

Автоматизация инспектирования пути

Ключевым аспектом стратегии механизации и автоматизации процессов инспектирования, которую разрабатывает компания инфраструктуры железных дорог Великобритании Network Rail, является переход от системы непланового устранения дефектов по мере возникновения к системе их прогнозирования и предупреждения. Можно использовать новые технологии выявления неисправностей, но лучше направить усилия на мониторинг пути (как по геометрическим параметрам, так и по состоянию рельсов), чтобы предвидеть момент вероятного их возникновения.

В настоящее время на британских железных дорогах около 2000 специалистов-путейцев заняты инспектированием пути вручную с использованием несложного инструментария. Однако несмотря на в общем случае высокую квалификацию, их суждения носят субъективный характер. Поэтому для страховки при содержании пути выбирается консервативный вариант с меньшими рисками, включающий в том числе повторные осмотры в целях устранения рисков по причине человеческого фактора. Тем не менее следует по возможности избавить персонал от контрольных функций, поручив их различным средствам механизированного (или, в лучшем случае, автоматизированного) контроля, тем более что они сейчас имеются.

Основными достоинствами механизации, а затем и автоматизации измерений параметров пути являются их точность и объективность, обеспечиваемая до, в процессе и после проведения работ по текущему содержанию и ремонту пути, что исключает необходимость в последующем повторном контроле.

Современная стратегия предусматривает замену визуального и ручного контроля везде, где это возможно и экономически целесообразно. Поэтому в настоящее

время механизированный и автоматизированный контроль с применением специальных мобильных измерительных тележек, вагонов и поездов осуществляется, главным образом, на магистральных линиях и на участках с бесстыковым путем, которые лучше приспособлены для этого (следует отметить, что ранее на магистральных линиях осмотрщики вынуждены были терять до 80 % времени на ожидание свободности пути). Вместе с тем для участков малодеятельных линий с двухголовыми рельсами, деревянными шпалами и т. д. традиционный метод контроля состояния пути «патрулированием» с осмотром, поиском дефектов и последующим выполнением отдельных ремонтных операций с применением простейших средств механизации остается в силе, поскольку здесь, как правило, есть постоянный доступ к пути, скорость и частота движения поездов ниже, а использование высокопроизводительных машин и механизмов экономически неоправданно.

Исходя из условий оптимального использования техники, обеспечения точности и надежности наиболее подходящим полигоном механизированного и автоматизированного контроля являются скоростные линии с интенсивным движением поездов,

где потери, связанные с применением традиционных технологий, особенно заметны.

Основные цели инспектирования

К основным целям инспектирования пути относятся измерение его геометрических параметров и контроль состояния отдельных элементов (особенно рельсов), а также иных объектов инфраструктуры.

Первоначально внимание концентрировалось на определении положения пути (несколько позже — и контактной подвески) в плане. Нарушение исходной геометрии пути является первопричиной возникновения ряда изолированных дефектов, что в свою очередь обуславливает появление и развитие других проблем. Однако при использовании традиционной технологии именно измерение геометрии пути занимает большую часть рабочей смены, причем в светлое время суток, так как ночью такие измерения выполнять нельзя вследствие плохой видимости.

В то же время на скоростных линиях к моменту обнаружения нарушений геометрии пути дело обычно заходит уже достаточно далеко, поскольку допуски здесь измеряются миллиметрами.

Компания Network Rail уделяет внимание также состоянию элементов пути с точки зрения их потери (отсутствия), повреждения, ослабления или износа. Этот аспект контроля также связан с традиционными осмотрами, хотя и не обязательно в светлое время.

Состояние рельсов является одной из самых высокоприоритетных проблем, поскольку дефекты рельсов обычно предвосхищают их излом.

Стратегия механизированного и автоматизированного инспектирования не связана непосредственно с объектами инфраструктуры вне верхнего строения пути — ограждениями, дренажными устройствами, лесонасаждениями, сигналами, пе-

реездами и т. п., потому что с точки зрения безопасности движения поездов осматривать их можно реже. Таким образом, нет необходимости в разработке особых технологий контроля применительно к таким объектам.

Геометрические параметры

Для исключения необходимости в ручном измерении геометрии пути в светлое время суток механизированное и автоматизированное инспектирование, чтобы надежно выявлять тенденции в изменении состояния пути, должно проводиться достаточно часто: на магистральных линиях не реже одного раза в неделю, на пригородных и второстепенных — не реже раза в две недели.

Компания Network Rail в этих целях применяет две технологии. Одна из них основана на использовании нового путеинспекционного поезда, другая — на использовании специально разработанного автоматизированного оборудования, устанавливаемого на вагоны обычных графиковых поездов. Данная технология, применение которой вошло в практику лишь в последнее время, является несомненным достижением специалистов Network Rail и привлеченных компаний-разработчиков, так как ранее для этого было необходимо выделять специальные нитки графика для пропуска отдельных путеинспекционных поездов или вагонов. Еженедельный пропуск путеинспекционного вагона или поезда по загруженным магистральным линиям представляет собой довольно дорогостоящее мероприятие, оснащение же обычного пассажирского вагона легким и малогабаритным оборудованием обходится относительно дешево, а в результате появляется возможность осуществлять измерения пути ежедневно. Естественно, возможны перерывы, когда такой инструмент

ный вагон по тем или иным причинам находится в отстое, но, поскольку измерения и так выполняются часто, это неопасно. Можно, однако, снять и эту проблему, оснастив измерительным оборудованием несколько вагонов.

Состояние элементов пути

Планируемое внедрение механизированного и автоматизированного контроля состояния элементов пути с использованием путеинспекционных вагонов или поездов позволяет существенно уменьшить затраты труда на линиях, где обращаются такие вагоны или поезда. Технически это довольно сложно, поскольку для этого необходимо сочетание разных технологий и оборудования — цифровых видеокамер, лазерных устройств для очистки поверхностей, программного обеспечения для регистрации и распознавания изображений и шума (поскольку дефекты инфраструктуры часто сопровождаются интенсивным шумом). В настоящее время ведется монтаж и опробование такого оборудования, но с некоторыми задержками по вине главного поставщика — компании Cybernetics, которая занята выполнением заказов оборонной отрасли.

Инспектирование стрелочных переводов, поскольку они имеют движущиеся части с критическими допусками на регулировку, все еще осуществляется вручную, и до тех пор, пока автоматизированные системы не смогут собирать и обрабатывать требуемую информацию в объемах, достаточных для оценки состояния объекта или анализа шума от его элементов, необходимо тщательное их обследование через оптимальные интервалы, как это имеет место применительно к мостам. В настоящее время Network Rail разрабатывает систему комплексного инспектирования стрелочных переводов с интервалом 4 – 8

недель, рассчитанную на работу и в ночное время при достаточном освещении.

Диапазон измерений

Новая стратегия опирается не на традиционные осмотры пути «патрулированием», а на измерения в более широком смысле. Речь идет о целом ряде параметров, которые ранее подлежали измерению на месте вручную, причем к этим работам привлекался персонал разных уровней квалификации. Однако в настоящее время можно получать нужную и более точную информацию, и при этом чаще с использованием путеинспекционных вагонов или поездов, тем самым освободив немало людей от работы на пути. Это относится, в частности, к ширине междупутья, потому что соответствующее оборудование может определять взаимное положение рельсов смежных путей, используя в блоке развертки сканирующего устройства лазер, вращающийся со скоростью, недостижимой для подобных устройств, применяемых в других «мирных» отраслях экономики. При движении вагона или поезда со скоростью до 200 км/ч это устройство дает полную картину пути, включая профиль балластной призмы, через каждые 200 мм.

Вскоре путеинспекционные вагоны и поезда можно будет также использовать для измерения бокового износа рельсов, оценки влияния растительности на видимость сигналов и переездов, определения зон уверенного приема радиосвязи, измерения высоты, зигзага и износа контактного провода на электрифицированных линиях.

Техническое и программное обеспечение

Летом 2003 г. компания Network Rail реализовала несколько важных пунктов новой стратегии инспектирования пути.



Рис. 1. Новый путеинспекционный поезд компании Network Rail

Введен в эксплуатацию новый путеинспекционный поезд (New Measurement Train, NMT, рис. 1 и 2). Интересно, что перед этим потребовалось решить такие, казалось бы, далекие от высоких технологичных проблемы, как очистка объек-

тивов камер от налипших насекомых и пыли, выделяемой тормозными колодками.

Вагоны двух поездов серии 168 компании-оператора Chiltern Railways оснащены оборудованием автоматической системы изме-

рения геометрических параметров пути (Unmanned Geometry Measuring System, UGMS). По результатам первого этапа эксплуатации работа системы оценена как успешная.

В изготовлении и поставке систем и оборудования для путеинспекционных поездов и вагонов принимали участие компании:

- Image Map — система LaserRail 3000 для измерения геометрических параметров пути и профиля рельсов (рис. 3);
- Sperry — оборудование для ультразвуковой дефектоскопии рельсов;
- AEA TRechnology Rail — системы выявления неровностей на поверхности катания рельсов по результатам анализа шума при взаимодействии колеса и рельса (NoiseMon), динамического моделирования взаимодействия пути и подвижного состава (Vampire), мониторинга динамических воздействий подвижного состава на путь (WheelChex) и обработки информации о геометрических параметрах пути;



Рис. 2. Салон путеинспекционного поезда NMT

- Fraunhofer — оборудование для бесконтактного измерения параметров контактной подвески;

- Zeta-Tech — система оценки результатов измерений;

Bentley Solution — моделирование виртуальной реальности при оценке результатов измерений;

- Omnicon — система анализа видеоизображений при оценке результатов измерений;

- Eoscene — система управления обработкой информации.

Кроме того, в работах по созданию путеинспекционного поезда участвовали компании:

- Serco Railtest — управление реализацией проекта поезда NMT и его эксплуатацией, поставка оборудования для систем автоматической подачи предупредительных сигналов, телеметрии для инспектирования контактной подвески, а также программного обеспечения системы спутникового позиционирования GPS Navigator;

- Interfleet Technology — монтаж механического, электротехнического и электронного оборудования, приемочные испытания поезда NMT;

- Midland Mainline — капитальный ремонт и модернизация головных моторных вагонов поезда NMT;

- Hunslet Barclay (LH Group) — капитальный ремонт и модернизация прицепных промежуточных вагонов-лабораторий поезда NMT.

Появилась возможность обрабатывать всю собираемую информацию. Действующий технологический процесс основывался на использовании информации о геометрии пути, обновлявшейся, как правило, каждые 3 мес после поступления новых данных с вагонов-путеизмерителей. Теперь же он коренным образом изменен с применением новой технологии, позволяющей обрабатывать большие объемы информации на ежесуточной основе.

Созданы новые базы данных на основе программного обеспечения конечного пользователя и с исполь-

зованием Интернета, что позволило выработать четкие и лаконичные заключения по результатам измерений и их анализа с повышенным уровнем детализации.

Главную роль здесь играет новый Центр технической поддержки в Дерби, созданный службой управления информацией компании Network Rail. Именно отсюда осуществляется контроль за работой путеинспекционных вагонов и поездов. Намного важнее, однако, что теперь центр осуществляет обработку и проверку информации гораздо быстрее. Это отражает произошедшие изменения: при более частых измерениях, осуществляемых путеинспекционными вагонами и поездами, легче выявлять и анализировать тенденции изменения состояния пути и его элементов.

Поэтому с момента внедрения летом 2003 г. технологии автоматизированного инспектирования пути основные усилия концентрировались именно на совершенствовании процесса обработки информации.

Для получения более полной картины состояния пути все в большей степени используется совмещение информации, получаемой из разных источников. Предпринимаются попытки обрабатывать объединенные (дублированные) результаты измерений в рамках автоматизированного рабочего места специалиста-путейца. Выявление и понимание тенденций в разнообразных, но взаимосвязанных аспектах железнодорожной инфраструктуры намного повышают эффективность процесса принятия решений.

Информация разных категорий, накапливаемая в настоящее время и в будущем, может быть использована в компьютерном регистре состояния виртуальной железной дороги, создаваемом компанией Network Rail на основе видеосъемок и картографирования, что позволит исследовать детали инфраструктуры с приме-



Рис. 3. Лазерный излучатель и приемная видеокамера системы LaserRail 3000

нением технологии, разработанной для национальной программы измерений.

Дальнейшие планы

Следующей крупной вехой должен был стать июнь 2004 г., когда планировалось распространить технологию UGMS на большинство высокоскоростных линий сети, включая магистрали Восточного и Западного побережий. Два комплекта оборудования системы UGMS уже работали тогда на поездах компании Chiltern, еще десять прошли приемочные испытания, с компаниями-операторами были проведены переговоры относительно того, какие поезда будут ими оснащены.

Путеинспекционные поезда больше не нужно пропускать по главным путям, поскольку системы UGMS обеспечивают полную картину состояния пути, намного более достоверную, чем при традиционных осмотрах в светлое время суток. Вместе с тем предстояло расширить полигон обращения поезда NMT и обратить особое внимание на элементы пути, состояние которых отслеживается с помощью видеоаппаратуры собственной разработки.

Летом 2004 г. планировали также сформировать окончательную конфигурацию этого поезда, включив в него два вагона с новым оборудованием, в том числе с новой цифровой видеоаппаратурой, и провести его эксплуатационные испытания.

Новые вагоны поезда NMT окомплектованы следующим оборудованием:

вагон № 1: системами измерения геометрии пути, бесконтактного лазерного инспектирования контактной подвески, измерения ширины междупутья, NoiseMon, выдачи предупредительных сигналов, видеосистемой переднего обзора, георадаром;

вагон № 2: системами измерения сил взаимодействия между токоприемником и контактным проводом, видеомониторинга контактной подвески, системой измерения профиля балластной призмы, измерения профиля головки рельсов с использованием видеокамер компании Cybernetix, измерения нагрузок от колес на рельсы, цифровой системой GPS и картирования с привязкой к узловым пунктам сети, тахометром.

Сначала на путеинспекционном поезде было установлено оборудование систем: динамического моделирования Vampire, дающей возможность выявления мест пути, опасных с точки зрения вероятности схода подвижного состава; измерения ширины колеи и междупутья; мониторинга ослабленных элементов пути по уровню и спектру шума и видеомониторинга взаимодействия колеса и рельса с отражением поперечных смещений, которые могут инициировать образование трещин на внутренней грани головки рельса.

Затем добавили оборудование системы контактного и бесконтактного мониторинга контактной подвески, что позволило лучше понять особенности взаимодействия токоприемника и контактного провода, причем не только с механической, но и с электрической точки зрения. До сего времени природа отрыва токоъемника от контактного провода вследствие несогласованного взаимного положения контактной подвески и пути еще не была изучена надлежащим образом. Новое оборудование впервые позволит одновременно и с взаимной при-

вязкой измерять геометрию пути и контактной сети, а также заложить основы для следующих поколений систем мониторинга постоянных устройств инфраструктуры.

После включения в состав поезда NMT двух новых вагонов изъятые из него вагоны предполагали использовать для формирования второго путеинспекционного поезда. В результате стало бы возможным инспектировать большую часть еще не охваченной сети, естественно, с учетом нецелесообразности пропуска такого поезда по второстепенным малодеятельным участкам. Одним из возможных полигонов обращения нового поезда является линия Ньюпорт — Кру, почти на всей длине которой уложен бесстыковой путь.

Система UGMS на пассажирских поездах

Как упомянуто выше, автоматизированная система измерения геометрических параметров пути внедрена в эксплуатацию в июне 2003 г. на двух поездах компании Chiltern. Как показал опыт, качественные показатели системы UGMS такие же, как аналогичных систем поезда NMT.

В течение очень сухого лета 2003 г. имели место исключительно быстрые изменения геометрии пути, особенно на юге и западе, где путь во многих местах уложен на глинистом основании. Возможность практически непрерывного мониторинга состояния пути с использованием системы UGMS оказалась особенно ценной для своевременного выявления опасных отклонений.

Этим еще раз была доказана целесообразность применения систем автоматизированного измерения параметров пути, свободных от субъективизма, работающих «в нужное время и в нужных местах» и дающих основания для принятия оптимальных управленческих и технических решений.

Таким образом, в течение относительно небольшого времени (двух лет) с момента первого рассмотрения вопроса о механизированном и автоматизированном инспектировании пути удалось внедрить и опробовать новые технологии в реальных эксплуатационных условиях, и теперь это не надежды, а реальное направление действий.

Возможность рационального планирования и своевременного выполнения путевых работ позволяет обеспечить и поддерживать должное качество пути и представляет собой существенное достижение.

По уровню и масштабам использования автоматизированных систем измерения геометрических параметров пути компания Network Rail, по всей видимости, опередила компании аналогичного профиля железных дорог Японии. В качестве очередного шага в этом направлении предполагалось оснастить оборудованием системы UGMS два высокоскоростных электропоезда Eurostar.

Дефектоскопия рельсов

Помимо геометрии пути, еще одним не менее важным с точки зрения безопасности движения поездов аспектом является целостность рельсов. Для контроля состояния рельсов в пути применяется в основном ультразвуковая дефектоскопия — метод, позволяющий выявлять дефекты, возникающие не только при изготовлении, но и в процессе эксплуатации рельсов вследствие контактно-усталостных явлений, обусловленных интенсивными нагрузками. Дефекты могут также иметь место по причине резких ударных воздействий, но опыт показал, что в последнее время доля дефектов такого происхождения не столь велика, как несколько лет назад.

Для ручного контроля состояния рельсов широко используются переносные (в виде трости) руч-

ные ультразвуковые дефектоскопы компании Sperry, получившие название Walking stick.

Однако в 2002 г. на сети железных дорог Великобритании были введены в эксплуатацию первые два вагона-дефектоскопа UTU1 и UTU2 (рис. 3), которые Sperry за 10 мес переоборудовала из обычных пассажирских вагонов (на создание полностью нового вагона аналогичного назначения требуется 2,5 года). Из них был сформирован специализированный поезд-дефектоскоп.

С использованием поезда-дефектоскопа удалось, в частности, осуществить полную проверку рельсов на реконструируемой магистрали Западного побережья. Рабочий цикл вагона на этой линии составляет 8 недель, что примерно в 2 раза лучше, чем когда-либо было достигнуто в прошлом при обследовании рельсов вручную. Регулярный и точный контроль состояния рельсов дает возможность прогнозировать развитие дефектов и на этой основе планировать работы по их устранению.

Network Rail планировала получить еще два поезда-дефектоскопа, а также несколько мобильных дефектоскопов на базе четырехколесных транспортных средств на комбинированном автомобильно-рельсовом ходу, способных въезжать на путь и съезжать с него на переездах и предназначенных, главным образом, для второстепенных линий.

Технология компании Sperry позволяет исследовать головку рельса по всему сечению и надежно выявлять дефекты на самой ранней стадии развития. Поскольку ультразвуковая дефектоскопия продемонстрировала высокую эффективность, появилась возможность несколько ослабить нормативы по устранению дефектов, так как теперь можно постоянно отслеживать развитие дефектов и точно предсказать момент, когда их устранение действительно необходимо. Кроме того, в последнее время намного улучшилось представле-

ние о процессах образования трещин в рельсах.

Вся непрерывно поступающая информация по результатам ультразвуковой дефектоскопии накапливается в центре технической поддержки Network Rail в Дерби. Во время первых проходов поезда имело место довольно много ложных сигналов о наличии дефектов, которые приходилось проверять вручную, и при этом зачастую оказывалось, что причиной была, например, безобидная посторонняя частица металла на головке рельса. Поэтому сигналы такого рода, не получавшие подтверждения при последующей проверке, впоследствии стали игнорировать. Программное обеспечение обработки сигналов также отладили на сигналы, соответствующие действительным дефектам или каким-либо необъяснимым ситуациям, а специалистам оставили возможность анализировать информацию в целом.

Целесообразность использования подобной технологии рассматривали также администрации метрополитенов в Глазго и Лондоне.

Полнота и воспроизводимость результатов инспектирования

Акцент на совершенствовании технологии инспектирования пути объясняется стремлением к получению полной и точной информации, не изменяющейся при движении путеинспекционного вагона или поезда с любой скоростью, и уверенностью в возможности этого.

Network Rail исследовала возможные изменения в процессе управления путевым хозяйством на основе более надежной информации о геометрических параметрах пути и целостности рельсов еще до того, как были внедрены цифровые технологии и соответствующее им программное обеспечение. Но теперь при переходе к выполнению работ по текущему содержанию и ремонту пути собственными



Рис. 3. Вагон-дефектоскоп UTU2

силами информация необходимо для этого объема и качества может быть получена непосредственно специалистами службы пути в реальном времени.

В реорганизации управления путевым хозяйством сети должны быть использованы новые предоставляемые возможности. Готовность персонала к работе по-новому подкрепляется пониманием того, что рассмотренные выше новшества — это лишь первый шаг в полном переходе от субъективности к реальности.

Развитию новых технологий способствовало также внимание со стороны сотрудников железнодорожного инспектората ведомства охраны труда и техники безопасности, которые регулярно участвовали в опытных поездках на путеинспекционном поезде и помогали при рассмотрении ситуаций управленческого риска. Они положительно оценивали обеспечиваемые новыми технологиями достоверность информации и возможность уменьшения опасности для путейского персонала. Аналогичную позицию занимали и профессиональные союзы.

Теперь опытные осматриватели пути, которые в прошлом затрачивали массу времени на повторные обходы участков, могут сосредоточиться на конкретных местах, которые действительно требуют повышенного внимания, что, как полагают, должно повысить уровень их профессиональной удовлетворенности.