

Методы измерения сил в контакте колесо — рельс

Применение современных систем для определения сил в зоне контакта колесо — рельс способствует снижению экономических затрат и количества выходов из строя подвижного состава. Кроме того, новая измерительная техника способна отображать картину распределения сил в зоне контакта.

Состояние железнодорожно-го пути имеет важное значение в обеспечении безопасности движения, поскольку в значительной степени определяет характер взаимодействия с ним подвижного состава, а также распределение сил в точке контакта колеса с рельсом в процессе движения подвижного состава и является источником динамического возбуждения колебаний вагона или локомотива. Отсюда следует, что от состояния пути зависят надежность, быстрота и комфортность доставки пассажиров и грузов.

В свою очередь, к подвижному составу предъявляется особое требование — обеспечить максимально равномерное распределение сил в точке контакта колесо — рельс. Для решения этой задачи при изготовлении и техническом обслуживании подвижного состава выполняется соответствующая регулировка ходовой части экипажа и проверяется распределение сил в точке соприкосновения колеса с рельсом с помощью специальной измерительной техники, а при необходимости вносится корректировка.

Равномерное распределение сил в точках контакта колес с рельсами дает значительные экономические преимущества как компаниям — владельцам инфраструктуры, так и компаниям, эксплуатирующим подвижной состав. Путь и подвижной

состав подвергаются более равномерно распределенным, а значит, оптимальным нагрузкам.

Способы определения сил в контакте колесо — рельс

Компании — изготовители подвижного состава, компании-перевозчики и промышленные предприятия имеют в своем распоряжении много разных измерительных систем и технологий для определения сил в точках соприкосновения колес с рельсами, начиная от самых простых, например мобильных, измерительных устройств и кончая сложными комбинированными системами, состоящими из измерительного пути и метрологической техники.

В целом системы подразделяются на статические и динамические. Последние используются для измерений в процессе движения подвижного состава. Исследователи системы колесо — рельс не пришли к единому мнению о том, какие нагрузки следует рассматривать: действующие на отдельную ось, на тележку или на весь вагон. Кроме того, существуют разногласия по конструкции измерительных участков, в частности о том, какой путь на них должен быть — со стыками или без стыков. Большое влияние на точность и надежность измерений оказывают окружающая среда и такие

природные факторы, как температура, влажность и т. д.

Нередко в ходе проверок и регулировок недооценивается значение измерительной техники и требований, предъявляемых к точности измерений. Бытует мнение, что для этих целей точность $\pm 1\%$ вполне достаточна. Измерительные системы и способы измерений, ориентированные на такую точность измерений, реализуются достаточно быстро из-за их невысокой стоимости. Однако здесь финансовый фактор не является главным, хотя он и существен в вопросе приобретения измерительного оборудования. Точность измерений должна быть достаточно высокой. В связи с этим важно еще на этапе составления технического задания (комплекса требований) более тщательно прорабатывать этот вопрос. В процессе технических измерений всегда требуется высокая точность и воспроизводимость получаемых результатов, что позволяет с достаточной надежностью проследить реальные изменения различных влияющих факторов.

На рис. 1 показано, почему высокая точность измерений и учет всех влияющих факторов необходимы для систем, определяющих силы в точках контакта колеса с рельсом. Так, если компания-изготовитель и/или компания-перевозчик установили, например, величину допуска для сил в точке контакта $\Delta f_R = \pm 5\%$, то прежде всего потребуется оценить ожидаемый диапазон разброса значений (сумму погрешностей воспроизводимости) в результате применения выбранного способа измерения. Типичные погрешности воспроизводимости вытекают, например, из погрешностей, вносимых гистерезисом пружин и гасителей колебаний в рассматриваемой единице подвижного состава, воздействием тягового привода, положением оси в колее и геометрией пути. Это характерно как для стационарных систем в депо и на ре-

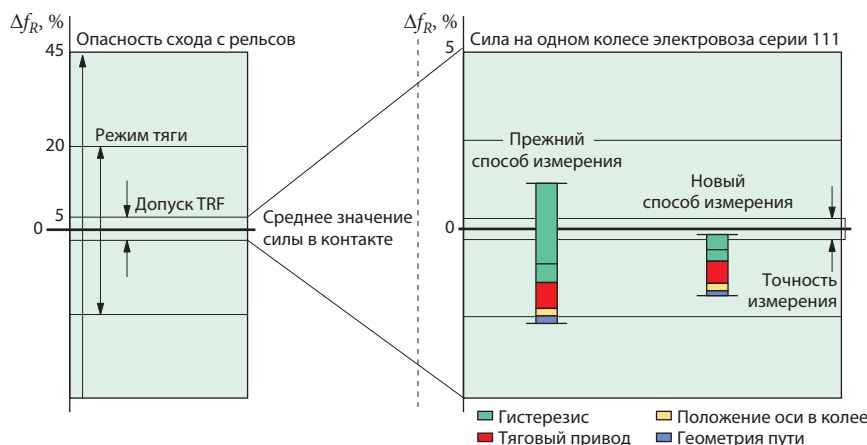


Рис. 1. Сравнение методов измерения, имеющих разную степень точности

монтажных заводах, так и для мобильных диагностических установок. В связи с этим рациональнее проводить точные измерения таким образом, чтобы каждый отдельный влияющий фактор можно было исследовать с высокой степенью достоверности. Однако в любом случае точность измерения сил должна быть как минимум в 5 раз выше, чем сумма погрешностей воспроизводимости применяемого метода.

Физические основы процесса измерения сил в контакте колесо — рельс

Насколько разнообразны способы измерения, настолько же многообразны принципы действия систем (рис. 2), которые используются для измерения осевых нагрузок. Уже несколько десятилетий в технике взвешивания и измерения силы повсеместно используется принцип определения высоких номинальных нагрузок с помощью тензометрических датчиков (DMS) из-за его высокой надежности и высоких измерительных качеств.

Подлежащее метрологической проверке измерительное оборудование можно тестировать исключительно с помощью тензометрической техники, так как лишь она может обеспечить удовлетворение высоких требований, предъявляемых

к степени защиты, электромагнитной совместимости и температурным характеристикам проверяемого устройства.

Что касается конструктивного исполнения, то схемы, построенные согласно рис. 2, имеют измерительные системы для определения сил в точке контакта гребня бандажа с внутренней гранью головки рельса и в точке контакта поверхности катания колесного бандажа с поверхностью катания головки рельса. Идеальным местом измерения суммарных сил в реальных условиях эксплуатации является пространство между рельсом и шпалой. Мешающие воздействия при измерениях можно подавлять с помощью специальных датчиков.

Достижение необходимой точности измерений

Точность измерения вертикальной силы в месте контакта многими стандартными взвешивающими устройствами, построенными на базе тензодатчиков DMS, находится обычно в пределах 0,2–1% и выше. Однако следует отметить, что только при соответствующей адаптации к конкретному рельсу достигается точность такого порядка для реального режима измерения. Указанные взвешивающие устройства по-разному реагируют на малейшие из-

менения нагружения и разгрузки, а также на дополнительные мешающие силы и моменты. Измеряемые усилия должны автоматически передаваться датчиками силы или дополнительными опорными устройствами на блок оценки результата. Подобные опорные устройства очень сложно устанавливать, они практически никогда не бывают без зазоров и всегда требуют технического обслуживания. В связи с этим в технике измерения действующих нагрузок используются весовые балки специальной конструкции, устанавливаемые под рельсом. Они монтируются без зазоров на болтах, плотно фиксируются и обеспечивают передачу всех действующих сил и моментов. При этом составляющие вертикальной силы измеряются с точностью 0,4%.

Система для определения сил в точках контакта колес локомотива с рельсами

Техническое обслуживание и ремонт большей части электровазов, эксплуатируемых в данное время на сети железных дорог Германии (DB), выполняется в локомотивном депо Дессау компании DB Fahrzeuginstandhaltung, входящей в состав холдинга DB. Ревизии, модернизация, внесение усовершенствований и устранение крупных повреждений осуществляются здесь на электровазах почти всех серий.

Технические и экономические требования, предъявляемые к системе для определения сил в контакте колес — рельс с точки зрения современного ремонтного предприятия, можно коротко сформулировать как задачу сокращения затрат и снижения частоты отказов. В соответствии с этим испытательное оборудование должно быть автоматизированным и обеспечивающим высокую степень точности. При этом желательно, чтобы у современных испытательных установок был потенциал для дальнейше-

го усовершенствования на базе использования улучшенных методик и технологий.

Необходимыми условиями являются соблюдение и выполнение требований ЕВО (Правил строительства и технической эксплуатации железных дорог Германии), обеспечение степени точности измерений, обозначаемой на сети DB как TRF Modul 0014, а также протоколирование, сохранение и обработка данных в соответствии с действующими на DB инструкциями.

В данном случае в системе для определения сил в контакте колеса — рельс предприятием были поставлены высокие требования. На опытном образце (конкретном локомотиве) нужно было определить все силы, действующие в точках контакта колес с рельсами с точностью выше 0,25% без смещения локомотива в промежутках между взвешиваниями. С помощью целенаправленного изменения высоты расположения относительно базового уровня измерительного пути датчиков под каждым колесом были смоделированы реакции установки на реальные изменения условий в зонах контакта колес с рельсами. При этом моделирование изменений в установке проводилось в сторону увеличения и уменьшения высоты расположения датчиков.

Для точной установки заданной высоты подъема требовалась особая точность исполнения конструкции с максимальной воспроизводи-

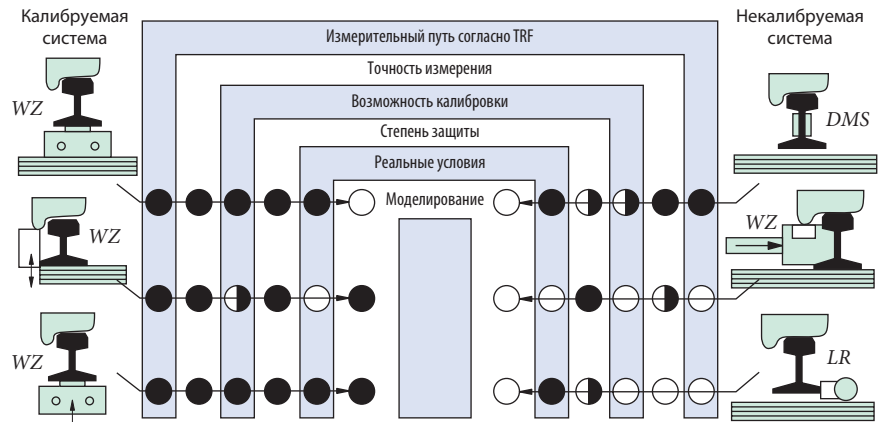


Рис. 2. Принципы построения систем, применяемых для измерения сил в контакте колеса — рельс:

DMS — тензометрические датчики; WZ — измерительный инструмент; LR — лазерная система измерения

мостью результатов. Для достижения этой задачи была также применена электромеханическая схема, позволяющая воспроизводить регулируемые по величине сил или перемещений параметры измерительных датчиков. Рассмотренная технология, основанная на применении весовых балок, обеспечила выполнение задачи с помощью техники взвешивания без зазоров между рельсом и весовой балкой. Преимуществом является также и то, что в процессе измерения смотровая яма остается доступной для персонала.

Выводы

С помощью системы для определения сил в точках контакта колес с рельсами в автоматическом режиме

одновременно определяются и регистрируются силы, действующие в зонах контакта всех колес с рельсами. При этом перемещение испытываемого локомотива не требуется. В результате изменения высоты подъема датчиков под колесами можно получить дополнительную информацию о гистерезисной характеристике действия сил. Таким способом можно смоделировать изменения положения пути, имеющие место в реальной эксплуатации, и с помощью полученных на этом основании характеристик вертикальных перемещений для каждого отдельного колеса оптимизировать распределение сил в зонах контакта колес с рельсами реального пути.

По материалам компаний DB
Fahrzeuginstandhaltung u Schenck Process.

Редакция журнала

«Железные дороги мира»

приглашает на внештатную работу переводчиков с английского, немецкого и французского языков, имеющих опыт работы на железнодорожном транспорте и проживающих в Москве или Московской области.

Обращаться по телефону (499) 317-55-65 или по электронной почте zdm@css-rzd.ru.