

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.

При помощи встроенных функций Mathematica необходимые данные экспортируются из исходного массива, в котором содержатся сведения о силе и ходе аппарата для каждого эксперимента, на основе полученных данных строится график зависимости силы от хода аппарата.

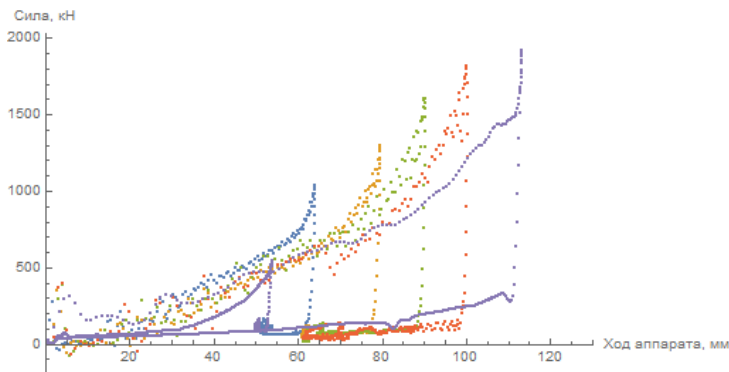


Рисунок 1 – Зависимость прилагаемой силы от хода поглощающего аппарата для нескольких ударов

Графики зависимости силы от хода аппарата для нескольких различных ударов представлены на рисунке 1.

Разработанным алгоритмом определяется позиция с максимальным значением усилия и отбрасывается часть данных, которые расположены после него. Площадь кривой под графиком, построенным в данных координатах, представляет собой искомую энергоемкость ПА.

С целью автоматизации обработки полученные данные аппроксимируются функциями с построением соответствующей полиномиальной (рисунок 2, а) и

экспоненциальной (рисунок 2, б) зависимостей. Для приведенных данных многочлен 6-й степени имеет вид

$$f(x) = 85,0219 + 3,2159x + 0,0439x^2 + 0,00028x^3 + 9,0249 \cdot 10^{(-7)} x^4 + 1,415 \cdot 10^{(-9)} x^5 + 8,594 \cdot 10^{(-13)} x^6,$$

а экспоненциальная функция

$$f(x) = 77,1845 + 21,3259e^{0,0247(60,5157+x)}.$$

При этом наилучшая аппроксимация обеспечивается экспоненциальной функцией с коэффициентом корреляции 0,995. Для полиномиальной функции получен коэффициент корреляции 0,992. В этой связи для обработки всех результатов была применена экспоненциальная функция.

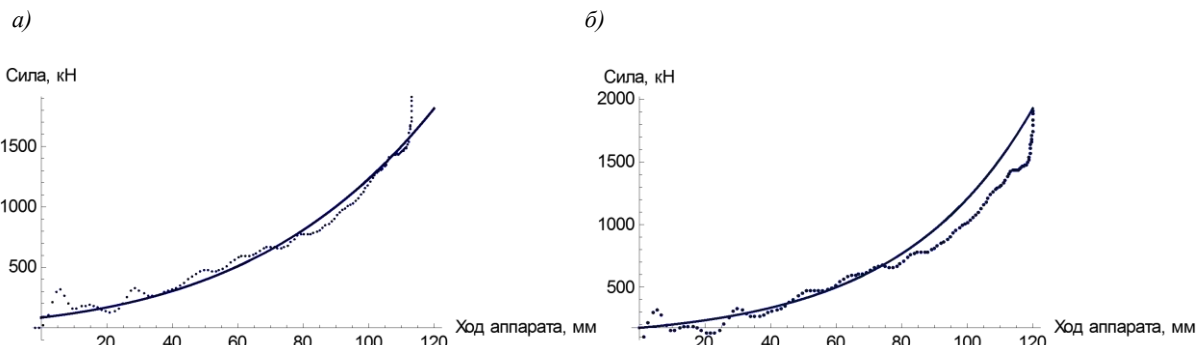


Рисунок 2 – Визуализация процесса аппроксимации:

- – экспериментальные данные; — – график аппроксимирующей функции
- а – полиномиальная аппроксимирующая функция;
- б – экспоненциальная аппроксимирующая функция

Для определения энергоемкости поглощающего аппарата производится интегрирование соответствующих зависимостей. В результате установлено, что энергоемкость поглощающего аппарата КМТ-118С в состоянии поставки составила 73,24 кДж.

В статье продемонстрированы возможности системы компьютерной математики Wolfram Mathematica повысить эффективность и скорость обработки различных результатов испытаний ПА. Используемая визуализация делает результаты анализа данных более доступными и понятными, что в целом позволяет формулировать содержательные выводы по итогам эксперимента. В настоящее время проводится разработка соответствующего пользовательского интерфейса с целью снижения трудозатрат при реализации производимых вычислений.

Список литературы

1 Беспалько, С. В. Исследование соударений вагонов, оборудованных эластомерными поглощающими аппаратами, с использованием компьютерного моделирования / С. В. Беспалько, С. С. Андриянов. – 2004. – № 5. – С. 7–8.

2 Журавков, М. А. Об использовании системы Mathematica при преподавании дисциплин и изучении разделов по основам компьютерного моделирования в механике / М. А. Журавков, В. Б. Таранчук // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2016. – № 1 (32). – С. 59–62.

3 Карпухина, С. В. Персонализированное обучение алгебре и началам математического анализа с использованием компьютерной системы "Mathematica": дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. «Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования)» / С. В. Карпухина. – Рязань, 2009. – 243 с.

4 Кристаллинский, В. Р. Об использовании системы Wolfram Mathematica в статистическом анализе данных / В. Р. Кристаллинский, Р. Е. Кристаллинский // Дистанционные образовательные технологии : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (с международным участием), посвящ. 75-летию ГПА, Ялта, 16–21 сентября 2019 года / отв. редактор В. Н. Таран. – Ялта : Издательство Типография «Ариал», 2019. – С. 58–61.

УДК 629.421.4

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОЛЕСЕ ТЕПЛОВОЗА ЧМЭЗ ПОСЛЕ ТЕПЛОВОЙ ПОСАДКИ БАНДАЖА НА КОЛЕСНЫЙ ЦЕНТР

А. В. ПУТЯТО, И. Л. КОЦУР

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

Основными маневровыми тепловозами на Белорусской железной дороге являются тепловозы серии ЧМЭЗ, ЧМЭЗ^T и серии ТМЭ1, ТМЭ2. Указанные тепловозы имеют трехосные бесчелюстные тележки с одноповодковым буксовым узлом с двухрядным сферическим подшипником качения [1]. К одним из серьезных недостатков тепловозов указанных серий, с которыми приходится сталкиваться в эксплуатации, относятся неисправности колесных пар. Так, имеют место случаи возникновения трещин бандажей колесных пар, а также при проведении полного и обыкновенного освидетельствования выявляют значительное количество трещин в колесных центрах (рисунок 1).



Рисунок 1 – Разрушение бандажа и колесного центра колеса

Колесная пара является одним из наиболее ответственных узлов железнодорожного подвижного состава. Обеспечение требуемой прочности соединений с гарантированным натягом деталей колесной пары напрямую связана с безопасностью движения. Соединения с натягом элементов колесной пары подвергаются воздействию комплекса силовых факторов и могут работать на осевой сдвиг, проворачивание или испытывать комбинированную нагрузку. Недостаточная прочность соединений может привести к относительному сдвигу элементов и вызвать катастрофические последствия. В то же время в процессе соответствующих технологических операций при формировании колесной пары, в том числе при посадке бандажа на колесный центр, в металлоконструкции составного колеса формируется достаточно сложная картина остаточных напряжений.

Целью настоящей работы является численная оценка уровня остаточных напряжений в колесном центре и бандаже колеса маневрового тепловоза ЧМЭЗ после их соединения с натягом термическим способом.