

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ РАМЫ ВАГОНА-ШЛАКОВОЗА

Н. Ю. Тысева

Брянский государственный технический университет, Россия

Научный руководитель Д. Я. Антипин

Выполнено исследование безопасности эксплуатации специализированного вагона для перевозки шлака. Вагон относится к подвижному составу промышленного транспорта и предназначен для приема шлака из сталеплавильного агрегата, транспортировки и разгрузки его в отвал или грануляционную установку.

Анализ конструкции несущей рамы вагона-шлаковоза показал, что она состоит из двух концевых полурам, соединенных продольной балкой изогнутой формы. Продольная балка имеет замкнутое коробчатое сечение. Несущая конструкция рамы сварена из листов углеродистой стали марки Ст16С различной толщины [1].

Анализ мирового опыта конструирования технологического оборудования для горнодобывающей и металлургической промышленности показал тенденцию активного использования при создании несущих конструкций высокопрочных сталей с пределом текучести более 400 МПа [2].

Обзор отечественного рынка высокопрочных сталей позволил установить, что лидером в производстве подобной продукции является ПАО «Северсталь».

Из номенклатуры производимого предприятием проката в наибольшей степени эксплуатационным требованиям проектируемой несущей конструкции соответствует микролегированная сталь повышенной прочности марки S550MC. Данный материал активно используется при создании несущих конструкций грузовых автомобилей ПАО «КАМАЗ».

Также на основе анализа результатов эксплуатации вагона-аналога на металлургических предприятиях страны для повышения изгибной жесткости рамы и, как следствие, долговечности предложено дополнительно ввести в конструкцию продольной балки два вертикальных листа толщиной 6 мм, по форме повторяющих вертикальные листы вагона-аналога. Предложенные совершенствования позволили снизить тару вагона на 32 %.

На следующем этапе работы выполнено исследование работоспособности предложенной несущей конструкции. В качестве метода для исследования приняты твердотельное компьютерное моделирование и метод конечных элементов.

На первом этапе исследования выполнена оценка влияния предложенных конструктивных решений на безопасность движения вагона-шлаковоза.

С учетом низкой эксплуатационной скорости вагона (до 15 км/ч) и особенностей конструкции, связанных с высоким центром тяжести вагона, критериями, определяющими безопасность движения, являются коэффициенты запаса устойчивости колесной пары против схода с рельса и опрокидывания в кривых участках пути, а также силы отжатия рельса.

Оценка указанных динамических параметров вагона выполнялась методами компьютерного моделирования на основе разработанной в среде программного комплекса исследования динамики систем тел «Универсальный механизм» компьютерной модели вагона (рис. 1). В основу модели положена твердотельная пространственная модель вагона, созданная в среде промышленного программного комплекса трехмерного проектирования Siemens PLM Software NX.

Компьютерная модель представляет собой систему абсолютно твердых тел, связанных упруго-диссипативными и контактными элементами и шарнирами. Исследование

динамических параметров вагона проводилось для эксплуатационных режимов движения вагона по реальным неровностям металлургического предприятия на прямых участках пути, в кривых (включая кривые малого радиуса), а также противошерстное прохождение стрелочного перевода типа Р65 марки 1/9 (проект 2434.00.000).

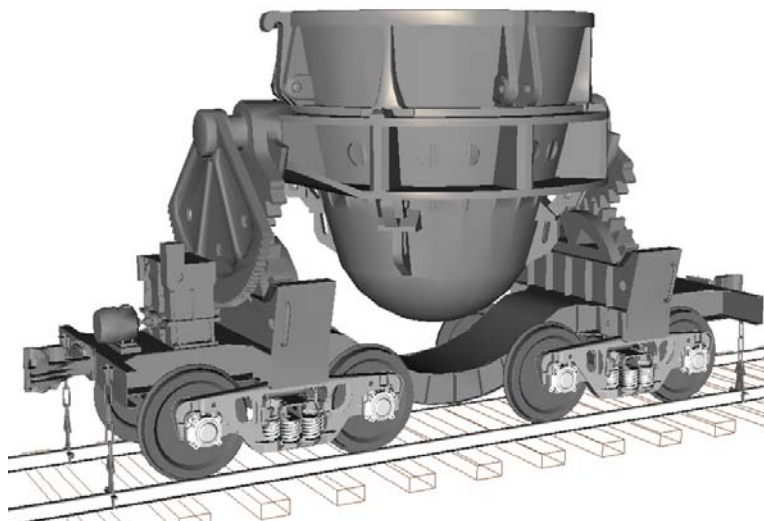


Рис. 1. Компьютерная модель вагона-шлаковоза

Полученные в результате моделирования значения коэффициентов безопасности и сил отжатия рельсов для предлагаемой усовершенствованной конструкции вагона-шлаковоза не превысили значений, рекомендуемых нормативными документами [3].

На втором этапе проведена оценка прочности предлагаемой несущей конструкции с использованием метода конечных элементов. Для этого на основе разработанной твердотельной пространственной модели рамы с использованием встроенных возможностей модуля AdvancedSimulation программного комплекса Siemens PLM Software NX [4] создана конечно-элементная модель несущей конструкции.

Полученная конечно-элементная модель была закреплена в пространстве как абсолютно твердое тело путем введения связей в пятниковые узлы.

Нагружение конечно-элементной модели выполнялось в соответствии с рекомендациями «Норм» для двух режимов эксплуатации конструкции:

– соответствующему троганию с места, осаживанию или торможению при малых скоростях, предусматривающему учет совместно с действием продольных сил вертикальной статической нагрузки брутто;

– соответствующему движению вагона с конструкционной скоростью, предусматривающему совместно с действием продольных сил учет вертикальной динамической нагрузки при максимально допустимых скоростях движения, а также боковой нагрузки.

Величина продольных усилий принималась в соответствии с расчетными режимами для вагонов промышленного транспорта и составила 1 МН.

Полученные в результате расчета напряжения для рассматриваемых режимов эксплуатации приведены в таблице. На рис. 2 приведена картина напряженно-деформированного состояния несущей конструкции рамы вагона-шлаковоза, соответствующая ее нагружению усилиями, рекомендуемыми для первого расчетного режима (сжатие).

Анализ результатов расчета показал, что наибольшие напряжения действуют в средней части продольной балки (рис. 2). При этом максимальные значения действующих напряжений (см. таблицу) не превышают допустимых со значительным коэффициентом запаса, необходимым для обеспечения усталостной прочности.

На основании полученных результатов расчетов можно сделать вывод о работоспособности предложенной несущей конструкции. Полученное снижение тары вагона позволяет проводить дальнейшие конструкторские изыскания с целью совершенствования конструкции вагона-шлаковоза, в частности, путем обеспечения его автономности и самоходности.

Максимальные напряжения, действующие в несущей конструкции рамы, МПа

Режимы нагружения	Максимальные действующие напряжения σ_{\max}	Допускаемые напряжения $[\sigma]$
I режим (сжатие)	246	468
I режим (растяжение)	248	
III режим (сжатие)	250	
III режим (растяжение)	221	

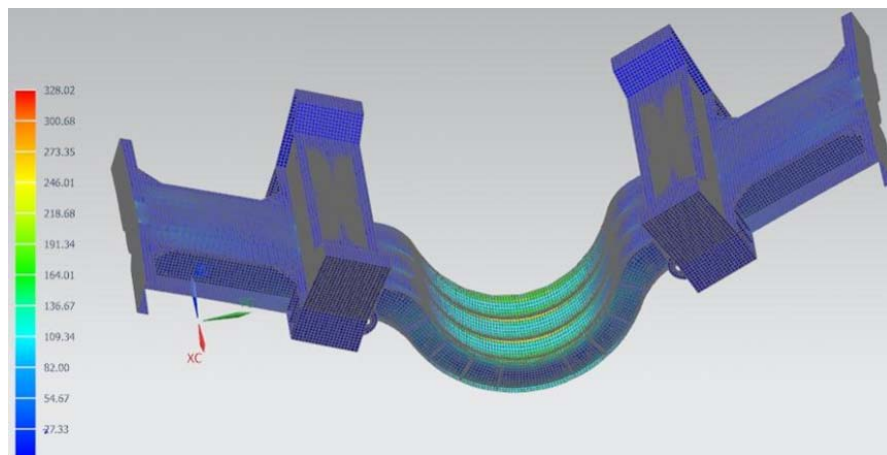


Рис. 2. Картина напряженно-деформированного состояния несущей конструкции рамы вагона-шлаковоза (I режим, сжатие)

Литература

1. Шевченко, П. В. Вагоны промышленного железнодорожного транспорта / П. В. Шевченко, А. П. Горбенко ; под ред. П. В. Шевченко. – К. : Вища шк., 1980. – 224 с.
2. Сидоров, Л. Использование высокопрочных сталей в машиностроении / Л. Сидоров // НМ Оборудование. – 2005. – № 2. – С. 58–60.
3. NX для конструктора-машиностроителя / П. С. Гончаров [и др.]. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 504 с.
4. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосВНИИВ ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.
5. Гончаров, П. С. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / П. С. Гончаров. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 504 с.