кузовах грузовых вагонов возобновился в начале 2000-х годов. ГУП ПО «Уралвагонзавод» УВЗ совместно с «СУАЛ-Холдинг» разработали конструкцию полувагона с применением алюминия. Рама вагона была изготовлена из стали, а остальные элементы кузова – из алюминия производства Каменск-Уральского металлургического завода. За аналог при проектировании была взята стальная конструкция полувагона модели 12-197, масса тары алюминиевой конструкции была на 4,5 т меньше, а грузоподъемность на столько же больше.

Одновременно Воронежскому авиационно-строительному объединению (ВАСО) была заказана разработка полувагона из алюминиевых сплавов с глухим кузовом [4].

Рама полувагона была изготовлена из сплава 1915Т1. Хребтовая балка рамы располагалась в консольных частях на участках до шкворневых балок. После шкворневой балки предусмотрены раскосы, для передачи продольных нагрузок на боковые балки, выполненные в форме швеллеров. Также в средней части рамы для обеспечения необходимой прочности предусмотрено расположение поперечных балок в количестве 9 штук.

Стеновые конструкции выполнены из четырех экструдированных прессовых панелей [5]. Они состоят из наружной и внутренней обшивки толщиной 4 мм и расположенных между ними ребер жесткости (2,8 мм). Панели, а также остальные конструктивные элементы боковых и торцевых стен изготавливают из сплава 6005.

Установка стен на балку рамы производилась при помощи рамного замка. При этом рамный замок и рама соединяются болтами, а профиль стены к ним приваривается.

По мнению разработчиков, применение такого соединения обеспечит необходимую податливость, чтобы снизить динамические нагрузки на конструкцию.

В последние годы применение алюминия реализовано в ряде опытных конструкций вагонов-хопперов. Широкое применение алюминия сдерживается тремя факторами:

- 1) стоимость алюминиевых сплавов в разы выше стоимости стали;
- 2) нет эффективного решения проблемы изоляции стальных конструктивных элементов от выполненных из алюминия, так как между ними возникает гальваническая коррозия;
- 3) эксплуатация не готова обеспечить ремонт металлоконструкций кузовов, выполненных из алюминия.

Нержавеющая сталь получила широкое распространение в вагоностроении за рубежом. Чего нельзя сказать о советском вагоностроении. Хотя определенные исследования проводились. В частности, Калининским вагоностроительным заводом (сегодня – Тверским) в 1968 году были изготовлены два опытных пассажирских вагона с частичным использованием нержавеющей стали 10X14Г14НЗ для наиболее подверженной коррозии участков кузова – настила пола и обшивки подоконного пояса боковых стен.

Для получения максимального экономического эффекта один из изготовленных кузовов был не окрашен в местах установки нержавеющей стали. Однако для придания эстетического, товарного вида обшивке необходимо было удалить цвета побежалости. Дальнейшие исследования показали, что наиболее оптимальным сочетанием свойств для вагоностроения обладает безникелевая нержавеющая сталь 12X13Г18Д, механические свойства которой обеспечивают возможность изготовления элементов конструкций путем гибки и штамповки.

Наиболее подвержены коррозионным повреждениям вагоны-хопперы для перевозки минеральных удобрений. В конце 80-х годов прошлого века финская компания «Rautaruukki» для СССР освоила выпуск вагонов-хопперов для перевозки минеральных удобрений модели 19-921, у которых обшивка кузова изготавливалась из нержавеющей стали, а рама и подкрепляющие элементы кузова – из низколегированной. Опыт эксплуатации этих вагонов показал их высокую эффективность и эксплуатационную надежность.

По нашему мнению, применение алюминиевых сплавов в конструкции кузова вагона должно сочетаться со стальной рамой. Наиболее целесообразно изготовление алюминиевых элементов кузова универсального крытого вагона.

Разработанная конструкция универсального крытого вагона предусматривает изготовление боковых, торцевых стен и крыши из алюминиевых сплавов. Стены, по аналогии с конструкцией полувагона, разработанного ВАСО, свариваются из экструдированных прессовых панелей без стоек.

Стальная рама крытого вагона состоит из продольных и поперечных балок. К поперечным балкам рамы относятся концевая, шкворневая, основные и вспомогательные поперечные балки. Концевая балка сварная Г-образного поперечного сечения. Изнутри она подкреплена четырьмя ребрами жесткости. Шкворневая балка замкнутого коробчатого сечения переменной высоты по длине.

Хребтовая балка выполнена из двух сварных двутавров переменной сечения. В консольной части хребтовой балки для размещения упоров автосцепки и поглощающих аппаратов предусмотрены вырезы нижних горизонтальных полок. Внутри установлены диафрагмы в местах соединения с поперечными балками рамы.

Боковая балка представляет собой швеллер № 20. В месте соединения боковой балки с шкворневой присутствует усиление в виде вертикального листа.

В средней части рамы, в районе дверного проема, установлены три сварные основные поперечные балки, имеющие переменное сечение по высоте. Они выполнены в виде сварного двутавра. Дополнительно для поддержания металлического настила пола предусмотрена установка поперечных балок из швеллера № 14. Для придания необходимой прочности раме и настилу пола предусмотрено размещение продольных вспомогательных балок.

Предполагается изготовление крыши из алюминиевых сплавов (обшивка и дуги).

Проблему изоляции алюминия от стали предполагается решить путем применения рамного замка для соединения стен и рамы по аналогии с конструкцией полувагона. В качестве изолирующего материала предполагается применение карбоновой подкладки.

По предварительной оценке масса тары предлагаемой конструкции в сравнении с стальным аналогом снизилась на 0,8 т, что, на наш взгляд, недостаточно.

Для оценки прочности конструкции в единой несущей системе кузова была разработана расчетная конечно-элементная модель кузова крытого вагона. (рисунок 1).

К конечно-элементной модели прикладывались нагрузки соответствующие I расчетному режиму. Рассматривались варианты нагружения с учетом действия продольной сжимающей ($T = 2,5$ МН) и растягивающей ($T = 2,0$ МН) нагрузок, которые прикладывались к задним и передним упорам автосцепного устройства. При действии сил, соответствующих ударному нагружению, к задним упорам автосцепного устройства с ударной стороны кузова прикладывалась продольная сила $T = 3,5$ МН, уравновешенная продольными инерции массы вагона и груза. В элементах стен, выполненных из алюминиевого профиля, при действии сжимающей и растягивающей нагрузок максимальная величина расчетных напряжений составила 109 МПа, что не превышает 51 % от допускаемых. При действии ударной нагрузки расчетные напряжения превысили допускаемые. Поэтому возникла необходимость в её усилении, путем установки двух попе-

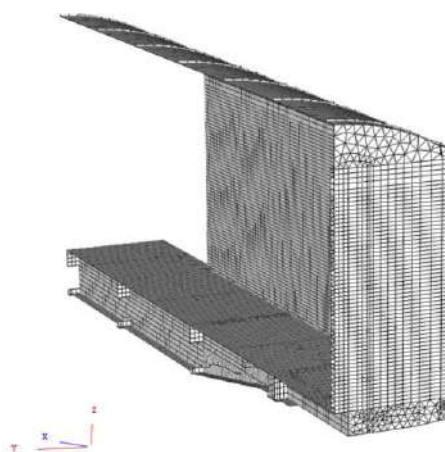


Рисунок 1 – Исходная конечно-элементная модель с усилением торцевой стены

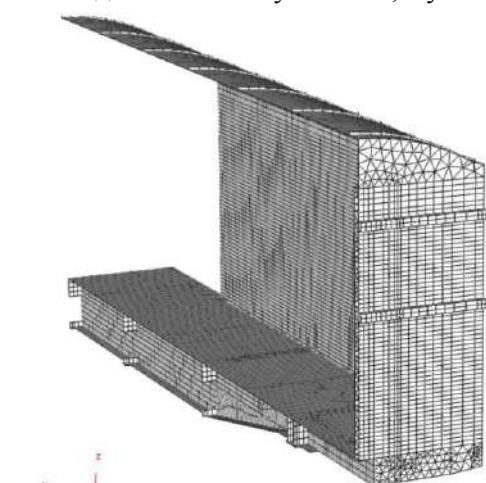


Рисунок 2 – Конечно-элементная модель кузова

речных усиливающих поясов из швеллера (рисунок 2). После усиления наибольший уровень напряжений в элементах торцевой стены составляет 218 МПа.

Разработанная расчётная модель позволит в дальнейшем определить рациональные толщины алюминиевых панелей в единой системе несущего кузова с учетом воздействия на него нормативных нагрузок.

Список литературы

- 1 Вагоны СССР : сб. трудов ; Научно-исследовательский институт вагоностроения. – 1975.
- 2 Исследование прочности и динамики крытого грузового вагона из алюминиевых сплавов / М. М. Грихлес [и др.] // Сборник ВНИИВ. – 1966. – № 2. – С. 68–81.
- 3 Гнутые профили в вагоностроении / Н. Г. Жигарь [и др.] // Сборник ВНИИВ. – 1966. – № 2.
- 4 Опытный полувагон с кузовом из алюминиевых сплавов / В. А. Саликов [и др.] // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2006. – № 1. – С. 9–11.

5 Каменск-Уральский металлургический завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.kumz.ru/>. – Дата доступа : 10.05.2020г.

6 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2016-07-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 54 с.

УДК 631.869.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОДЪЁМА СЕКЦИЙ КОСИЛКИ-ПЛЮЩИЛКИ РОТАЦИОННОЙ КНР-9

В. Б. ПОПОВ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Динамический анализ гидроприводов (ГП), связанных с подъемом центральной секции КНР-9 и переводом боковых секций в транспортное положение через соответствующие механизмы подъема (МП), позволяет определить закон движения нагруженного поршня соответствующего гидроцилиндра (ГЦ). Исследование динамики процесса подъема секции – одно из условий рационального проектирования МП. В процессе подъема секции в элементах МП возникают переменные нагрузки, и