



Рисунок 2 – Конструктивное исполнение средней части хребтовой балки

С целью оценки прочности конструкции была разработана расчетная конечно-элементная модель рамы вагона-платформы. Построение модели осуществлялось для реализации расчетов в программном пакете DSMfem. Для построения модели использовались два типа конечных элементов: плоские пластинчатые 3- и 4-угольные.

Расчет выполнялся на действие продольной сжимающей и растягивающей нагрузок величиной 2,5 МН и 2,0 МН с учетом собственного веса и вертикальной нагрузки от перевозимого груза [2]. Материал – сталь 09Г2С с пределом текучести 345 МПа.

При воздействии на конструкцию сжимающей нагрузки у типовой конструкции максимальный уровень напряжений не превышает 82 % от допускаемых. В элементах хребтовой балки максимальный уровень напряжений наблюдается в верхнем горизонтальном листе двутавра и составляет 210 МПа. Модифицированная конструкция имеет более высокий уровень расчетных напряжений. Так, в трубчатых наклонных элементах фермы уровень расчетных напряжений составляет 248 МПа, а в верхнем горизонтальном листе – 339 МПа.

Действие растягивающей нагрузки изменяет картину распределения напряжений. Максимальный уровень расчетных напряжений у типовой конструкции не превышает 81 % от допускаемых. Наибольший уровень напряжений в хребтовой балке наблюдается у элементов вертикального листа в районе примыкания к нижней горизонтальной полке и составляет 169 МПа. В модернизированной конструкции уровень напряжений в раскосах фермы составляет 178 МПа, а в нижнем горизонтальном листе – 164 МПа.

Масса тары модернизированной конструкции платформы снизилась по сравнению с типовой на 3,8 %, а уровень напряжений, особенно в верхнем горизонтальном листе, вырос на 61 %. Отсюда можно сделать вывод, что необходимо усилить верхний горизонтальный лист. Это в свою очередь практически нивелирует полученное снижение массы. Возможно, в дальнейшем нужно рассмотреть применение не замкнутых профилей, а открытых в виде швеллера для раскосов и горизонтальных листов швеллера.

Список литературы

1 **Негрей, В. Я.** Европейские модульные платформы для перевозки сменных и съемных кузовов / В. Я. Негрей, К. А. Бочков, А. В. Пигунов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2022. – № 2 – С. 64–68.

2 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2016-07-01 – М. : Стандартинформ, 2016. – 54 с.

УДК 625.032.3

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗНОС КОЛЕС ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

А. В. ПИГУНОВ, В. В. ПИГУНОВ, О. В. КАЛЮКО, А. В. НАГИБИНА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Парк грузовых вагонов составляют вагоны различных типов полувагоны, универсальные платформы, универсальные крытые, платформы для перевозки леса и контейнеров, хопперы для перевозки зерна, цемента, минеральных удобрений и др. В свою очередь каждый тип вагонов представ-

лен множеством моделей разных заводов-изготовителей. Вагоны в силу специфики перевозимых грузов различаются линейными размерами. Хоппер-цементовоз имеет длину рамы 10,7 м, полувагон – 12,78 м; универсальный крытый – 17,5 м; платформа для перевозки контейнеров – 24,53 м.

До недавнего времени все вагоны были рассчитаны под перевозку груза в рамках осевой нагрузки 23,5 т. В последнее десятилетие поступили в эксплуатации грузовые вагоны повышенной грузоподъемности с осевой нагрузкой 25 т, оснащенные новыми конструкциями тележек.

Анализ технического состояния грузовых вагонов в эксплуатации показывает, что основная причина отцепок неисправных вагонов в ремонт вызвана неисправностями колесных пар и прежде всего неисправностями колес. Это не случайно, поскольку вагонное колесо – наиболее динамически нагруженный элемент ходовых частей вагонов, который непосредственно взаимодействует с рельсами, что приводит к износу поверхности катания колес. Отцепки вагонов в текущий ремонт ведут к дополнительным финансовым издержкам на содержание вагонного парка.

Исследования, выполненные в работе [1] для железных дорог Узбекистана, показали, что отцепки вагонов в текущий ремонт по неисправностям колесных пар составляют более 45 % от общего количества отцепок. Основные причины отцепки связаны с интенсивностью износа и повреждаемости вагонных колес. Причем самыми распространенным видом отказов по неисправностям колесных пар являются тонкий гребень (55 %) и выщербина обода колеса (25 % от общего количества отцепок по колесным парам).

В эксплуатации имеются цельнокатаные колеса диаметром по кругу катания 957 мм с плоскоконическим и криволинейным дисками. При этом предусмотрены три варианта конструктивного исполнения колес с криволинейной формой диска. Все варианты являются взаимозаменяемыми.

Колеса с плоскоконическим диском используют в тележках грузовых вагонов с осевой нагрузкой 230,5 кН, колеса с криволинейным диском – в тележках грузовых вагонов с повышенной осевой нагрузкой (245 кН и более).

Криволинейный диск, работая как мембрана, существенно снижает динамические воздействия на путь, шейку оси и буксовый узел. Криволинейные диски обладают большим запасом усталостной прочности по сравнению с плоскоконическими дисками стандартных колес по ГОСТ 9036. Это позволяет рекомендовать их как перспективные для использования под вагонами с повышенными осевыми нагрузками.

Для изготовления колес грузовых вагонов используются стали марок 2 и Т. Сталь марки 2 – универсальная – используется для колес грузовых вагонов с осевой нагрузкой не более 230,5 кН и колес пассажирских вагонов с конструкционной скоростью не более 160 км/ч.

Колеса инновационных грузовых вагонов (с увеличенной осевой нагрузкой), работают в условиях более высоких напряжений в контакте колеса и рельса, поэтому для таких колес применяют сталь с увеличенным содержанием углерода – сталь марки Т.

Твердость обода 255 НВ, используемая в колесах из стали марки 2, существенно уступает твердости рельсов (401 НВ), что приводит к интенсивному износу колес и ускоренному их выходу из строя. Поэтому колеса, выполненные из стали марки Т с твердостью обода до 320 НВ включительно, имеют повышенную износостойкость.

В работе [2] выполнена сравнительная оценка интенсивности износа гребней инновационных колес и стандартных. В результате проведенных замеров, после пробега груженых полувагонов между станциями Карымская – Белогорск (расстояние 1574 км), были установлены значения средних износов гребней колес. Они составили для стандартных колес 0,14 мм, а для инновационных – 0,09 мм. Таким образом, установлено, что колеса, изготовленные из стали повышенной твердости прочности, имеют в 1,5 раза меньшую величину износа.

Экспериментальное измерение величины износа гребня у платформ для перевозки контейнеров с длиной по осям сцепления более 25 м позволило определить потерю толщины 0,11 мм на 1000 км пробега [3].

Результаты приведенных выше экспериментальных данных позволяют сделать вывод, что величина износа гребня зависит от линейных размеров вагона (длины базы). Чем больше база вагона, тем больше износ гребня.

Установлена также связь величины износа гребня с величиной коэффициента трения в узле «пятник – подпятник» грузового вагона [4]. Определена величина коэффициента трения $f = 0,05$ для выравнивания срока службы колеса и кассетного подшипника [5].

В результате проведения компьютерного моделирования с учетом максимально допустимых зазоров между колесной парой и элементами тележки установлено, что наибольшее влияние на износ колес вагона оказывает трапецевидная установка колесных пар, которая приводит к увеличению работы сил трения до 26 раз по сравнению с нормальной параллельной их расстановкой [6]. Также установлено благоприятное влияние на износ колес наличие смазочного материала в узле «пятник – подпятник».

На основании результатов изложенных выше исследований к основным факторам, оказывающим влияние на износ колес грузовых вагонов, можно отнести конструктивное исполнение колес, длину базы вагона, работу узла «пятник – подпятник», величину износов элементов тележки.

Список литературы

1 **Гайипов, А. Б.** Прогнозирование потребности в колесных парах грузовых вагонов и совершенствование технологии их ремонта на железных дорогах Республики Узбекистан : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / А. Б. Гайипов ; ПГУПС. – СПб., 2022. – 19 с.

2 **Иванова, Т. В.** Определение износа гребня колеса грузового вагона / Т. В. Иванова, В. А. Петровых, Д. Г. Налабордин // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2017. – № 1. – С. 27–29.

3 **Иванова, Т. В.** Сравнительная оценка интенсивности износа гребней стандартных и инновационных колес грузовых вагонов / Т. В. Иванова, Д. Г. Налабордин // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2017. – № 10. – С. 459–460.

4 Пути снижения износа гребней колесных пар в тележках грузовых вагонов / В. Н. Филиппов [и др.] // Транспортное машиностроение. – 2022. – № 8. – С. 44–55.

5 **Матяш, Ю. И.** Исследования возможности снижения степени износа гребня колеса в грузовом вагоне / Ю. И. Матяш, А. Д. Родченко, А. Г. Петракова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2023. – № 1 (77). С. 51–59. – DOI : 10.26731/1813-9108.2023.(77).51-59.

6 Оценка износа колес грузовых вагонов при существующих нормативах выпуска трехэлементных тележек с осевой нагрузкой 23,5 тс из ремонта / А. В. Саидова [и др.] // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб. : ПГУПС, 2021. – Вып. 1. – Т. 18. – С. 52–61.

УДК 519.85:629.4.014.7

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

А. П. ПРИХОДЬКО, В. В. КОМИССАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одной из важнейших задач в эксплуатации подвижного состава железнодорожного транспорта является обеспечение сохранности единиц подвижного состава. Интенсификация процесса роспуска вагонов на горках, увеличение скоростей соударения вагонов в подгорочном парке, переходные режимы движения поездов способны повредить вагон и перевозимые грузы. В этой связи при эксплуатации вагонов необходимо амортизировать удары и снижать продольные усилия. Эти функции выполняют поглощающие аппараты (ПА).

ПА обеспечивают ограничение допустимого хода рабочего органа (нажимного устройства) при различных условиях эксплуатации и тем самым снижают воздействие на несущую конструкцию подвижного состава возникающих продольных сил. Наиболее значимым показателем, характеризующим эффективность ПА, является энергоемкость аппарата, определяемая кинетической энергией, которую он воспринимает при полном сжатии. С целью определения данных характеристик ПА подвергаются испытаниям.

При проведении испытаний получаемые данные непрерывно записываются в виде соответствующих массивов, которые содержат информацию о времени, силе удара и ходе аппарата. В зависимости от частоты регистрации данных таблицы могут содержать до 30000 строк. Такой большой объем данных затрудняет их дальнейшую обработку, поэтому для облегчения и ускорения обработки данных произведена обработка в системе компьютерной математики Wolfram Mathematica.