

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ С НАПОЛНИТЕЛЕМ В НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

С. В. ПАНЧЕНКО¹, А. В. ФОМИН²,
Г. Л. ВАТУЛЯ², А. А. ЛОВСКАЯ¹, А. В. РЫБИН¹

¹Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

²Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Обеспечение конкурентоспособности железнодорожной отрасли на современном этапе ее развития вызывает необходимость внедрения в эксплуатацию принципиально новых конструкций подвижного состава. При создании такого подвижного состава должны учитываться особые требования, связанные с обеспечением его прочности и надежности при эксплуатационных режимах нагружения. Достичь этого возможно путем учета принципов multifunctionality при его создании [1–3]. Это будет способствовать уменьшению нагруженности составляющих несущих конструкций, повышению ресурса эксплуатации и, как следствие, уменьшению затрат на содержание.

Известно, что одним из наиболее востребованных типов вагонов в международном сообщении являются вагоны-платформы. Основной несущий элемент вагона – рама. Под действием эксплуатационных нагрузок она испытывает знакопеременные напряжения, которые вызывают появление трещин в составляющих конструкции и необходимость проведения внеплановых видов ремонта или вообще исключения вагона из инвентарного парка. Поэтому с целью обеспечения прочности несущих конструкций вагонов-платформ важным является проведение исследований по уменьшению их нагруженности в эксплуатации путем учета принципов multifunctionality при проектировании.

Для уменьшения нагруженности несущей конструкции вагона-платформы предложено ее усовершенствование. При этом основные несущие элементы рамы имеют замкнутое сечение и заполнены наполнителем с упруго-вязкими свойствами. Такое решение будет способствовать превращению кинетической энергии удара (рывка, растяжения, сжатия), которая действует на несущую конструкцию, в работу сил трения.

Исследования проведены для вагона-платформы модели 13-401 с учетом модернизации путем постановки фитинговых упоров на основные продольные балки рамы.

Оптимальные параметры замкнутого профиля определены методом оптимизации по резервам прочности. Несущая конструкция вагона-платформы с учетом предложенных решений приведена на рисунке 1.

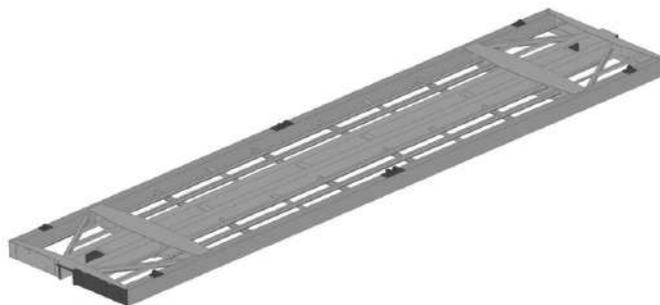


Рисунок 1 – Несущая конструкция вагона-платформы

Для определения динамической нагруженности несущей конструкции вагона-платформы проведено математическое моделирование. При этом использована математическая модель, разработанная проф. Г. И. Богомазом [4]. Обозначенная модель описывает динамическую нагруженность несущей конструкции длиннобазного вагона-платформы, загруженного контейнерами-цистернами с учетом перемещений наливного груза в котлах. Поэтому данная модель была доработана путем учета перемещений несущей конструкции вагона-платформы, загруженного сухогрузными контейнерами. Кроме того, в модели учтены силы трения, которые возникают между пятниками и подпятниками. Решение дифференциальных уравнений движения осуществлено по методу Рунге-Кутты в программном

комплексе MathCad. Стартовые условия приняты равными нулю. Установлено, что максимальные ускорения, действующие на несущую конструкцию вагона-платформы составляют $36,2 \text{ м/с}^2$. Данная величина ускорения на 3,5 % ниже той, что получена для несущей конструкции без наполнителя. При этом коэффициент вязкого сопротивления материала, которым заполнены элементы рамы, должен иметь значение около 118 кН·с/м , а жесткость – около 80 кН/м .

Полученная величина ускорения учтена при расчетах на прочность несущей конструкции вагона-платформы. При этом использован программный комплекс SolidWorks Simulation (Cosmos-Works), который реализует метод конечных элементов. При составлении конечно-элементной модели использованы изопараметрические тетраэдры. Определение оптимального количества тетраэдров осуществлено по графоаналитическому методу [5, 6]. Материал конструкции – сталь марки 09Г2С. Учтено, что несущая конструкция вагона-платформы загружена двумя контейнерами типоразмера 1СС. Наличие материала с упруго-вязкими свойствами в раме моделировалось постановкой связей «пружина-демпфер» с помощью опций программного комплекса SolidWorks Simulation. Закрепление модели осуществлялось в зонах опирания на ходовые части. Максимальные эквивалентные напряжения при этом возникают при I расчетном режиме (удар) в зонах взаимодействия шкворневых балок с хребтовой и составляют $285,6 \text{ МПа}$, что на 17 % ниже допускаемых [7, 8]. Максимальные перемещения возникают в средней части вагона-платформы и равны $4,5 \text{ мм}$.

Проведенные исследования будут способствовать уменьшению динамической нагруженности несущих конструкций вагонов-платформ, улучшению их усталостной прочности, ресурса эксплуатации и уменьшению затрат на содержание. Также результаты проведенных исследований будут способствовать созданию рекомендаций по проектированию инновационных конструкций подвижного состава.

Список литературы

- 1 Lovska, A. A new fastener to ensure the reliability of a passenger coach car body on a railway ferry / A. Lovska, O. Fomin // Acta Polytechnica. – 2020. – Vol. 60, is. 6. – P. 478–485.
- 2 Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway ferry / A. Lovska [et al.] // Applied Sciences. – 2020. – No. 10, 5710. – DOI:10.3390/app10165710.
- 3 Płaczek, M. A concept of technology for freight wagons modernization / M. Płaczek, A. Wróbel, A. Buchacz // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering. – 2016. – No. 161 (2016). – DOI:10.1088/1757-899X/161/1/012107.
- 4 Нагруженість контейнерів-цистерн, розташованих на залізничній платформі, при ударах в автосцепку / Г. І. Богомаз [и др.] // Динаміка та керування рухом механічних систем : сб. наук. праць. – Київ: АНУ, Інститут технічної механіки, 1992. – С. 87–95.
- 5 Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages / G. Vatulia [et al.] // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 187. – P. 301–307.
- 6 Design solutions for structures with optimal internal stress distribution / Y. Kitov [et al.] // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 133(1–3). – 03001.
- 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.

УДК 629.463.65

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ПОЛУВАГОНОВ С СОТОВЫМИ ПОДАТЛИВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПРИ НАДНОРМИРОВАННЫХ РЕЖИМАХ ПАРОВНЫХ ПЕРЕВОЗОК

С. В. ПАНЧЕНКО¹, А. В. ФОМИН², Г. Л. ВАТУЛЯ¹, А. А. ЛОВСКАЯ¹, А. В. РЫБИН¹

¹*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков*

²*Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина*

Тенденции развития международных внешнеэкономических отношений между евроазиатскими государствами диктуют необходимость повышения эффективности эксплуатации транспортной отрасли. С целью реализации данной задачи целесообразно внедрение в перевозочный процесс комбинированных транспортных систем. Одной из наиболее успешных и перспективных транспортных комбинаций являются железнодорожно-паровые перевозки.