

сы, как и при правке верхней обвязки. То есть невозможно выправить эти части в идеально ровную линию, а также мы получим разрыв соседних сварных швов либо поясов, либо стоек.

Что касается правки листов боковых и торцевых стен, то здесь тоже не обошлось без недостатков. Правка их возможна, но лишь до восстановления габаритных размеров. Но на деле имеем следующее. При выдвигении силового модуля в боковую либо торцевую стену осуществляется ее правка до нужных габаритных размеров, но после выполнения данной операции происходит эффект вмятого листа фольги. То есть место, куда был направлен силовой модуль, вдавливается, а прилегающая область остается примерно в том же состоянии, в котором была изначально. Причиной такого эффекта является конструкция силового модуля, который представляет собой выдвигной шток с пятаком на конце, оказывающий силовое воздействие на участок торцевой или боковой стены.



Рисунок 2 – Неисправная верхняя обвязка полувагона

На основе приведенного анализа предлагаются следующие пути устранения имеющихся недостатков:

- для правильной выправки торцевых или боковых стен использовать специальные накладки на силовой модуль, повторяющие форму выправляемой поверхности;
- для более точного выявления неисправностей геометрии кузова грузового вагона использовать агрегаты и методику лазерной диагностики геометрических размеров.

УДК 629.463.65

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ПОЛУВАГОНА ИЗ СОЧЛЕНЕННЫХ ОБОЛОЧЕК, ЗАПОЛНЕННЫХ ПЕНОАЛЮМИНИЕМ

А. В. ФОМИН

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Н. И. ГОРБУНОВ

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, г. Северодонецк

А. А. ЛОВСКАЯ

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Повышение эффективности эксплуатации транспортной отрасли вызывает необходимость внедрения инновационных решений при проектировании современных транспортных средств. Известно, что одной из наиболее приоритетных отраслей транспорта является железнодорожный. Поэтому для обеспечения лидерских позиций железнодорожного транспорта важно на современном этапе его развития внедрение новых технических решений при проектировании несущих конструкций вагонов. Данные решения должны обеспечить возможность снижения материалоемкости грузовых вагонов, повышения грузоподъемности, увеличения средних скоростей движения в груженом и порожнем состояниях, улучшения антикоррозионных и антифрикционных свойств, увеличения срока службы и уменьшения общей производственной и эксплуатационной себестоимости. Результаты реализации указанных задач будут способствовать повышению эффективности эксплуатации железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг, в том числе на международном рынке, и обеспечению конкурентоспособности в транспортной отрасли.

Для уменьшения материалоемкости полувагона как одного из наиболее распространенных типов вагонов в эксплуатации предложено изготовление несущей конструкции из круглых труб. В качестве прототипа выбран полувагон модели 12-757, постройки ПАО «КВСЗ» (Украина, г. Кременчуг). Для повышения жесткости несущей конструкции полувагона из круглых труб рассмотрен вариант использования в качестве их наполнителя пеноалюминия (рисунок 1).

При этом стены боковые и двери торцевые выполнены в виде сочлененных оболочек (рисунок 2). Для определения прочности несущей конструкции полувагона с учетом предложенных конструкционных решений проведен расчет на прочность в среде программного обеспечения Cosmos Works [1–3].



Рисунок 1 – Несущая конструкция полувагона из круглых труб, заполненных пеноалюминием

Расчет проведен по методу конечных элементов. Оптимальное количество элементов сетки определено по графоаналитическому методу [4, 5]. В качестве конечных элементов использованы изопараметрические тетраэдры. Материал несущей конструкции вагона – сталь марки 09Г2С. Закрепление модели осуществлялось в зонах опоры на ходовые части. При составлении расчетной схемы учтено, что на несущую конструкцию полувагона действует вертикальная статическая нагрузка, продольная сила на задний упор автосцепки, а также давление насыпного груза на боковые и торцевые стены. Усилия распора насыпного груза рассчитаны по методике, приведенной в [6]. В качестве насыпного груза принят каменный уголь.

Усилия распора насыпного груза рассчитаны по методике, приведенной в [6]. В качестве насыпного груза принят каменный уголь.



Рисунок 2 – Составляющие несущей конструкции полувагона из сочлененных оболочек: а – стена боковая; б – стена торцевая

Установлено, что максимальные эквивалентные напряжения возникают в нижней части хребтовой балки за задним упором и составляют около 315 МПа, т. е. не превышают допустимые [7–9]. Максимальные перемещения зафиксированы в средней части хребтовой балки – 9,6 мм. Максимальные деформации равны $1,17 \cdot 10^{-2}$. Проведенные расчеты позволили сделать вывод, что с учетом использования пеноалюминия в качестве наполнителя хребтовой балки максимальные эквивалентные напряжения в несущей конструкции полувагона уменьшаются почти на 8 %, а перемещения – на 9 % по сравнению с несущей конструкцией полувагона из круглых труб без наполнителя. При этом масса несущей конструкции полувагона увеличивается на 24 % по сравнению с конструкцией без наполнителя (при плотности пеноалюминия 300 кг/м³).

Проведенные исследования будут способствовать созданию инновационных конструкций подвижного состава и повышению эффективности эксплуатации железнодорожной отрасли.

Список литературы

- 1 Determining the dynamic loading on a semi-wagon when fixing it with a viscous coupling to a ferry deck / O. Fomin [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 2/7 (98). – P. 6–12. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.160456.
- 2 Dynamic load computational modelling of containers placed on a flat wagon at railroad ferry transportation / O. Fomin [et al.] // VIBROENGINEERING PROCEDIA. – 2019. – Vol. 29. – P. 118–123.
- 3 Алямовский, А. А. SolidWorks/COSMOSWorks 2006–2007. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – М. : ДМК Пресс. – 2007. – 784 с.
- 4 Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry / O. Fomin [et al.] // MM SCIENCE JOURNAL. – 2020. – March. – P. 3728–3733.
- 5 Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages / G. Vatulia // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 187. – P. 301–307. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.379.
- 6 Конструирование и расчет вагонов / В. В. Лукин. – М. : УМК МПС России. – 2000. – 731 с.
- 7 ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). – Київ. – 2015. – 162 с.
- 8 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – М. – 2016. – 54 с.
- 9 EN 12663–2. Railway applications – structural requirements of railway vehicle bodies – Part 2: Freight wagons. – Bulgaria. – 2010. – 54 с.