

Отличительная особенность хромовых покрытий – низкая смачиваемость и плохое удержание жидкого смазочного материала на поверхности. В реальных же условиях эксплуатации хромированным поверхностям приходится работать в условиях недостаточной подачи смазочного материала (граничное трение) или без него (сухое трение) в период пуска и остановки узлов, кратковременного нарушения в режиме работы смазочной системы, аварийной ситуации. В таких условиях на первое место выходит задиростойкость пары трения. В ходе исследований были выполнены испытания покрытий на задиростойкость. Удельная нагрузка задира определялась при скорости нагружения, равной 1 МПа/ч. Нагружение производилось дискретно с шагом 0,05 МПа. Нагрузку задира (критическую нагрузку) определяли по резкому возрастанию силы трения и температуры в зоне контактирования трущихся тел, после чего эксперимент прекращали. Данные по задиростойкости для исследованных материалов показали преимущество покрытия, полученного из нанозлектролита в сравнении со стандартным гальваническим покрытием, осажденным в идентичных режимах хромирования. Данные триботехнических испытаний образцов с хромовым покрытием из стандартного и нанозлектролитов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты триботехнических испытаний в условиях граничной смазки

В мегапаскалях

Покрытие	Нагрузка задира при скорости скольжения, м/с		
	1,0	2,0	4,0
Из стандартного электролита	2,00	1,85	1,70
Из нанозлектролита	2,50	2,30	2,05

Как можно видеть, наличие в электролите наноразмерных продуктов ИЛА кремния приводит к формированию хромовых покрытий, обладающих большей на 20–24 % стойкостью к задиру в режиме граничного трения в диапазоне скоростей скольжения от 1 до 4 м/с.

Заключение. Выявлено, что маслоемкость покрытий на основе хрома, электроосажденных из нанозлектролитов, выше, чем у покрытий, полученных при прочих равных условиях из стандартного электролита. Показано, что наличие в электролите наноразмерных продуктов ИЛА кремния приводит к формированию хромовых покрытий, обладающих большей стойкостью к задиру в режиме сухого и граничного трения.

Список литературы

- 1 Триботехнические характеристики композиционных многослойных покрытий / Е. В. Овчинников [и др.] // Трение и износ. – 2000. – Т. 21, № 2. – С. 147–157.
- 2 Сайфуллин, Р. С. Композиционные покрытия и материалы / Р. С. Сайфуллин. – М. : Химия, 1977. – 272 с.
- 3 Лещик, С. Д. Генерация наночастиц при взаимодействии импульсного лазерного излучения с твердофазными материалами в этаноле / С. Д. Лещик, П. И. Шупан, И. Г. Сергиенко // Взаимодействие излучений с твердым телом : материалы 11-й Междунар. конф. ВИТТ-2015, Минск, 23–25 сент. 2015 г. / редкол. : В. М. Анищик (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Изд. центр БГУ, 2015. – С. 322–324.

УДК 629.463.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ И ПРОЧНОСТИ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ КРЫТОГО ВАГОНА ПРИ ВЕДЕНИИ С НЕГО ОГНЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

А. А. ЛОВСКАЯ

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

А. В. ФОМИН

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Ю. В. ФОМИНА

Жилинский университет, Словакия

Повышение эффективности использования и конкурентоспособности железнодорожного транспорта вызывает необходимость его привлечения к военно-стратегическим целям. Это обуславлива-

ет необходимость усовершенствования несущих конструкций вагонов для возможности не только перевозок военной техники, но и ведения с них огневых действий при движении.

На сегодняшний день одним из наиболее используемых типов вагонов для перевозки военной техники являются вагоны-платформы. Особенностью этих вагонов является то, что несущая конструкция представлена рамой. В основном эти вагоны используются для перевозки грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков. Для перевозки военной техники, нуждающейся в защите от атмосферных осадков возможно используются в крытых вагонах.

Для возможности осуществлять огневые действия из крытых вагонов при движении предложено усовершенствование их несущих конструкций. В качестве прототипа выбран крытый вагон модели 11-217 (ОАО «Алтайвагон», Россия), так как данная модель является наиболее распространенной на железных дорогах СНГ. На базе альбома чертежей вагона создана его пространственная модель в среде программного обеспечения SolidWorks. При создании модели учтены элементы конструкции, которые жестко взаимодействуют между собой сваркой или заклепками. Ко вниманию не приняты передвижные самоуплотняющиеся двери, поскольку они имеют шарнирное соединение с несущей конструкцией.

Для возможности ведения огневых действий в вертикальной плоскости предложено использование раздвижной крыши, которая состоит из роллет,двигающихся с помощью пневматического или гидравлического привода.

С целью размещения военной техники в крытом вагоне на его раме предусмотрены опорные сектора (рисунок 1). Также возможно использование на опорных секторах съемных упоров для фиксации колесной военной техники.

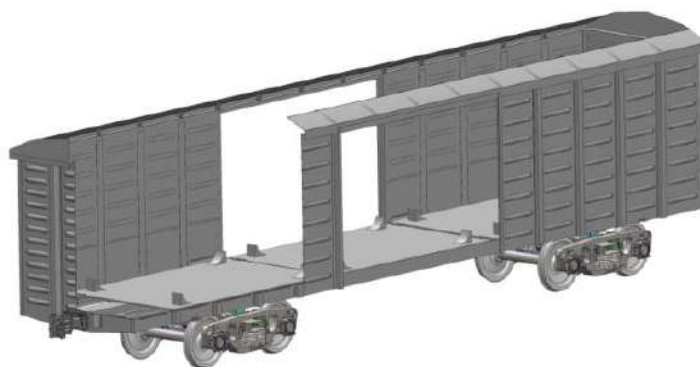


Рисунок 1 – Несущая конструкция крытого вагона для перевозки военной техники и ведения огня

Для исследования закономерностей динамической нагруженности и прочности несущей конструкции крытого вагона от возмущающего воздействия, которое передается на него при ведении огня, использованы классические методы математического моделирования. При составлении дифференциальных уравнений перемещений несущей конструкции крытого вагона использован метод Ла-Гранжа II рода как один из наиболее распространенных в транспортной механике. При исследовании динамической нагруженности вагона учтены параметры рессорного подвешивания тележек модели 18-100. При решении уравнений движения начальные перемещения и скорости приняты равными нулю. Граничными условиями, которые приняты при моделировании является отсутствие износов несущей конструкции вагона. То есть принято предположение, что все составляющие вагона имеют альбомные размеры. Решение уравнений движения проведено в программном комплексе MathCad [1, 2]. В качестве расчетного использован метод Рунге-Кутты.

Установлено, что максимальные вертикальные ускорения, действующие на несущую конструкцию крытого вагона, составляют около 6 м/с^2 (0,6g). В точках опоры кузова на тележки максимальные ускорения составляют около $9,5 \text{ м/с}^2$ (0,95g), а ускорения тележек – 10 м/с^2 (1,0g). При этом для соблюдения допустимой динамической нагруженности вагона сила отдачи от выстрела боевого орудия не должна превышать 3,2 кН.

Также рассмотрен случай вязкого взаимодействия опорных секторов с рамой вагона. Значение коэффициента вязкого сопротивления между секторами и рамой крытого вагона варьировалось в диапазоне 10–100 кН·с/м. Установлено, что для уменьшения динамической нагруженности несущей конструкции вагона при ведении с него огневых действий значение коэффициента вязкого сопротивления должно быть не менее 100 кН·с/м. При этом становится возможным снизить динамическую нагруженность несущей конструкции вагона на 15 %.

Определены основные показатели прочности несущей конструкции крытого вагона при ведении огневых действий. Расчет реализован по методу конечных элементов в программной среде CosmosWorks [3]. В качестве конечных элементов использованы изопараметрические тетраэдры. Оптимальное количество элементов конечно-элементной модели определено графоаналитическим методом [4]. Закрепление модели проводилось в зонах опоры на ходовые части. Материал конструкции – сталь марки 09Г2С. При этом учтено, что на опорные сектора вагона действует вертикальная нагрузка от боевого орудия, сила отдачи при выстреле, а также силы в зонах закрепления боевого орудия к опорному сектору. Установлено, что максимальные эквивалентные напряжения находятся в пределах допускаемых при силе отдачи боевого орудия при выстреле около 3,7 кН. Однако при такой силе отдачи не обеспечивается соблюдение вертикальных ускорений в пределах допускаемых [5, 6]. Поэтому в качестве расчетной принята сила отдачи 3,2 кН. При этом максимальные эквивалентные напряжения возникают в консольных частях хребтовой балки крытого вагона и составляют около 300 МПа, что ниже допускаемых напряжений на 13 % (при значении предела текучести материала $\sigma_T = 345$ МПа). Максимальные перемещения равны 2,9 мм и сосредоточены в зоне размещения передних упоров автосцепки, максимальные деформации составили $6,98 \cdot 10^{-3}$.

Проведенные исследования будут способствовать созданию инновационного подвижного состава для перевозок военной техники и ведения огневых действий при движении.

Список литературы

- 1 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.
- 2 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.
- 3 **Алямовский, А. А.** SolidWorks/COSMOSWorks 2006–2007. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 784 с.
- 4 **Vatulia, G.** 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
- 5 ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). – Київ. – 2015. – 162 с.
- 6 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – М. : Стандартинформ, 2016. – Введ. 2016–01–07. – 54 с.

УДК 621.3.04

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК СУХИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В. М. ЛЯШУК, А. В. ВЫСОЧАНСКИЙ

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна,
Украина*

Системы тягового электроснабжения (СТЭ) содержат большое количество устройств, длительная эксплуатация которых, без надлежащего диагностирования технического состояния, может привести к выходу их из строя и к значительному экономическому ущербу. Для реализации эффективного диагностирования устройств тягового электроснабжения необходимы методики контроля и современные технические средства.

В настоящее время существует оборудование, позволяющее определять межвитковое короткое замыкание в обмотках силовых сухих трансформаторов. Но диагностирование состояния изоляции вызывает определенные трудности.

Предлагается еще один вариант проведения тестирования, основанный на измерении диэлектрических потерь в изоляции обмоток трансформатора путем подачи напряжения относительно высокой (звуковой) частоты. На измерения в большой степени влияет влажность изоляции, поэтому необходимо перед проведением тестирования измерить ее известными методами.

Предварительно проводится общая оценка состояния изоляции обмотки по методике измерения уровня обратного напряжения. Измеряется сопротивление изоляции (при сопротивлении менее 40 МОм дальнейшие измерения не проводятся). Анализ состояния изоляции производится по углу наклона касательной к началу кривой изменения уровня обратного напряжения и его величиной.