

5) возможность автоматизации. По своей сути привод электротрансмиссии является полностью автоматическим. Все воздействия машиниста на органы управления машины преобразуются в электрические сигналы системы управления;

6) ремонтпригодность. Достигается благодаря модульности конструкции, которой обладает электропривод, и отсутствию механической связи энергетической установки и колёс, что является классическим примером гибридного привода;

7) режим «электростанция». Энергетическая установка машины имеет возможность обеспечения внешних потребителей электроэнергией, эквивалентной мощности энергетической установки, что позволяет, при необходимости, использовать машину как миниэлектростанцию.

Следует отметить, что использование гибридных установок повышает стоимость машин на 25 %, тем не менее за счет упомянутых технико-экономических достоинств первоначальные финансовые вложения окупятся в период эксплуатации.

Список литературы

1 Перспективные технологии : [монография] / А. В. Алифанов [и др.] ; под ред. В. В. Клубовича. Гл. 8 : Технологии гибридных силовых установок – перспективные технологии производства автомобильной техники / Л. Г. Красневский. – Витебск : Изд-во УО «ВГТУ», 2011. – С. 167–187.

2 Power output apparatus and hybrid vehicle: US Pat. № 7,938,208 B2 // Toyota Jidosha K. K. – 2011. – May 10.

3 Electric hybrid powertrain system: US Pat. № 7,572,201 B2 // Ford Global Technologies, LLC. – 2009. – Aug. 11.

4 Довгяло, В. А. Дорожно-строительные машины. В 2 ч. Ч. II. Машины для устройства и ремонта дорожных покрытий : учеб. пособие / В. А. Довгяло, Д. И. Бочкарев. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 385 с.

5 Japan Freight Railway Company [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : <https://jref.com>. – Дата доступа : 06.08.2020.

6 Plasser & Theurer [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : <https://www.plassertheurer.com>. – Дата доступа : 08.08.2020.

УДК 625.8

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВАГОНА-САМОСВАЛА (ДУМПКАРА)

Д. Г. НАДТОЧЕЙ, Д. И. ПЕТРАКОВ

Брянский государственный технический университет, Российская Федерация

Рост грузовых железнодорожных перевозок в настоящее время связан с нарастающей необходимостью перевозки различных материалов, готовой продукции, увеличивается пассажирский грузопоток [1]. В последнее время увеличивается объем разработки и добычи Российских полезных ископаемых открытым способом, с транспортировкой их железнодорожным транспортом с использованием специального типа подвижного состава – вагона-самосвала (думпкара) [2]. Данная ситуация требует проектирования с целью создания современных высокотехнологичных конструкций вагона-самосвала (думпкара) [3]. В данной работе целью является проведение анализа нагрузки, а также напряженно-деформированного состояния кузова вагона-самосвала. Объектом анализа напряженно-деформированного состояния выбран четырехосный вагон-самосвал модели 31-675.

Вагон-самосвал обладает рядом особенностей несущей конструкции кузова и имеет в своем составе верхнюю раму, нижнюю раму, два продольных борта, поворачивающихся при разгрузке, а также две торцевые стены и механизм автоматического открывания бортов при разгрузке вагона [4]. Основой нижней рамы является балка хребтовая сварной конструкции, состоящей из двух профилей двутаврового сечения, усиленных перекрытием листами обшивки по верхним и нижним полкам. Вдоль хребтовой балки установлены крепежные кронштейны рабочих цилиндров, шкворневые кронштейны и лобовые листы рамы. В консольной части несущей конструкции нижней рамы установлены силовые кронштейны, в проушины которых монтируются упорные стойки механизма автоматического открывания бортов вагона при разгрузке. Также на кронштейнах установлены и опоры. В средней части несущей металлоконструкции нижней рамы установлены упоры, предотвращающие возможность продольного сдвига кузова относительно конструкций нижней рамы. Силовые кронштейны с обеих сторон хребтовой балки принимают нагрузку и удерживают по два пневмоцилиндра механизма разгрузки. Металлоконструк-

ция верхней рамы включает в себя набор подкрепляющих балок с обвязками, перекрытых листом настила пола [5].

Анализ и исследование напряженно-деформированного состояния металлоконструкций составных частей кузова вагона-самосвала выполнены посредством метода конечных элементов. Для обеспечения данной возможности в среде промышленного программного комплекса Siemens PLM Software FEMAP 10.1, реализующего метод конечных элементов, разработана детализированная пластинчатая конечно-элементная расчетная схема металлокаркаса несущих элементов кузова (рисунок 1).

В полученной расчетной конечно-элементной схеме кузова вагона все силовые подкрепляющие элементы и листы обшивки продольных бортов и лобовых стен моделируются четырехузловыми пластинчатыми конечными элементами. Тяговые элементы рычажной передачи откидывания борта кузова во время разгрузки представлены в виде двух узловых стержневых элементов. Связь бортов металлоконструкции кузова с элементами верхней рамы осуществляется с применением жестких конечных элементов элементов типа Rigid.

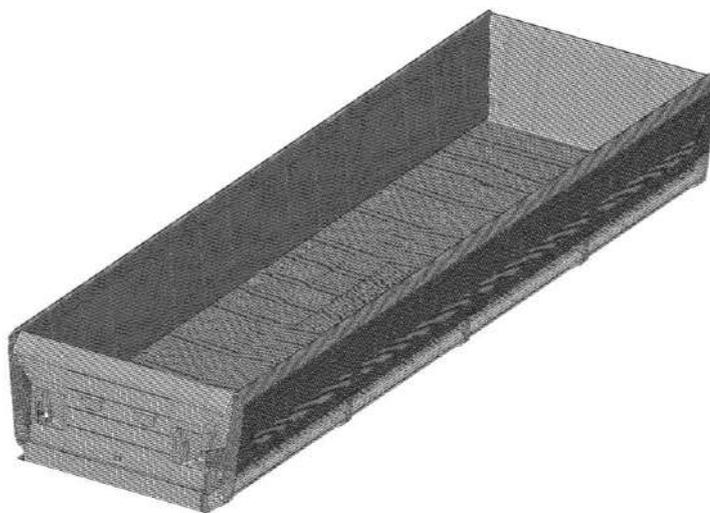


Рисунок 1 – Детализированная пластинчатая конечно-элементная модель несущих конструкций кузова вагона-самосвала

Суммарное количество конечных элементов расчетной схемы кузова и нижней рамы составило 237 тыс. элементов, соединенных между собой в 234 тыс. узлов.

Расчет выполнялся с учетом приложения нагрузок, рекомендуемых «нормами на проектирование и расчет вагонов [6]. При эксплуатации данного подвижного состава рассматриваемая конструкция кузова вагона подвергается воздействию всевозможных нагрузок, в том числе динамических, связанных с падением отдельных кусков смерзшегося груза массой до 3 т с высоты 3 м и подъемом кузова при проведении разгрузочных работ. По указанным причинам задача исследования напряженно-деформированного состояния несущей конструкции кузова вагона-самосвала с учетом эксплуатационных особенностей является актуальной.

При выполнении расчетов также учитывались продольные сжимающие растягивающие усилия по оси автосцепки, соответствующие режимам движения вагона, а по сети дорог ОАО «РЖД» и на путях промышленных предприятий – вертикальные нагрузки от массы тары вагона и веса полезной нагрузки вагона, а также усилия, возникающие при приведении погрузочно-разгрузочных работ.

В ходе программных расчетов получены картины напряженно-деформированного состояния несущих силовых элементов конструкции кузова вагона-самосвала. Анализ результатов выявил что полученные напряжения и усилия, возникающие в несущих металлоконструкциях кузова, не превышает допустимых пределов, прописанных нормативными документами [1, 2], для всех режимов нагружения и движения за исключением выполнения погрузочных работ. Во время выполнения погрузочно-разгрузочных работ возникающие напряжения в подкрепляющих элементах и листах настила пола превышают допустимые. Для обеспечения выполнения требуемых норм прочности подкрепляющих элементов и элементов обшивки настила пола кузова при проведении данного вида работ предложено изготавливать подкрепляющие элементы настила пола из другого материала и специального профиля для уменьшения возникающих нагрузок и деформаций, а также выполнять листы обшивки пола из высокопрочной стали марки RAEX-400 с креплением его на раме иным способом.

Список литературы

1 Мотянко, Т. А. Исследование динамической нагруженности верхней рамы кузова вагона-самосвала (думпкара) / Т. А. Мотянко, Д. Я. Антипин, М. В. Мануева // Вестник Брянского государственного технического университета. 2014. – № 4 (44). – С. 20–23.

2 Antipin, D. Y. Justification of a rational design of the pivot center of the open-top wagon frame by means of computer simulation / D. Y. Antipin, D. Y. Racin, S. G. Shorokhov // Procedia Engineering, 2016. – С. 150–154.

3 **Antipin, D.** Research of dynamic load capacity of tipper car using mathematical model method / D. Antipin, T. Motyanko, D. Rasin // Proceedings of 2015 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems. – 2015. – С. 741–748.

4 **Мотянко, Т. А.** Исследование динамической нагруженности четырехосного вагона-самосвала / Т. А. Мотянко, Д. Я. Антипин // Trans-mech-art-chem : труды X международной науч.-практ. конф. ; под общ. ред. проф. В. Н. Глазкова. – 2014. – С. 73–74.

5 **Тюбаева, Т. А.** Исследование динамической нагруженности кузова вагон-самосвала методами математического моделирования / Т. А. Тюбаева, М. А. Лазарев, Д. Я. Антипин // Проблемы и перспективы развития вагоностроения : материалы VII Всероссийской науч.-практ. конф., 2016. – С. 145–149.

6 **Антипин, Д. Я.** Методика разработки трехмерных моделей технических средств железнодорожного транспорта : учеб. пособие / Д. Я. Антипин, Д. Ю. Расин, С. Г. Шорохов. – Брянск : БГТУ, 2016. – 176 с.

УДК 629.4.027.52

ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ 3D МОДЕЛИ РАЗДВИЖНОЙ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ С ТАНГЕНЦИАЛЬНО-ОСЕВЫМ ЗАМКОМ

О. В. НИКИТИН, Д. О. НИКИТИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Перестановка тележек вагонов с колеи 1520 мм на колею 1435 мм и наоборот на перестановочных пунктах вблизи пограничных станций имеет существенные недостатки: увеличение времени оборота вагонов; существенные затраты технологических и производственных ресурсов.

Поэтому актуальным является вопрос разработки раздвижных колесных пар (РКП), способных без остановки движения изменять ширину колеи на специальных переводных путевых устройствах. При этом должна обеспечиваться почти абсолютная надежность, поскольку отказ раздвижной колесной пары приводит к аварийным ситуациям с тяжелыми последствиями.

Основными задачами данной работы являются:

- изучение перспектив эксплуатации раздвижных колесных пар на железных дорогах мира;
- восстановление отсутствующей необходимой технической документации и построение цифровой 3D-модели;
- подготовка цифровой модели к получению макета колесной пары и тележки в сборе к печати на 3D принтере.

В СССР впервые проблематикой проектирования раздвижных колесных пар заинтересовались в середине прошлого века. На Брянском машиностроительном заводе в 1957 г. была создана колесная пара с раздвижными на оси колесами.

Передвижение колёс из одного положения в другое происходит автоматически при движении вагона по специальному переводному стенду, соединенному одним концом с колеей 1520 мм, а вторым – с колеей 1435 мм.

Были изготовлены опытные образцы РКП типа ТГ-14.

Эти колесные пары прошли цикл заводских и эксплуатационных испытаний, по результатам которых был выявлен ряд недостатков.

Основным таким недостатком являлась ненадежная работа предохранительного устройства (замка), предназначенного для исключения случаев самопроизвольного перевередения колес.

К концу 1960-х гг. все работы в СССР по созданию надежной и работоспособной конструкции РКП для ускоренного перехода грузовых и пассажирских вагонов с колеи 1520 мм на колею 1435 мм (и обратно) в силу различных причин были остановлены.

Позднее усовершенствованную конструкцию РКП создали на Уралвагонзаводе с применением тангенциально-осевого замка, предложенного БелИИЖТом.

В 1975 г. этими колесными парами были оборудованы две тележки модели 18-100. Одновременно была разработана и изготовлена рычажная тормозная передача для тележек с РКП и колесо-переводное устройство [1].

В настоящее время в России, Испании, ФРГ, Японии, Болгарии и Польше ведутся разработка и испытания различных систем перевода подвижного состава с одной колеи на другую. Дальше всего в этом направлении продвинулись в Испании и Польше.

Раздвижная колесная пара SUW-2000 прошла апробацию в поездах, обращающихся на отдельных направлениях между Польшей, Украиной и Литвой [2].