

Таким образом, результаты исследования показали, что угол атаки воздушного потока оказывает существенное влияние на коэффициент аэродинамического сопротивления вагона. Наиболее неблагоприятные условия для движения транспортного средства, при которых действующая на него продольная сила максимальна, возникают при углах атаки воздушного потока от 10 до 30°. Данная информация должна учитываться как при закреплении вагонов от ухода, так и при анализе энергоэффективности транспортировки грузов железнодорожным транспортом.

#### Список литературы

- 1 Определение энергоэффективности грузовых вагонов / Бороненко Ю. П. [и др.] // Транспорт шелкового пути. – 2022. – № 2. – С. 22–30.
- 2 High-speed Rail Aerodynamic Assessment and Mitigation Report: technical report / P. Derkowski [et al.]. – Washington : Transportation Technology Center, 2015. – 258 p.
- 3 Ramlan, I. Comparison between SolidWorks and Ansys flow simulation on aerodynamic studies / I. Ramlan, N. Darlis // Journal of Design for Sustainable and Environment. – 2020. – Vol. 2, no. 1. – P. 1–9.
- 4 Демьянчук, О. В. Моделирование обтекания потоком воздуха прямоугольного параллелепипеда / О. В. Демьянчук // Механика. Исследования и инновации. – Гомель : БелГУТ, 2023. – Вып. 16. – С. 64–72.
- 5 Шимановский, А. О. Аэродинамика модели железнодорожного грузового вагона при разных углах атаки воздушного потока / А. О. Шимановский, О. В. Демьянчук // Механика машин, механизмов и материалов. – 2024. – № 2 (67). – С. 23–29.
- 6 Луговцов, М. Н. Проектирование сортировочных горок / М. Н. Луговцов, В. Я. Негрей. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 170 с.

УДК 629.4.023.14

### ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ТЕЛЕЖЕК МОДЕЛИ КВЗ-И2 РЕФРИЖИРАТОРНЫХ ВАГОНОВ

*К. А. ЕМЕЛЬЯНОВА, Е. Н. КОНОВАЛОВ, М. И. ПАСТУХОВ, П. М. АФАНАСЬКОВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Основным критерием установления возможности продления срока службы тележек рефрижераторных вагонов, сверх назначенного (25 лет), является наличие у них остаточного ресурса, оцениваемое путем проведения расчета на прочность, а также проведение комплекса испытаний.

В качестве объекта исследования взяты тележки рефрижераторных вагонов модели КВЗ-И2 со сроком службы 37 лет и более. По результатам технического диагностирования для дальнейших исследований были отобраны тележки, в которых отсутствовали трещины и иные дефекты, а также коррозионные повреждения.

Расчет произведен методом конечных элементов с построением пространственной конечно-элементной модели рамы и надрессорной балки тележки с использованием конечно-элементного пакета SolidWorks 2021. Элементы конструкции тележки имитировались объемными параболическими конечными элементами с тремя степенями свободы в каждом узле. Химический анализ материала надрессорной балки и рамы показал, что по химическому составу и механическим свойствам материал соответствует стали Ст10.

Прочность надрессорной балки и рамы вагона в соответствии с требованиями оценивалась при трех расчетных режимах: Ia, Ib, Iv. Режиму Ia соответствует сочетание сил, действующих на вагон при соударении при роспуске с сортировочной горки, осаживании состава вагонов, режиму Ib – при трогании состава, режиму Iv – при торможении и разгоне состава.

В модели надрессорной балки имитировались верхние и нижние опорные поверхности рессорных комплектов центрального подвешивания. Нижние опорные поверхности рессорных комплектов закреплялись от поперечных и вертикальных перемещений. Продольная сила приложена к упорной поверхности подпятника и уравновешена реакцией в ограничителях продольных перемещений одной колесной пары с одной стороны проема для их установки (наружной или внутренней). Сила тяжести приложена к опорной поверхности подпятника тележки и рабочей поверхности бокового скользуна при использовании боковых скользунов постоянного контакта.

Геометрическая модель наддресорной балки и рамы тележки приведена на рисунке 1.

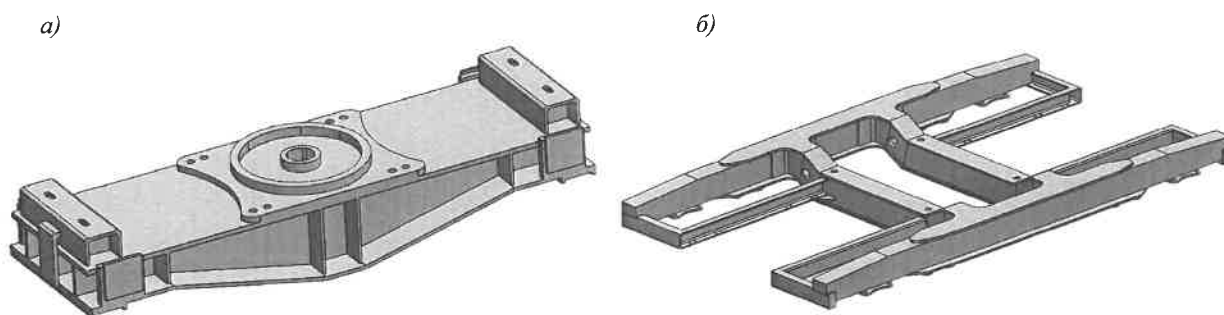


Рисунок 1 – Геометрические модели наддресорной балки (а) и рамы тележки (б)

В модели рамы тележки вертикальные и поперечные перемещения ограничены закреплениями, имитирующими буксу. Продольные перемещения ограничены на плоскости опорной колонки рессорного проема. Вертикальные и поперечные нагрузки приложены к опорной поверхности центрального рессорного подвешивания. В первом режиме – второе сочетание нагрузок – часть поперечных сил приложена к ограничивающим поперечное перемещение наддресорной балки упорам. В третьем режиме часть вертикальных сил приложена к кронштейнам подвески тормоза. Продольные нагрузки приложены к ограничивающему упору буксового проема, опорной колонке центрального подвешивания.

Эквивалентные напряжения, по теории Мизеса, возникающие в элементах наддресорной балки и рамы тележки показаны на рисунке 2.

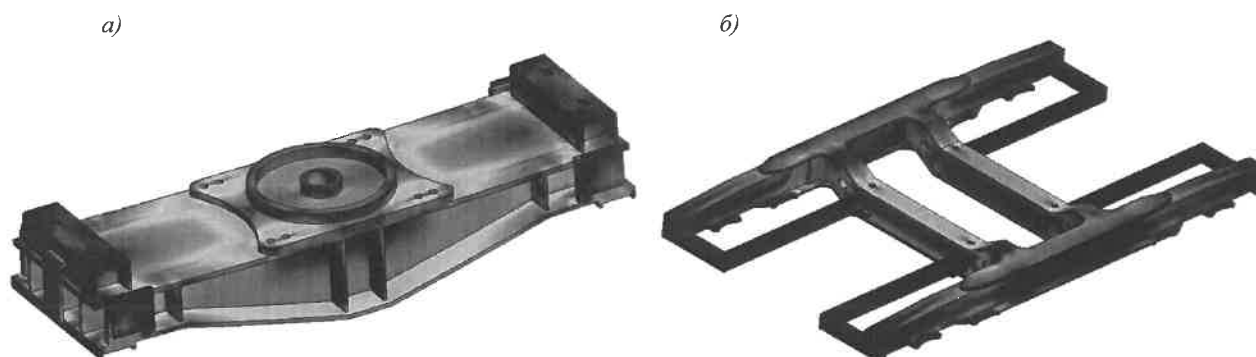


Рисунок 2 – Поля распределения эквивалентных напряжений в элементах наддресорной балки (а) и рамы тележки (б)

Максимальный уровень эквивалентных напряжений в наддресорной балке при I режиме (первое и второе сочетание) достигается в зоне бокового скользуна, при I режиме (третье сочетание), III режиме – в зоне подпятника.

Максимальные напряжения в раме тележки при первом расчетном режиме возникают внутри одного из буксовых проемов.

В результате проведенного расчета на прочность наддресорной балки и рамы тележки КВЗ-И2 установлено, что прочность при всех расчетных режимах удовлетворяет требованиям [1] и [2]. В целом по полученным результатам разработана методика «Диагностирование с целью определения остаточного срока службы железнодорожных тележек типа КВЗ-И2 и ЦМВ-Дессао», которая внедрена на Белорусской железной дороге.

#### Список литературы

- 1 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2016-07.01. – Минск : Стандартинформ, 2016. – 53 с.
- 2 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.