

А. А. ПАНЧЕНКО (ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Российская Федерация)

ДИАГНОСТИКА ЗАГРУЖЕННОСТИ КОЛЕСНЫХ ПАР ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ДВИЖЕНИИ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ ПУТИ

Пропонується метод комплексного визначення ваги локомотива і його динамічних впливів на верхню будову залізничної колії на основі автоматизованих вимірювальних систем, що не мають вантажоприймальних пристроїв.

Предлагается метод комплексного определения веса локомотива и его динамических воздействий на верхнее строение железнодорожного пути на основе автоматизированных измерительных систем, не имеющих грузоприёмных устройств.

The method of complex determination of locomotive weight and its dynamic effects on superstructure of railway track on the basis of automated measuring systems having no cargo platform devices is offered.

Увеличение пропускной способности участков железной дороги – это один из качественных показателей перевозочного процесса железнодорожного транспорта. Улучшение этого показателя возможно за счет увеличения скорости прохождения и/или массы поезда по участкам пути. Сдерживающим фактором увеличения пропускной способности движения подвижного состава (ПС) являются участки железнодорожного пути с кривыми малого радиуса, а также стрелочные переводы. Эта проблема носит как региональный, так федеральный характер. Снятие ее возможно при решении комплексной задачи, стоящей перед научными работниками железнодорожного транспорта, которая включает в себя:

- повышение устойчивости верхнего строения пути кривого участка железной дороги,
- способы совершенствования эксплуатационно-технических характеристик тележек ПС,
- контроль технико-эксплуатационного состояния подвижного состава и верхнего строения пути.

Существенную помощь в определении динамических свойств «рельс-колесо» при движении ПС на скоростных участках железной дороги для оценки устойчивости верхнего строения пути и эксплуатационных характеристик экипажной части ПС может оказать применение информационно-измерительных систем, основу которых составляет весоизмерительное устройство [1, 2]. Предлагаемая ве-

соизмерительная система, отличительной особенностью которой является:

- отсутствие грузоприемного устройства,
- встраиваемость в стандартное межшпальное расстояние,
- отсутствие ограничения скорости движения состава при измерении,
- многоканальная обработка данных.

Состав оборудования весоизмерительного устройства показан на рис. 1. Оно состоит из датчиков, устройства сопряжения и измерительной ЭВМ. Для стационарных весоизмерительных устройств используется высокопроизводительная ЭВМ, дополненная PCI-платой многоканального устройства сбора данных (МУСД). Для работы в полевых условиях используется МУСД, связанное с ноутбуком через порт USB. Устройство сопряжения предназначено для усиления и фильтрации сигнала с датчиков, поступающих на МУСД. Масштабируемые усилители, имеющие в плате МУСД, не используются. Устройство сопряжения – четырехканальное модульного типа и имеет возможность наращивания каналов от 4-х до 32-х.

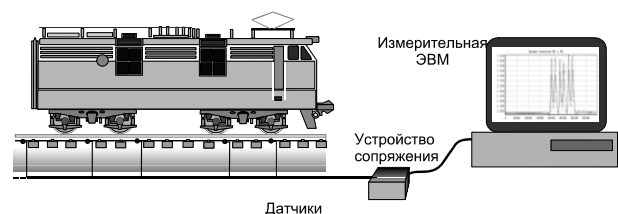


Рис. 1. Состав оборудования весоизмерительного устройства

Число каналов, равно как и число датчиков, зависит от выбора задачи экспресс-диагностики.

Таким образом, на основе весоизмерительного устройства можно строить различные наборы сканирующих информационно-измерительных комплексов, ориентированных на решение задач транспортной экспресс-диагностики.

Каждая задача экспресс-диагностики требует разработки соответствующих методов измерения. Условно эти методы можно разделить на следующие группы:

- по способу определения физических величин – суммарные и разностные,
- по способу обработки информации со сканирующих датчиков – последовательные, параллельные, последовательно- параллельные,
- по способу определения динамических характеристик объекта измерения – амплитудно-фиксированные, амплитудно-плавающие и фиксированно-плавающие.

Сочетание методов нескольких групп образуют *комбинированные методы* измерения, реализация которых возможна с помощью специального программного обеспечения (СПО). СПО дает возможность визуального представления нагрузок на рельс. Оно включает в себя препроцессорную и постпроцессорную обработку данных. Препроцессорная обработка данных является типичной для всех практических применений данного весоизмерительного устройства и информационно-измерительных комплексов на его основе и служит для визуализации исходных данных, полученных при измерении. Постпроцессорная обработка данных включает в себя алгоритмы, реализующие комбинированные методы измерения.

Все это говорит о том, что она может быть использована не только как измеритель веса ПС в движении, но и для других целей. В частности, измерительная система может быть использована для измерения боковых сил, возникающих при прохождении кривого участка каждой оси тележек, для оценки динамического воздействия экипажной части локомотива при испытаниях новой модели и др.

Рассмотрим эти цели более подробно применительно к испытаниям экипажной части локомотива.

Суть способа измерения боковых нагрузок на рельсовые нити, возникающих при прохождении локомотива в кривых малого радиуса, заключается в следующем. Перед вхождением в кривой участок ПС взвешивается «поколесно» на прямом участке пути. Вес (давление) от каждого колеса тележки локомотива на рельс принимается как эталон. При движении колеса

по кривому участку пути выполняется его взвешивание в 5-ти и более точках. Из значений веса, полученных в этих точках, вычитается «эталонный вес» и определяются «веса» динамических боковых нагрузок. Данный способ назван *комбинированным* в силу того, что он является составным и включает измерение веса ПС в движении с точностью до статического и фиксацию динамики его на кривом участке пути. Для реализации этого способа необходимо расположить тензометрические датчики особым образом, как показано на рис. 2.

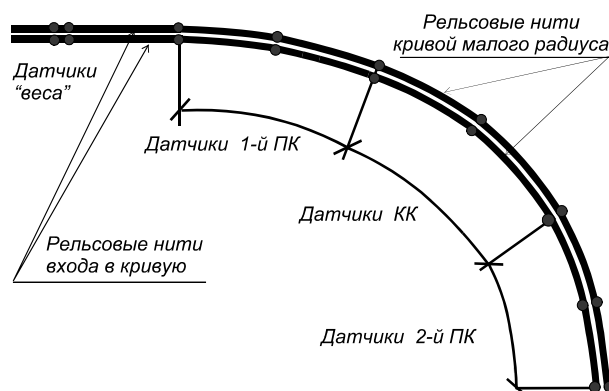


Рис. 2. Расположение тензометрических датчиков на кривом участке пути

Измерительный комплекс позволяет определить напряжения в наружной и внутренней кромках подошвы рельсов, а также в наружной кромке остряков и давление на шпалу в целом на прямых или кривых участках пути. Для этой цели используются специальная конструкция сдвоенных датчиков, которые устанавливаются в определенном порядке. На участке кривой малого радиуса (350 или 600 м) можно установить под каждой нитью рельса семь сдвоенных датчиков и четыре на входе в кривую. Соотношение поперечной и вертикальной сил (L/V) определяются программной обработкой результатов измерения. Сдвоенные измерительные датчики устанавливаются под подошвами рельсов и имеют малые габариты, что делает их возможными в работе на стрелочных переводах. Весоизмерительное устройство может с успехом применяться для оценки динамической загруженности колесных пар локомотива, как на стадии изготовления, так и в процессе эксплуатации локомотива.

Промышленное предприятие, выпускающее локомотивы, всегда стремится, чтобы любая модель и каждый экземпляр локомотива имели равномерно распределенную нагрузку на рельсовое полотно.

Задачей любого локомотиворемонтного предприятия является обеспечение работоспо-

собности локомотивного парка при сохранении эксплуатационных показателей каждого конкретного локомотива. Одна из проблем эксплуатации – наиболее полное использование сцепного веса локомотива, который не всегда может соответствовать его массе. Если учесть, что тяговые свойства локомотива определяются по наименее загруженной колесной паре, а загруженность колесной пары обеспечивается элементами индивидуального рессорного подвешивания, то правильная регулировка этих элементов играет важную роль. Неправильное распределение масс по осям отрицательно сказывается на ресурсе ТЭД и бандажей колесных пар, влияет на согласованную работу секций локомотива. Выполнить регулировку в локомотивном депо без специального оборудования практически невозможно.

Существенную помощь в определении правильной регулировки элементов индивидуального рессорного подвешивания в условиях динамической работы колесной пары может оказать применение весоизмерительных устройств на основе программно-аппаратных комплексов (ПАК).

Суть способа оценки загруженности локомотивных колесных пар заключается в следующем. Локомотив взвешивается «поколесно» на прямом участке пути. Вес (давление) от каждого колеса тележки локомотива фиксируется тензометрическими датчиками и сигналы, поступающие с них, оцифровываются и обрабатываются с помощью оборудования (см. рис. 1).

Применяя *амплитудно-фиксированный* метод [2] для визуализации измерений, можно получить двумерную или трёхмерную диаграмму распределения динамической загруженности колесной пары, тележки и локомотива и состава.

Геометрическая интерпретация идеальной загруженности колесных пар тележек локомотива может быть представлена в виде горизонтальных компланарных плоскостей при статическом развешивании. В динамическом режиме при идеальной загруженности колесных пар такие плоскости имеют наклон в направлении движения локомотива, что обусловлено реактивными моментами. Назовем условно эти плоскости реактивными. Согласно нормативным документам, допускается возвышение одной нити рельса над другой на горизонтальном участке пути на величину ± 5 мм. Следовательно, реактивные плоскости могут иметь также и поперечный наклон. В условиях динамической

работы реактивные плоскости представляют собой косые плоскости для двухосных тележек и линейчатые поверхности 6-го порядка для трехосных. Поясним по рис. 6 загруженность колесных пар электровоза ЭП1.

Самой незагруженной осью в локомотиве оказалась вторая колесная пара второй тележки, которая отличается на 300 кгс, что является допустимой величиной эксплуатационной характеристики электровоза ЭП1. Подгрузив эту колесную пару, разгрузятся первые колесные пары второй и третьей тележек, а развеска локомотива будет близка к идеальной (см. рис. 3).

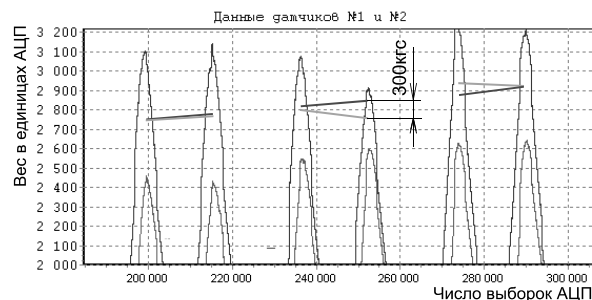


Рис. 3. Диаграмма определения развески колесных пар электровоза ЭП1 в динамическом режиме

Пример наглядного отображения нагрузок на рельсовое полотно при прохождении шестiosного электровоза ВЛ60К со скоростью 14 км/ч показан на рис. 4. Вертикальная шкала, как и на рис. 3, выражена в условных единицах АЦП, на горизонтальной шкале показано число выборок АЦП. «Вес» разряда АЦП составляет 5,5 кг. Неточный развес имеет средняя колесная пара второй тележки электровоза, которая оказалась «легче» загружена на 9 %, что составляет примерно 600 кгс. Как эти проценты отразятся на тяговых свойствах электровоза, и сколько будет экономиться песка на буксовании или юзе? На эти вопросы ответят специалисты данной области. Задача диагностики заключается в том, чтобы выявить допустимые пределы отклонений эксплуатационных характеристик локомотива от нормативных. Для данного локомотива, на наш взгляд, необходима статическая регулировка элементов рессорного подвешивания в условиях деповского ремонта на основе весоизмерительной системы.

С помощью весоизмерительной системы проводилась проверка загруженности колесных пар тележек и диагностика рессорного подвешивания в условиях динамической работы маневровых локомотивов серии ТЭМ. Были проверены шесть тепловозов этой серии. Среднестатистическое отклонение загруженности колесной пары этих локомотивов составило

± 100 кгс, что говорит о правильной регулировке рессорного подвешивания маневровых тепловозов. Диагностика подобного рода проводилась и для электровозов серии ВЛ80с. При расчете загруженности колесных пар этого локомотива учитывалась работа противоразгрузочного устройства.

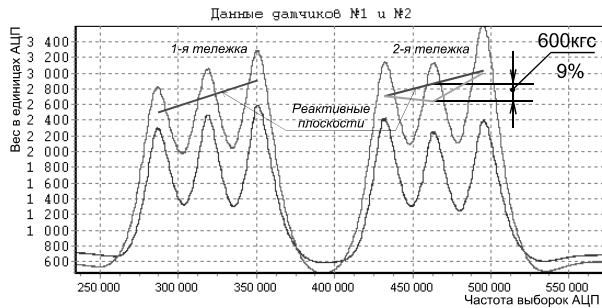


Рис. 4. Визуализация нагрузок колес электровоза ВЛ60К

Другим достоинством весоизмерительной системы является возможность оценки некруглости бандажей колесных пар подвижного состава. Пример оценки некруглости колес тепловоза ТЭМ2 № 6476 показан на рис. 5. При прохождении тепловоза по весоизмерительному устройству со скоростью 9 км/ч отмечались ударные нагрузки на рельс, которые достигали до 500 кгс. Хотя «виновником» является ползун на одном колесе, удар передается и второму колесу пары.

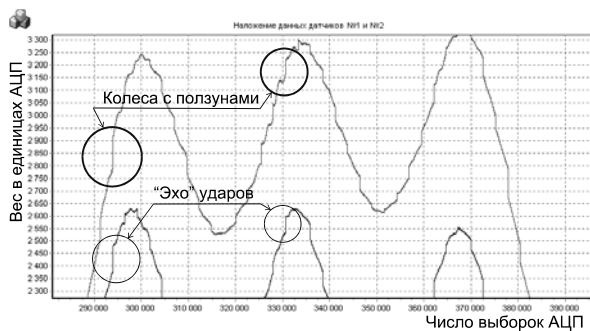


Рис. 5. Визуализация ударных воздействий колес тепловоза ТЭМ2

На рис. 5 два удара выделены окружностями, причем источник указан утолщенным контуром. Анализируя результаты измерений подвижного состава на предмет некруглости колес, можно сделать вывод о том, что этот уровень ударных нагрузок при скорости движения 9 км/ч будет намного выше на более высоких скоростях, что

может привести к возможному риску аварии ПС [3].

Таким образом, применяя предлагаемую автоматизированную измерительную систему для исследований проблем железнодорожного транспорта, можно ожидать следующие результаты:

- отсутствие грузоприемного устройства весоизмерительной системы позволяет встраивать ее в железнодорожные прямые, кривые и стрелочные переводы;
- отсутствие ограничения скорости прохождения подвижного состава по исследуемому участку является основным условием их применения на главных магистралях;
- программно-аппаратный комплекс предполагает его использование в полевых условиях;
- наличие визуализации измерительных данных в совокупности определяет новый инструментарий для специалистов-исследователей;
- совокупность измерительных данных служит основой для выработки технологических условий эксплуатации железной дороги конкретного региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Весоизмерительное устройство [Текст]: пат. № 62699 / Панченко А. А., Власьевский С. В., Дё Ден Бок. – 20.10.2006.
2. Панченко, А. А. Программно-аппаратный комплекс для измерения боковых сил, возникающих при движении подвижного состава в кривых малого радиуса [Текст] / А. А. Панченко, С. В. Власьевский // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2006. – № 2. – С. 64-68.
3. Власьевский, С. В. Автоматизированные весоизмерительные комплексы как инструментарий обеспечения комплексной безопасности [Текст] / С. В. Власьевский, А. А. Панченко // Сб. науч. тр. по материалам науч.-практ. конф. «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте '2007» (1 – 15 июня 2007 г.). – Т. 1. Транспорт. Физика и математика. – С. 47-54.

Поступила в редколлегию 24.09.2008.