

Совершенствование технических средств для инспектирования пути

Получить доступ для проведения инспектирования пути на линиях с высокой интенсивностью движения становится все сложнее, а само предоставление окон обходится все дороже. В то же время действующие нормативные документы, например Директива ЕС по безопасности на железных дорогах, требуют эффективного контроля за состоянием инфраструктуры и подвижного состава. В связи с этим получают распространение менее затратные методы инспектирования.

После проведенного в большинстве европейских стран разделения железных дорог на компании, занятые собственно эксплуатационной деятельностью, и компании, обеспечивающие текущее содержание и ремонт инфраструктуры, возникла тенденция к углублению расходов в вопросах управления подвижным составом и инфраструктурой, хотя в свое время даже на единых государственных железных дорогах ответственность за отдельные направления работы, как правило, распределялась между

соответствующими подразделениями. В какой-то степени подобную тенденцию можно объяснить недостатком четких доказательств или данных, характеризующих зависимости между состоянием этих двух составляющих основных фондов железных дорог, несмотря на признание факта взаимодействия пути и подвижного состава в процессе эксплуатации.

В настоящее время операторы все более явно осознают взаимозависимость износа/старения пути и подвижного состава и в ряде случаев признают эффективность интегрированного подхода. Так, на железных дорогах с тяжелыми режимами эксплуатации он подразумевается изначально, а служба главного инженера несет ответственность за состояние и работу как пути, так и подвижного состава.

Нормативные документы

С принятием Директивы ЕС по безопасности на железных дорогах значение мониторинга технического состояния инфраструктуры и подвижного состава значительно

повысилось. Ответственность за обеспечение безопасности эксплуатационного процесса возлагается на всех участников перевозки: компанию-оператора, владельца инфраструктуры, собственника и распорядителя подвижного состава, а также на лиц или организации, ответственные за загрузку вагонов. Все участники имеют свои задачи и обязанности, зафиксированные в национальных и международных нормативных документах, а также в стандартах и конкретных контрактах.

Решение этих задач без непропорционального распределения расходов требует все более широкого внедрения дистанционного мониторинга состояния и эффективного взаимодействия систем и оборудования, будь то путь, система электроснабжения или подвижной состав. В этих условиях возрастает значение технических средств для обследования инфраструктуры и автоматизированных напольных измерительных систем.

Путеинспекционные вагоны и поезда нашли широкое применение для измерения различных параметров верхнего строения пути и проверки их соответствия действующим допускам, которые регламентируются как нормами безопасности, так и требованиями плавности хода. В некоторых случаях измерительный подвижной состав движется по обследуемым участкам с такой же скоростью, что и графиковые поезда. К числу наиболее эффективных средств контроля состояния пути относятся путеинспекционные поезда Doctor Yellow (Япония, рис. 1), Archimede (Италия, рис. 2) и New Measurement Train (Великобритания, рис. 3).

С помощью подвижного состава для инспектирования пути можно собирать большой объем данных, которые могут быть обработаны на борту, сохранены для дальнейшей выгрузки или переданы для обработки в удаленный центр.



Рис. 1. Поезд Doctor Yellow

Получаемая информация используется для оценки необходимости выполнения срочных работ по текущему содержанию или ремонту пути и планирования мероприятий по обслуживанию пути на краткосрочную и долгосрочную перспективу, а также для контроля эффективности уже проведенных работ. Компании-операторы инфраструктуры имеют возможность использовать эту информацию для получения подробной картины состояния пути и сооружений на всей обслуживаемой сети, что позволяет выявлять тенденции поведения отдельных элементов и определять проблемные участки, требующие особого внимания.

Современные путеизмерительные устройства с новейшей оптической и видеозаписывающей аппаратурой позволяют получать двух- и трехмерные изображения с высоким разрешением и снабжены современным программным обеспечением, дающим возможность автоматически анализировать различные отклонения от норм и дефекты. Так, разработанная компанией MerMes (Италия) система видеоконтроля верхнего строения пути, получившая обозначение V-Cube, позволяет автоматически распознавать и обследовать различные элементы инфраструктуры. С ее помощью возможно выявлять дефекты 26 типов с соответствующей количественной их оценкой. Сопоставление получаемой информации с другими имеющимися данными позволяет устанавливать причины возникших дефектов, темп их развития и планировать проведение операций по текущему содержанию пути в соответствии с его фактическим состоянием.

Дистанционное обследование пути

К недостаткам специальных путеинспекционных вагонов и поездов относятся достаточно высокая

стоимость и необходимость предоставления для них ниток графика, которые могли бы быть использованы для пропуска других поездов на коммерческой основе. Кроме того, достаточно сложное путеизмерительное оборудование требует привлечения высококвалифицированного персонала для управления и обслуживания.

На практике лишь достаточно крупные железные дороги могут позволить себе использование собственных путеинспекционных вагонов или поездов. Необходимость экономного расходования денежных средств заставляет изыскивать альтернативные методы контроля состояния пути и других элементов инфраструктуры, требующие меньших затрат. Небольшие компании-операторы инфраструктуры чаще заказывают проведение инспекций пути специализированным организациям по принципу аутсорсинга или используют ручные путеизмерительные устройства. В сложившейся ситуации растет интерес операторов к системам дистанционного или автоматического контроля. Такие системы могут устанавливаться на подвижном составе, находящемся в коммерческой эксплуатации, что стало возможным благодаря совершенствованию электронной аппаратуры, применению технологий беспроводной связи, повышению надежности компонентов измерительных устройств. Малые габариты позволяют устанавливать дистанционные измерительные системы на тележках подвижного состава и подключать их к компактным процессорам, размещаемым в локомотивах, пассажирских или грузовых вагонах.

До сих пор сравнительно немногие операторы применяют системы дистанционного мониторинга инфраструктуры, частично из-за недостаточной осведомленности в преимуществах таких систем, частично — вследствие сомнений по поводу их окупаемости, а также из-за



Рис. 2. Интерьер поезда Archimede

наличия у предлагаемых технологий некоторых эксплуатационных ограничений. К ним, например, относятся сомнения в достоверности полученных данных и точности определения места расположения обнаруженных дефектов. Однако, по мнению специалистов компании MerMes, результаты измерений, выполненных с помощью систем дистанционного контроля, сопоставимы по своей точности с получаемыми при использовании специальных путеинспекционных поездов и вагонов, обслуживаемых соответствующим персоналом.

Преимущества дистанционного контроля

К преимуществам дистанционного контроля состояния пути относятся возможность значительного сокращения периодичности



Рис. 3. Поезд New Measurement Train

инспекций и уменьшения за счет этого эксплуатационных расходов. Результаты обследования могут быть получены настолько часто, насколько подвижной состав, снабженный измерительным оборудованием, проходит по контролируемому участку. Достаточно частое инспектирование обеспечивает регулярное получение результатов измерений, благодаря чему компании-операторы инфраструктуры постоянно располагают достоверной информацией о фактическом состоянии пути.

Дистанционный контроль также позволяет оперативно выявлять неожиданные изменения состояния элементов инфраструктуры, контролировать скорость их износа в любой точке обслуживаемого участка и более точно прогнозировать сроки замены элементов верхнего строения пути. Более того, становится возможным определение различий в темпах износа для элементов инфраструктуры определенных типов, что создает базу для перехода от корректирующего к планово-предупредительному обслуживанию.

Разработанное компанией MerMec программное обеспечение, предназначенное для оптимизации принимаемых решений при организации текущего содержания элементов инфраструктуры и

получившее обозначение RAMSYS (Railway Asset Maintenance System), позволяет моделировать их износ и разрабатывать принципы текущего содержания на весь расчетный срок службы. Это в свою очередь дает возможность оптимизировать планирование и контроль выполнения работ по текущему содержанию и обновлению пути, проводимых как по мере возникновения таковой необходимости, так и в планово-предупредительном порядке.

Еще одним преимуществом систем автоматического обследования пути является возможность оперативного получения информации о качестве выполненных работ.

Компания MerMec предоставляет операторам инфраструктуры услуги по установке на подвижной состав автоматических систем инспектирования нескольких модификаций, эксплуатируемых по принципу plug and play («подключи и работай»). В их состав входят устройства для определения местоположения в реальном времени и автоматического возобновления работы в случае, если процесс сбора данных был по какой-либо причине прерван. Предусмотрена возможность самодиагностики подсистем управления и передачи данных при отказе контрольного оборудования или устройств передачи данных.

Из предлагаемых компанией MerMec средств дистанционного контроля наибольшей популярностью пользуются системы измерения геометрических параметров пути, профиля рельсов, их волнообразного износа и параметров плавности хода подвижного состава, а также контроля геометрических параметров контактной подвески и износа ее элементов. Такие системы применяют администрация городского транспорта Парижа (RATP), североамериканская железная дорога Canadian Pacific, оператор высокоскоростных железнодорожных линий Taiwan High Speed Rail на о. Тайвань (Китай), британская

компания инфраструктуры Network Rail.

Дистанционный мониторинг инфраструктуры внедряется и в США, где Федеральная железнодорожная администрация (FRA) использует несколько вагонов, оснащенных системами контроля геометрических параметров пути, для обследования около 50 тыс. км путей в год и планирует увеличить протяженность обследуемых ежегодно путей до 160 тыс. км. Ряд других организаций экспериментируют с различными системами автоматизированного контроля элементов инфраструктуры.

Железная дорога Union Pacific использует 22 вагона для ультразвуковой дефектоскопии рельсов и два путеинспекционных вагона типа EC-5 (рис. 4) компании Plasser & Theurer. Union Pacific оснастила устройствами дистанционного мониторинга десять тепловозов и один вагон-хоппер, обращающиеся на угольных маршрутах. Поставленное британской компанией Ensco оборудование позволяет контролировать параметры взаимодействия пути и подвижного состава с целью выявления отклонений, которые могут быть вызваны дефектами пути. Так, значительные отклонения в вертикальной плоскости могут быть обусловлены проблемами, имеющими место на стыках, или дефектами в самих рельсах. Использование таких систем оказалось настолько эффективным, что Union Pacific планирует дополнительно закупить десять подобных устройств, девять из которых будут установлены на тепловозы, а одно — на вагон-хоппер для перевозки угля.

Опыт эксплуатации дистанционных систем контроля

В Великобритании дистанционный контроль параметров инфраструктуры успешно внедрен в



Рис. 4. Путеинспекционный вагон типа EC-5

повседневную практику. Несколько автоматических систем установлены на подвижном составе, находящемся в регулярной эксплуатации. В частности, оборудование компании MerMec обеспечивает автоматический сбор и передачу файлов данных о геометрических параметрах пути на станционные устройства через беспроводную связь Wi-Fi. Из этих точек сбора данных информация передается по сети Интернет на сервер, установленный в центре обработки информации Network Rail в г. Дерби. Разработанное MerMec программное обеспечение автоматически обнаруживает поступившие новые файлы данных измерений и преобразует их в файлы реальных геометрических параметров пути.

Network Rail также пользуется разработанным компанией DeltaRail (Великобритания) оборудованием TracklineTwo для автоматического контроля и регистрации геометрических параметров пути. Одна из таких систем в течение года проходила испытания на путеинспекционном поезде New Measurement Train и в октябре 2010 г. использовалась при инспектировании магистральных линий сети, заменив входящий в состав поезда путеизмерительный вагон, который проходил техническое обслуживание.

Фиксирующая различные параметры с помощью бесконтактных оптических и инерционных устройств установка TracklineTwo состоит из двух монтируемых на тележке блоков оборудования, в состав которого входят высокоточные видеокамеры и приборы, использующие лазерную технологию. Собранные данные поступают в процессорный блок, который может быть установлен под сиденьем или на багажной полке, и далее передаются по беспроводной связи Wi-Fi или иным способом в офисную систему управления инфраструктурой.

Еще одна установка TracklineTwo смонтирована на многоцелевом

инспекционном вагоне Network Rail, используемом главным образом для обследования стрелочных переводов, пересечений и путей в депо. Измерительный вагон оснащен также блоком оборудования для видеонаблюдения. Применяемая технология дистанционного контроля состояния элементов инфраструктуры еще нуждается в совершенствовании, и ее дальнейшее развитие зависит от потребностей рынка.

Первое поколение систем дистанционного контроля геометрических параметров пути в некоторых случаях не обладает достаточной надежностью, а их эксплуатационные характеристики не вполне соответствуют действующим требованиям. Компания DeltaRail значительно продвинулась вперед с точки зрения повышения уровня работоспособности и снижения затрат на их обслуживание и градуировку путем интеграции необходимых подсистем в модульный блок и процессор. Такой подход должен стимулировать развитие рынка систем дистанционного контроля пути.

Поскольку некоторые операторы вообще не проводят регулярные инспекции пути, использование дистанционных систем контроля ставит задачу обработки большого объема данных, что может стать препятствием для их широкого распространения. В связи с этим компания DeltaRail предлагает интегрированный комплект продуктов, включающий системы TracklineTwo, TrackMaster (сопровождения текущего содержания пути) и Vamrigе (моделирования динамики подвижного состава), которые обеспечивают сбор и трансформирование данных в удобные для пользования информационные массивы. Интегрирование этих продуктов позволяет прогнозировать износ элементов верхнего строения пути, выявлять тенденции в изменении его геометрических параметров, а также планировать работы по текущему содержанию и ремонту. Так,

использование предлагаемых компанией DeltaRail систем позволяет на 40% снизить расходы на подбивку балласта. Задача компании состоит в разработке таких систем, применение которых позволяет заказчикам снижать эксплуатационные расходы.

Оборудование для дистанционного контроля элементов инфраструктуры может быть установлено на подвижном составе различных типов. Так, в Великобритании оборудованием компании DeltaRail оснащена многоцелевая машина для текущего содержания пути и контактной сети, поставленная компанией Windhoff Bahn- und Anlagentechnik (Германия) и предназначенная для использования на высокоскоростной магистрали High Speed 1. Аналогичная универсальная машина, оснащенная системой дистанционного контроля пути, эксплуатируется на магистрали Западного побережья.

Некоторые из новейших многоцелевых путевых машин компании Windhoff спроектированы с учетом обязательного размещения оборудования для дистанционного контроля.

Компания Raildiagnostics (Феррара, Италия) является еще одним поставщиком систем контроля состояния пути с использованием видеоаппаратуры, которую можно устанавливать на любом эксплуатируемом подвижном составе. Лазерная система Optotrack с шестью видеокамерами контролирует профиль рельсов и их износ, в том числе волнообразный, ширину колеи, сдвиг и перекос пути, возвышение наружного рельса в кривых.

Таким образом, системы дистанционного контроля находят все более широкое применение, хотя внедрение столь значительных инноваций требует определенного времени. Дистанционный мониторинг состояния элементов инфраструктуры должен стать для железных дорог общепринятой



Рис. 5. Путьинспекционный поезд UST 02

практикой, а соответствующее оборудование будет массово устанавливаться на подвижном составе.

Путьинспекционный подвижной состав

В то же время, например, компания Eurailscout (Амерсфорт, Нидерланды) считает предпочтительным применение традиционных путьинспекционных поездов или специализированных вагонов, а не использование дистанционного контроля. Высококчувствительные устройства, используемые для контроля состояния пути, являются слишком специфичными для работы в достаточно жестких реальных условиях эксплуатации железных дорог. Кроме того, при установке систем



Рис. 6. Путьинспекционный поезд UFM 160

дистанционного контроля на обычном подвижном составе существенно усложняется доступ к их оборудованию для обслуживания.

Компания Eurailscout предоставляет услуги по обследованию инфраструктуры железных дорог и анализу полученных данных в странах Европы. Для измерения геометрических параметров пути и контроля состояния рельсов она предлагает использовать путьинспекционные поезда типов UST 02 (рис. 5) и UST 96, которые обеспечивают эффективное обследование пути при движении со скоростью до 100 км/ч. Более современные поезда, в частности поезд UFM 160, разработанный компанией Plasser & Theurer (рис. 6), выполняют измерения при движении со скоростью до 160 км/ч.

В состав оборудования, устанавливаемого на путьинспекционных поездах компании Eurailscout, входят видеокамеры для визуального обнаружения дефектов рельсов, лазерные оптические и инерционные приборы для измерения геометрических параметров пути, лазерное оборудование для обнаружения волнообразного износа рельсов, ультразвуковые приборы для обнаружения вмятин и сколов и вихретоковый детектор для выявления микротрещин в головке рельса. Для исследования состояния балластной призмы и выявления мест накопления воды возможно использование радиолокации.

Поскольку привлечение для инспекции пути сторонних организаций обходится операторам дешевле, чем приобретение и эксплуатация специализированной путьинспекционной техники, услугами компании Eurailscout пользуются железные дороги многих стран Европы. При этом один и тот же путьинспекционный поезд может работать, например, в Бельгии, Германии, Норвегии, Словении, Швейцарии и Турции.

Однако путьинспекционный поезд, пригодный для работы на железных дорогах разных стран с различными системами сигнализации и управления движением, стоит дорого. Менее дорогой альтернативой, предлагаемой компанией Eurailscout, является двухосный инспекционный вагон типа MUV, не требующий присутствия персонала. Выпуск первого экземпляра вагона MUV был приурочен к открытию международной выставки InnoTrans в сентябре 2010 г. После завершения выставки он был передан компании — оператору инфраструктуры железных дорог Италии RFI. Поступил заказ на второй такой вагон. К концу 2011 г. планируется изготовить еще два экземпляра.

Первый вагон MUV предназначен для обследования стрелочных переводов и пересечений, однако он может использоваться и для обследования путей на перегонах. Двухосный вагон с базой, равной 4 м, рассчитан на проведение измерений при скорости до 40 км/ч. Измерения выполняются с интервалом 18 мм. Для тяги используется локомотив. Перед поездкой достаточно кратко инструктаж локомотивной бригады, привлечение дополнительного персонала не требуется.

Вагон MUV оснащен лазерными и оптическими измерительными устройствами. Собранные данные передаются в офис компании Eurailscout для обработки. Благодаря достаточно малым габаритам вагон может быть доставлен к месту проведения инспекций на грузовом автомобиле, что дешевле по сравнению с использованием самоходного инспекционного поезда, для проследования которого по линиям железных дорог различных стран требуется получение разрешения. Еще одним его преимуществом является возможность использования на линиях разной колеи.

В дальнейшем компания Eurailscout планирует оснащать свои пу-

теинспекционные вагоны оборудованы для ультразвуковой дефектоскопии рельсов, однако их эксплуатация требует обязательного присутствия во время обследований специально обученного персонала.

Система TrackSafe

Заслуживают внимания путеинспекционные устройства ручные или на комбинированном автомобильно-рельсовом ходу, которые занимают обследуемые перегоны только в процессе измерений. Такие агрегаты предлагает, например, компания Zeta-Tech (Черри-Хилл, США), выпускающая ручные тележки для обследования шпал (Tie-Inspect), перегонных путей (Track-Inspect) и стрелочных переводов (SwitchInspect).

Разработанная компанией система анализа безопасности взаимодействия пути и подвижного состава в реальном времени Track-Safe может использоваться совместно с бортовым путеизмерительным оборудованием для выявления мест, где действуют небезопасные динамические нагрузки. Обеспечивается контроль прямолинейности пути, возвышения наружного рельса в кривых, наличия перекосов, состояния поверхностей рельсов и некоторых других параметров.

Система TrackSafe позволяет одновременно моделировать поведение подвижного состава нескольких типов при разной скорости движения. Собранные данные о геометрических параметрах пути используются для оперативно прогнозирование таких нарушений нормального движения вагонов, как подпрыгивание, боковая качка, виляние, а также вертикальных ускорений и нагрузок от колес

на рельсы. Все эти явления система способна прогнозировать для любого конкретного участка пути. На основе установленных предельных значений контролируемых параметров выполняется прогнозная оценка вероятности отклонений вагонов от нормальных динамических характеристик и возможности их схода с рельсов. Определен на обследуемом перегоне места повышенного риска, с помощью системы TrackSafe их можно распределить по степени приоритетности, предоставляя таким образом информацию, необходимую для принятия решений о проведении ремонтных работ или иных мероприятий.

Оборудование компании Amberg Technologies

Компания Amberg Technologies (Швейцария) первоначально присутствовала на рынке как поставщик устройств для контроля геометрических параметров тоннелей и мостов. В дальнейшем ею были созданы ручные системы измерения геометрических параметров пути и контроля габаритов GRP 1000 и GRP 3000 (рис. 7). Компания предлагает также программное обеспечение и приборы различного назначения, в том числе для измерения геометрических параметров пути и контроля прямолинейности безбалластного пути.

Amberg Technologies активно работает в Италии, где контролирует геометрические параметры пути на балластном основании на сети высокоскоростных линий. Аналогичная работа проводится в Испании, а также в Китае, где разработанное компанией оборудование используется для контроля геометрии без-



Рис. 7. Устройство GRP 1000 компании Amberg Technologies

балластного пути на быстро расширяющейся сети высокоскоростных пассажирских линий. Здесь допустимы отклонения в вертикальной плоскости в пределах ± 1 мм.

Впервые оборудование компании Amberg Technologies было использовано в Китае для проверки точности укладки 24 стрелочных переводов и геометрических параметров безбалластного пути на высокоскоростной линии Пекин — Тяньцзинь протяженностью 114 км перед вводом магистрали в эксплуатацию. Для этого применялись восемь устройств типа GRP 1000, равномерно распределенных по линии, с помощью которых в режиме реального времени вели контроль параметров пути. Аналогичное оборудование использовалось при обследовании высокоскоростной магистрали Пекин — Шанхай, готовящейся к вводу в регулярную эксплуатацию. Среди новых разработок компании — цифровое измерительное оборудование, применение которого предполагает потенциал экономии до 70% расходов, необходимых при выполнении измерений вручную.

M. Hughes. Railway Gazette International, 2010, № 11, p. 43–46; материалы компаний MerMec (www.mermecgroup.com), Eurailsout (www.eurailsout.com), Zeta-Tech (www.zeta-tech.com) и Amberg Technologies (www.amberg/ch/at).