

В результате аппроксимации корреляционными функциями вида (2) более 40 процессов горизонтальных перемещений буксовых узлов, были получены следующие параметры: $D = 12,3 \dots 16,9 \text{ мм}^2$, $\bar{\alpha} = 0,011 \dots 0,019 \text{ м}^{-1}$, $\bar{\beta} = 0,005 \dots 0,008 \text{ м}^{-1}$.

Корреляционной функции вида (2) соответствует функция спектральной плотности горизонтальных возмущений вида [2]

$$G(f) = \frac{2D\bar{\alpha}}{v} \cdot \frac{\left[\left(\frac{f}{v} \right)^2 + \bar{\alpha}^2 + \bar{\beta}^2 \right]}{\left[\left(\frac{f}{v} \right)^2 + 2(\bar{\alpha}^2 - \bar{\beta}^2) \left(\frac{f}{v} \right)^2 + (\bar{\alpha}^2 + \bar{\beta}^2)^2 \right]}, \quad (3)$$

где f – частота, Гц; v – скорость экипажа, м/с.

Аппроксимация горизонтальных возмущений аналитическим выражением позволит в дальнейшем решать задачи динамики подвижного состава с линейными характеристиками рессорного подвешивания в частотной области. Кроме этого, используя аналитическое выражение спектральной плотности, можно выполнять генерацию процесса возмущения во временной области (например, используя алгоритм Райса-Пирсона) и численно решать задачи динамики подвижного состава с нелинейными характеристиками рессорного подвешивания.

Список литературы

- 1 Айфичер, Э. С. Цифровая обработка сигналов: практический подход / Э. С. Айфичер, Б. У. Джервис. – 2-е изд. : пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.
- 2 Мямлин, С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей. – Д. : Новая идеология, 2002. – 240 с.

УДК 629.421.4

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КОЛЕСНЫХ ПАР МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ СЕРИЙ ЧМЭЗ и ТМЭ1

М. С. ЗАСТОЛЬСКИЙ

Локомотивное депо Могилев Белорусской железной дороги

А. В. ПУТЯТО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время основными маневровыми тепловозами на Белорусской железной дороге являются тепловозы серий ЧМЭЗ, ЧМЭЗ^Т (около 260 единиц) и ТМЭ1, ТМЭ2 (49 единиц), которые построены с использованием рамы и экипажной части тепловозов ЧМЭЗ. Указанные тепловозы имеют трехосные бесчелюстные тележки с одноповодковым буксовым узлом с двухрядным сферическим подшипником качения. Для выполнения маневровых работ в ближайшее время тепловозы серии ЧМЭЗ останутся основными, наряду с современными тепловозами серии ТМЭ1. Этому в условиях дефицита финансовых средств способствуют следующие факторы: при проведении текущих ремонтов ТР-3, капитальных ремонтов КР-1, КР-2 выполняются работы по продлению срока службы до 50 лет; топливная экономичность тепловозов ЧМЭЗ может быть значительно повышена за счет установки на них электронной системы управления впрыском топлива. Следует отметить, что по оценкам ОАО «РЖД» установка данной системы не только приводит к экономии топлива в условиях реальной эксплуатации на 8–11 %, но и значительно снижает вредные выбросы в атмосферу.

В то же время к одним из серьезных недостатков тепловозов серий ЧМЭЗ и ТМЭ1, с которыми приходится сталкиваться в эксплуатации, относятся неисправности колесных пар. Так, в среднем в год выявляется около 20 случаев возникновения трещин бандажей колесных пар, а ежегодно при проведении полного и обыкновенного освидетельствования колесных пар выявляют значительное количество трещин в колесных центрах. Как правило, наличие трещин в бандажах связывают с некачественным литьем, либо нарушением химического состава при изготовлении заготовок банда-

жей. В то же время трещины выявляются на бандажах различных заводов-изготовителей. Кроме того, просматривается следующая закономерность: трещины возникают в бандажах 2-й и 5-й колесных пар тепловозов серий ЧМЭЗ и ТМЭ1, обточенных по профилю ГОСТ 11018 (толщина гребня составляет 33 мм). Отметим, что аналогичные бандажи устанавливаются на колесных парах тепловозов других серий, для которых такой проблемы не наблюдается. Проблема образования трещин в центрах колесных пар также характерна только для маневровых тепловозов указанной серии. Учитывая вышесказанное можно сделать предположение, что рассмотренные неисправности колесных пар связаны с конструктивными особенностями экипажной части тепловозов серий ЧМЭЗ и ТМЭ1.

Наибольшие динамические нагрузки колесные пары тепловозов испытывают при движении в кривых участках пути. На первом этапе исследования рассматриваемой проблемы выполнено геометрическое вписывание тепловозов серий ЧМЭЗ и ТМЭ1 в кривые различного радиуса с использованием методов круговой и параболической диаграмм. Исходные данные приняты с допусками, соответствующими наиболее неблагоприятным ситуациям вписывания тепловоза в кривую: межбандажное расстояние колесной пары – 1440^{+3} мм; уширение рельсовой колеи в кривой – 15^{-4} мм. Геометрическое вписывание тепловозов серии ЧМЭЗ, ТМЭ1 выполнено для колесных пар с бандажами, обточенными по профилям ГОСТ 11018 (толщина гребня 33 мм) и ДМеТИ ЛР (толщина гребня 30 мм). Оба профиля бандажа используются в настоящее время на Белорусской железной дороге: ГОСТ 11018 – для обточки бандажей колесных пар при проведении полного освидетельствования, ДМеТИ ЛР – при обыкновенном освидетельствовании и обточке бандажей колесных пар без выкатки тележек.

Расчет данных для построения диаграмм произведен в программе *Microsoft Office Excel*, графическая часть выполнена вручную на масштабно-координатной бумаге.

Установлено, что по результатам использования метода круговой диаграммы тепловозы серий ЧМЭЗ и ТМЭ1 с колесными парами, обточенными по профилю ГОСТ 11018, могут вписываться в кривые радиусом 100 м и выше; с колесными парами, обточенными по профилю ДМеТИ ЛР, – в кривые радиусом 80 м и выше.

При анализе вписывания методом параболической диаграммы тепловозы с колесными парами, обточенными по профилю ГОСТ 11018, вписываются в кривые радиусом 160 м и выше, а с колесными парами, обточенными по профилю ДМеТИ ЛР, – в кривые радиусом 120 м и выше.

В то же время, согласно паспортным данным, минимальный радиус проходимых кривых для тепловозов серии ЧМЭЗ, ТМЭ1 составляет 80 мм.

Необходимо отметить, что выпуск тепловозов серии ЧМЭЗ осуществлялся в период с 1963 по 1991 годы, и их экипажная часть спроектирована для эксплуатации при ширине колеи 1524 мм, с минимальным уширением в кривой 16^{-4} мм, межбандажным расстоянием при формировании колесной пары 1440_{-1}^{+1} . Для указанных проектных параметров проверена возможность вписывания в кривую радиусом 80 м для колесных пар с бандажами, обточенными по профилю ГОСТ 11018. Расчеты и графические построения показали возможность прохождения кривых радиусом 80 м и выше.

Таким образом, вполне закономерно возникновение вопроса: «Каким образом происходит вписывание в кривые радиусов 80–120 м (при профиле ДМеТИ ЛР) и 80–160 м (при профиле ГОСТ 11018)?». По нашему мнению, имеет место два основных механизма вписывания. В первом случае при входе в кривую происходит «защемление» колесных пар, в результате чего возникает упругое отжатие рельсовых плетей, что в большей степени характерно для рельсошпальной решетки с деревянными шпалами. В этом случае центра колесных пар воспринимают значительные изгибающие моменты, что, в свою очередь, может привести как к возникновению «квазистатического» предельного состояния, так и накоплению усталостных повреждений с последующим образованием трещины. Во втором случае при входе в кривую из-за большой «жесткости» пути защемление колесных пар не происходит, что в большей степени характерно для решетки с железобетонными шпалами. Для возможности вписывания в кривую средняя колесная пара ввиду с конструктивными особенностями тележки рассматриваемых серий тепловозов гребнем кратковременно выходит на поверхность головки рельса с последующим возвращением внутрь колеи. В момент выхода на головку рельса гребень воспринимает большие контактные усилия, которые могут привести к зарождению трещин в его вершине. Подтверждением проявления вышеописанного механизма является уменьшенная высота гребней колесных пар, имеющих трещины бандажей.

В числе мероприятий, облегчающих вписывание экипажа локомотива в кривую, практикуется устройство поперечных разбегов колесных пар или применение бандажей с гребнями уменьшенной толщины. Существенным отличием экипажной части тепловозов серий ЧМЭЗ и ТМЭ1 от других серий тепловозов, эксплуатируемых на Белорусской железной дороге, с аналогичной осевой формулой является отсутствие разбега колесных пар, который может составлять от 14 до 28 мм.

Характерно, что применение бандажей с гребнями уменьшенной толщины средних колесных пар трехосной тележки нашло применение на электровозах серии ЧС2. Так, толщина гребней средней колесной пары на электровозе ЧС2 уменьшена до 23 мм. Также необходимо отметить, что в буксовых узлах электровоза ЧС2 и тепловозов серий ЧМЭЗ и ТМЭ1 применяются двухрядные сферические подшипники качения, использование которых предполагает отсутствие осевого разбега колесной пары.

Для решения проблемы образования трещин в центрах и бандажах колесных пар тепловозов серий ЧМЭЗ и ТМЭ1 и выработки практических рекомендаций повышения их эксплуатационной надежности в дальнейшем предполагается проведение более детального исследования вписывания тепловоза в кривые, а также выполнение анализа прочности указанных элементов колесных пар.

Таким образом, на данном этапе анализа статистических данных и предварительных расчетов можно дать некоторые рекомендации по увеличению эксплуатационной надежности элементов колесных пар тепловозов серий ЧМЭЗ и ТМЭ1 в рамках требований действующей нормативно-технической документации, регламентирующей ремонт и эксплуатацию данных тепловозов: при полном освидетельствовании колесных пар межбандажное расстояние следует выдерживать в пределах $1440^{\pm 3}$ мм; при полном и обыкновенном освидетельствовании – производить обточку бандажей колесных пар по профилю ДМеТИ ЛР; при ремонтах ТР-3, КР-1, КР-2 – обеспечивать равномерную запрессовку сайлент-блока в буксовый баланси́р, что позволит ему в процессе эксплуатации поворачиваться на максимальный угол и тем самым облегчит условия вписывания в кривые.

УДК 629.463: 004

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЧЕНИЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Т. В. ЗАХАРОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Э. С. ЛАСЕВИЧ

Минский вагонный участок, Республика Беларусь

При расчете на прочность грузовых вагонов необходимо знать геометрические характеристики сечений (ГХС): площади, осевые и центробежные моменты инерции, моменты сопротивления, координаты центров масс. Расчет определения ГХС стержневых и пластинчатых элементов кузовов и сечений тележек является достаточно трудоемким и требует значительных затрат времени.

Известны различные методы определения ГХС путем разбивки на прямоугольные и базовые элементы. Конструирование новых перспективных вагонов или модернизация предполагают изменение конфигурации профилей элементов. При многократном изменении параметров сечения целесообразным является определение ГХС по координатам точек методом разбивки на треугольные элементы.

На кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» БелГУТа имеется программа определения ГХС плоских сечений по координатам переломных точек с выдачей изображения сечения в координатной сетке на экран монитора и на печать. Однако корректировка параметров сечения предполагает ввод координат точек заново, а результаты расчета выводятся только на экран и на печать, но не сохраняются в памяти компьютера.

Сохранение параметров и ГХС в памяти компьютера позволяет быстро корректировать координаты точек по сравнению с полным пересчетом и значительно уменьшает время на расчеты.

Поэтому разработаны алгоритм и программа, позволяющая автоматизировать трудоемкую работу по вычислению геометрических характеристик сечений. При расчете сечение представляется совокупностью варьируемых треугольников.