

В работе [2] было проведено исследование влияния различных по весу добавок индия на структуру и свойства сплава АК5М2 (предел прочности – 228 МПа, пластичность – 1,33 %). Процесс модифицирования силуминов индием протекает за счет того, что индий – поверхностно-активный модификатор согласно адсорбционной теории. Вводился элемент в чистом виде, 0,05; 0,1; 0,2 мас %, показатели которых составили: 0,05In – прочность 240 МПа; пластичность – 1,71 %, но в последующих случаях предел прочности оставался на уровне немодифицированного, а пластичность не превысила 1,5 %.

В настоящей работе на основе литературы были проведены исследования влияния индия на доэвтектический силумин АК7ч и его термическая обработка, так как, согласно источнику [3], наибольшее модифицирующее воздействие индий показывает при старении.

При введении 0,1 % индия в АК7ч предел прочности возрос до 173,5 МПа, пластичность же возросла до 3,9 %. Но после добавок 0,2 и 0,3 % модифицирующего воздействия на механические свойства практически нет, т. к. они остаются на уровне немодифицированного сплава (157 МПа прочность и 2,1 % пластичность). После термообработки и добавки индия 0,3 % было получено максимальное значения предела прочности, $\sigma_b = 303,3$ МПа, $\delta = 1,8$ %, а при введении 0,1 % получена максимальная пластичность $\delta = 2,2$ %, (предел прочности $\sigma_b = 301,5$ МПа), что превосходит значения немодифицированного сплава (АК7ч после закалки с последующим искусственным старением: $\sigma_b = 235$ МПа; $\delta = 1$ %).

Введение 0,1 % In способствует измельчению кристаллов кремния и более равномерному распределению дендритов α -твердого раствора, наблюдается распределение модифицированной структуры по объему сплава, с повышением массы добавок происходит небольшое измельчение структуры, это происходит из-за поверхностно-активного действия индия согласно адсорбционной теории.

Список литературы

- 1 Рот, А. Вакуумные уплотнения : пер. с англ. / А. Рот. – М. : Энергия, 1971. – 464 с. : ил.
- 2 Рабинович, А. М. Повышение механических свойств вторичных алюминиевых сплавов путем рационализации их составов и режимов термической обработки; дис. ... канд. техн. наук : 05.16.05 / А. М. Рабинович. – Л., 1984. – 215 с. : ил.
- 3 Алюминий и его сплавы : учеб. пособие / сост. А. Р. Луц, А. А. Суслина. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 81 с. : ил.

УДК 629.463.32

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНА-ЦИСТЕРНЫ С УПРУГО-ФРИКЦИОННЫМИ СВЯЗЯМИ В ОПОРАХ КОТЛА, А ТАКЖЕ МЕЖДУ ОПОРАМИ И РАМОЙ

А. В. ФОМИН

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

А. А. ЛОВСКАЯ

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Обеспечение эффективной эксплуатации железнодорожного подвижного состава как ведущей отрасли транспортной сети, требует внедрения современных конструкций вагонов. При этом обеспечение конкурентоспособности железнодорожной отрасли приводит к повышению требований не только к технико-экономическим показателям подвижного состава, но к возможности адаптации конструкций к соответствующим условиям эксплуатации.

Одним из наиболее нагруженных типов вагонов в эксплуатации являются вагоны-цистерны, что обусловлено податливостью грузов, перевозимых в них. В основном это наливные грузы, имеющие собственную степень свободы вследствие недолива котла.

Кроме того, несущие конструкции вагонов-цистерн испытывают нагрузки, возникающие при эксплуатационных режимах. Наиболее частыми среди них являются вертикальные, обусло-

вленные неровностями пути. Вследствие цикличности действия таких нагрузок может иметь место повреждение несущих конструкций вагонов-цистерн, а следовательно, и необходимость выделения дополнительных затрат на их содержание. Это вызывает необходимость разработки и внедрения мероприятий по усовершенствованию несущих конструкций вагонов-цистерн для уменьшения их динамической нагруженности в эксплуатации [1–3].

С целью уменьшения динамической нагруженности несущей конструкции вагона-цистерны предлагается использование упруго-фрикционных связей между котлом и его опорами, а также между опорами и рамой (рисунок 1).

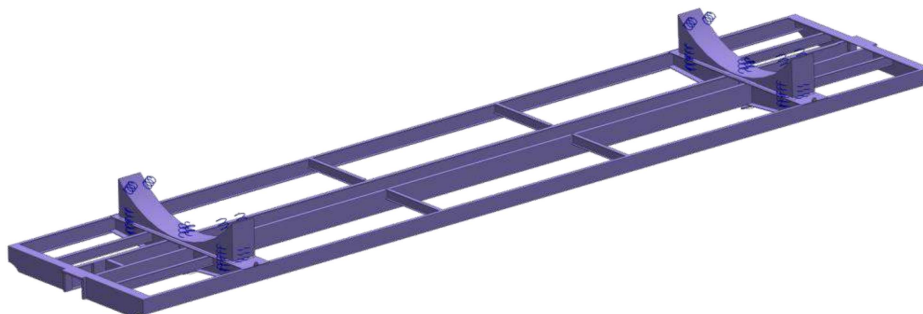


Рисунок 1 – Размещение упруго-фрикционных элементов на опорах котла, а также между опорами и рамой

Для определения вертикальных ускорений, действующих на котел вагона-цистерны проведено математическое моделирование. При составлении дифференциальных уравнений движения вагона-цистерны учтено, что он движется в порожнем состоянии, так как при этом наблюдается наибольшая вертикальная нагруженность несущей конструкции. Также учтено, что путь имеет упруго-вязкие свойства, а реакции пути пропорциональны как его деформации, так и скорости этой деформации. Неровность пути описывалась периодической функцией.

Связь котла с опорами, опор с рамой и рамы с ходовыми частями описывалась как последовательное соединение. При проведении расчетов учитывались параметры тележки модели 18-100. Расчет осуществлен касательно вагона-цистерны модели 15-1443-06. Решение дифференциальных уравнений движения проводилось в программном комплексе MathCad [4, 5]. При этом начальные перемещения и скорости приняты равными нулю.

Установлено, что использование упруго-фрикционных связей позволяет уменьшить динамическую нагруженность вагона-цистерны по сравнению с прототипом почти на 36 %.

На следующем этапе исследования осуществлен расчет на прочность несущей конструкции вагона-цистерны. Графические работы проведены в программном комплексе SolidWorks. Расчет выполнен по методу конечных элементов в программном комплексе SolidWorks Simulation. Оптимальное количество элементов сетки определено по графоаналитическому методу. В качестве конечных элементов использовались пространственные изопараметрические тетраэдры.

Установлено, что максимальные эквивалентные напряжения возникают в зоне взаимодействия хребтовой балки со шкворневой и составляют около 250 МПа, т. е. не превышают допускаемые [6, 7]. Максимальные перемещения составили 8,3 мм и сосредоточены в зоне люка-лаза.

Проведен расчет проектного срока службы несущей конструкции вагона-цистерны. При этом использована методика, изложенная в [8]. Установлено, что проектный срок службы более чем на 20 % выше срока службы вагона-прототипа. Важно сказать, что полученная величина проектного срока службы должна быть уточнена с учетом дополнительных исследований продольной нагруженности несущей конструкции вагона-цистерны и экспериментальных (натурных или стендовых) исследований.

Также в рамках исследования проведен расчет сопротивления усталости несущей конструкции вагона-цистерны. При этом коэффициент сопротивления усталости равен 4,2. В связи с отсутствием экспериментальных данных допускаемое значение коэффициента запаса сопротивле-

ния усталости принято равным 2,2. Следовательно, усталостная прочность несущей конструкции вагона-цистерны обеспечивается.

Проведенные исследования позволят повысить эффективность эксплуатации вагонов-цистерн, а также будут способствовать созданию их инновационных конструкций.

Список литературы

- 1 **Собержанский, А. Н.** Совершенствование конструкций вагонов-цистерн / А. Н. Собержанский, Л. В. Цыганская // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – С. 25–28.
- 2 Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages / G. Vatulia [et al.] // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 187. – P. 301–307. – DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.379.
- 3 **Iman H. Ashtiani.** Investigation of coupled dynamics of a railway tank car and liquid cargo subject to a switch-passing maneuver / Iman H. Ashtiani, Rakheja Subhash, Ahmed Waiz // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. – 2019. – Vol. 233, is. 10.
- 4 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.
- 5 Dynamic load effect on the transportation safety of tank containers as part of combined trains on railway ferries / O. Fomin [et al.] // Vibroengineering Procedia. – 2019. – Vol. 29. – P. 124–129.
- 6 ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). – Київ, 2015. – 162 с.
- 7 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2016-07-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 54 с.
- 8 **Устич, П. А.** Надежность рельсового нетягового подвижного состава / П. А. Устич, В. А. Карпыч, М. Н. Овечников. – М. : Вариант, 1999. – 416 с.

УДК 629.463

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ СО СМЕННЫМИ КУЗОВАМИ

А. В. ФОМИН, П. Н. ПРОКОПЕНКО

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

С. В. КАРА

*Филиал «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт
железнодорожного транспорта» АО «Украинские железные дороги», г. Киев*

Железнодорожный транспорт Украины обеспечивает более 60 % всех грузовых перевозок страны. При этом эффективность использования многих типов вагонов не является достаточной. Коэффициент порожнего хода отдельных типов вагонов для перевозок сыпучих грузов, цистерн различных типов может составлять 50 % при значительных простоях вагонов в течение года. При этом коэффициенты порожнего хода и общая эффективность более универсальных вагонов, таких как полувагоны, вагоны-платформы являются более оптимальными. В качестве дополнительной проблемы можно рассматривать избыточный вагонный парк отдельных типов вагонов со значительным сроком службы, для повышения эффективности перевозок которого вагоны модернизируют под другие типы грузов, что, в свою очередь, приводит к значительным капиталовложениям при незначительном остаточном ресурсе подвижного состава. В связи с этим целесообразным является создание предпосылок для проектирования более универсальных вагонов с возможностью оперативной замены кузовов для повышения эффективности их эксплуатации и перевозок большего количества типов грузов.

Целью работы является разработка технических решений грузовых вагонов универсальной конструкции с возможностью замены кузовов.

Процесс модернизации вагона для изменения типов перевозимых грузов в соответствии ГОСТ 15.902 и положения об организации работ по продлению срока службы вагонов, состоит из значительного количества регламентных работ:

- разработка и согласование технических требований и технического задания на модернизацию;
- опытно-конструкторские работы, а именно проведение комплекса нормативных расчетов, выбор оптимальных конструктивных решений, разработка и согласование конструкторской документации на модернизацию;