

Система инспектирования пути SafeRailSystem

SafeRailSystem — это измерительная система для непрерывного инспектирования геотехнического состояния путевой структуры, которая специально разработана для железных дорог и основана на применении модифицированного георадарного метода. Ее использование дает дополнительные возможности при текущем содержании и ремонте пути.

По мере повышения скорости движения поездов возрастают требования к геотехнической безопасности. Несвоевременная и неполная информация о параметрах путевой структуры вследствие неудовлетворительного ее инспектирования представляет собой источник риска для движения. Поэтому наличие как можно более полных материалов, служащих основой для принятия решений, упрощает создание системы систематического и эффективного текущего содержания и ремонта пути, а при усилении пути для повышения скорости движения поездов применение самых совершенных методов инспектирования становится тем более необходимым. Без этого ни одна компания-оператор не может обеспечить надежного функционирования инфраструктуры в пределах установленного бюджета.

Прежде единственным способом получения информации о геотехническом состоянии путевой структуры, применяемым на железных дорогах, было бурение вертикальных скважин. Положение мест отбора получаемых таким образом проб определялось эмпирически. Как правило, скважины бурили через определенные интервалы по длине пути.

Несомненно, бурение скважин и исследование отобранных проб могут дать определенный объем детальной информации, но ее дискретный характер не позволяет с полной уверенностью судить о состоянии пути, например, между двумя соседними скважинами. Можно

лишь делать некоторые приблизительные выводы на основе интерполяции имеющихся результатов исследований и визуального изучения пути. Кроме того, метод бурения скважин и отбора проб довольно дорогой и трудоемкий, к тому же он связан с временным закрытием пути для движения поездов.

Заключения, которые делаются только на основе дискретной информации, получаемой при бурении скважин, не всегда отражают реальную ситуацию и могут привести к принятию неправильных решений, что, в свою очередь, может обусловить неэффективные траты средств без выполнения, например, действительно требуемого ремонта пути в слабых местах.

В ряде случаев очистки балласта в ходе путевых работ бывает достаточно для поддержания стабильности пути, и выполнение каких-либо дополнительных мероприятий только повлечет излишние затраты. С другой стороны, только замена балластного материала тоже может быть пустой тратой средств, если при этом не будут ликвидированы балластные мешки или места скопления воды, которые являются потенциальными причинами расстройств пути.

Поиски решения

Примерно 15 лет назад начались систематические работы над применением георадара в инспектировании пути в целях устранения до-

рогостоящих ошибок в принятии решений по его текущему содержанию и ремонту. Первые опыты, однако, показали наличие существенных затруднений, обусловленных непрерывным присутствием металла в путевой структуре, что создавало препятствия нормальному функционированию радара. Каждый металлический объект, будь то рельсы или рельсовые крепления, вызывал серьезные проблемы.

На решение этих проблем ушли годы кропотливого труда, сопровождавшегося ошибками и заблуждениями. Однако в конце концов были выработаны важные критерии, выполнение которых делает возможным использование радара на железнодорожном пути:

- данные, полученные георадарным методом, должны обеспечивать надежную, многостороннюю и воспроизводимую информацию;
- информация, четко позиционированная относительно пути, прежде всего должна быть непрерывной, чтобы устранить недостатки, присущие дискретному методу бурения скважин и отбора проб;
- в то же время работа георадара не должна нарушать нормальное функционирование стрелочных переводов и устройств СЦБ, поэтому необходимо экранирование антенн.

Прежде всего понадобилось найти общий язык работникам двух отраслей. Специалистам по радарным технологиям следовало изучить путевое хозяйство и ознакомиться с его особенностями и потребностями, специалистам-путейцам — узнать о том, как работает георадар и в какой мере он может быть полезным для применения в путевых работах.

С самого начала было много недоразумений, так как специалисты по радарам хотели продать информацию по своим технологиям, а специалисты по пути были заинтересованы в доступных для понимания сведениях о том, как использовать радар в своей работе. Прорыв произошел, только когда была достигнута общая база для взаимопонимания.

Первые успехи

В 1993 г. компания Ground Control вела интенсивные переговоры со специалистами службы пути железных дорог Германии. Была достигнута договоренность о создании пригодной к применению системы на основе тщательно разработанных и научно обоснованных технических требований. Имелась в виду система георадарных измерений со специально адаптированным техническим и программным обеспечением, аппаратуру которой для начала смонтировали на передвижной тележке на рельсовом ходу. Перемещаясь со скоростью пешехода, такая тележка с одной экранированной антенной (впоследствии число антенн было увеличено) может выполнять непрерывное «просвечивание» до 20 км пути в смену на глубину до 3 м, при этом точность позиционирования в регистрирующем устройстве обеспечивается в пределах 1 м. Ходовая часть тележки изолирована во избежание помех функционированию системы сигнализации (рис. 1).

Таким образом был реализован метод бесконтактных измерений. В результате инспектирование пути получило новый инструмент, и это означало значительный шаг вперед по сравнению с преобладавшими в то время традиционными методами, для которых, в частности, требовалась стационарно установленная на пути антенна для каждого цикла измерений.

В течение последующих лет Ground Control с использованием данной технологии проинспектировала и проанализировала состояние нескольких тысяч километров пути на железных дорогах Германии и ряда других стран Европы.

При рабочей скорости указанного устройства, равной примерно 5 км/ч, общие масштабы применения георадарного инспектирования были довольно ограничены. Поскольку в то время были доступны только одноканальные радары, в течение одного инспекционного



Рис. 1. Тележка с аппаратурой системы георадарного инспектирования

прохода можно было зарегистрировать результаты измерения лишь одного профиля.

Дальнейшее развитие

Накопленный опыт ясно наметил путь дальнейшего развития метода георадарного инспектирования пути — аппаратура системы должна быть смонтирована на обычном или специализированном подвижном составе и с помощью нескольких антенн контролировать совокупность параметров пути при движении с как можно более высокой скоростью. Компания Ground Control разработала многоканальную систему, которую можно монтировать на подвижном составе разных типов. Это позволило уже на первом этапе выполнять измерения со скоростью до 40 км/ч.

Применению метода при движении с высокой скоростью препятствовало отсутствие подходящей системы позиционирования, причем в этих целях нельзя было использовать, например, действующую глобальную систему спутниковой навигации GPS. Система GPS имеет ограничения по применению, поскольку не обеспечивает достаточной точности позиционирования из-за недостаточно уверенного приема сигнала, например, в горной местности, в глубоких выемках и тоннелях, особенно при высокой скорости движения. Поэтому GPS не может быть единственной системой позиционирования при радарных измерениях с помощью аппаратуры, смонтированной

на подвижном составе, и она должна подкрепляться другими бесконтактными системами аналогичного назначения.

Путем интеграции разных систем бесконтактного позиционирования Ground Control добилась повышения скорости, при которой выполняются измерения, до 160 км/ч без какого-либо снижения точности позиционирования или качества результатов измерений. Подтвердилась стабильность работы системы инспектирования в целом.

В течение следующих лет компания довела систему, получившую название SafeRailSystem, до готовности к выставлению на продажу в целях широкого внедрения георадарного метода инспектирования пути. Основные особенности системы можно обобщить следующим образом:

- аппаратуру системы можно монтировать на подвижном составе самых разных типов;
- система функциональна при движении со скоростью графических поездов, так что для ее работы нет необходимости в выделении окон;
- точность позиционирования находится в пределах 1 м независимо от скорости и длины инспектируемого участка;
- система оснащена максимальной эффективной защитой, устраняющей влияния на прочие железнодорожные устройства, в том числе на системы сигнализации и связи;
- система создана с учетом особенностей применения на железных дорогах, и полученные с ее применением результаты измерений вполне понятны специалистам-путейцам, которым вовсе не обязательно разбираться в тонкостях радарных технологий.

Области применения

К середине 2006 г. SafeRailSystem использовалась в течение 6 лет на железных дорогах Германии и других стран. За это время проинспектировано и проанализировано состояние более 20 тыс. км пути.

Система SafeRailSystem способна решать разнообразные задачи на основе заложенного в ней целевого управления. Используя ее потенциал, можно:

- непрерывно измерять и регистрировать толщину балластной призмы с целью определения ее однородности и несущей способности;
- различать чистый и загрязненный балластный материал с целью оценки фильтрующей способности балластного слоя;
- оценивать распределение содержащейся в путевой структуре влаги по длине инспектируемого участка с целью идентификации зон с неудовлетворительным дренажем («мокрых мест» пути);
- картографировать состояние балластного и нижележащих слоев путевой структуры на глубину до 3 – 4 м с целью получения информации для оценки несущей способности пути в целом.

Получаемая с помощью системы SafeRailSystem информация представляет собой основу для классификации пути по уровню допустимой скорости движения поездов. При работе системы есть полная уверенность в том, что не будет пропущено ни одно слабое место путевой структуры. Эффективно и надежно идентифицируются балластные мешки, проблемные с точки зрения дренажа места и другие дефекты пути, отрицательно влияющие на его несущую способность.

Имея систему SafeRailSystem, специалисты службы пути получают все предпосылки для принятия решений — полную и деталь-

ную информацию о состоянии путевой структуры, которая доступна с минимальными затратами и в кратчайшие сроки. Они больше не вынуждены полагаться на интерполяционные результаты измерений, полученных традиционными дискретными методами, или на информацию, достоверность которой вызывает сомнения. В зависимости от состояния отдельных линий и сети в целом теперь можно планировать путевые работы разной степени сложности с полной уверенностью в том, что средства будут израсходованы рационально и путь будет сохранен в надлежащем состоянии в течение положенного времени. Устраняются не вызванные необходимостью расходы, продлеваются циклы текущего содержания и ремонта пути, что дает дополнительную экономию.

Контроль качества

Путевые работы, особенно связанные с капитальным ремонтом и реконструкцией пути, обычно требуют столь крупных затрат, что нельзя идти на компромиссы относительно качества выполнения работ. Поэтому эффективному управлению качеством всегда отдается высший приоритет. Новая система полезна и в этом отношении, так как способна исследовать все критерии, важные для оценки качества, в частности, через измерение поперечного сечения путевой структуры. Так, можно:

- определить количество и качество вновь уложенного балластного материала и провести сравне-

ние фактических и заданных параметров;

- исследовать путевую структуру послойно, чтобы убедиться в четком разделении слоев или, наоборот, обнаружить смешение материалов разных слоев;
- получить информацию об агрегатном состоянии материалов разных слоев исходя из содержания в них влаги;
- оценить состояние слоев путевой структуры с точки зрения их влияния на устойчивость пути и качество дренажа.

В основном по указанным причинам администрации железных дорог европейских стран проявляют все больший интерес к применению системы SafeRailSystem для оценки качества выполнения путевых работ.

Стратегические преимущества

Аппаратуру SafeRailSystem целесообразно монтировать на специализированном подвижном составе, например на самоходном путеизмерительном вагоне типа EM-SAT компании Plasser & Theurer (рис. 2). Таким образом можно создать систему инспектирования пути с максимально возможным охватом исследуемых параметров — от измерения геометрии пути и проверки наличия дефектов до оценки состояния слоев путевой структуры на оси пути, под рельсами и у обоих концов шпал. Тогда для полного обследования участка достаточно одного рейса путеизмерительного вагона.

Результаты такого совмещения имеют преимущества и стратеги-



Рис. 2. Аппаратура системы SafeRailSystem на вагоне EM-SAT: слева — общий вид; в центре — георадарные антенны; справа — пульт управления

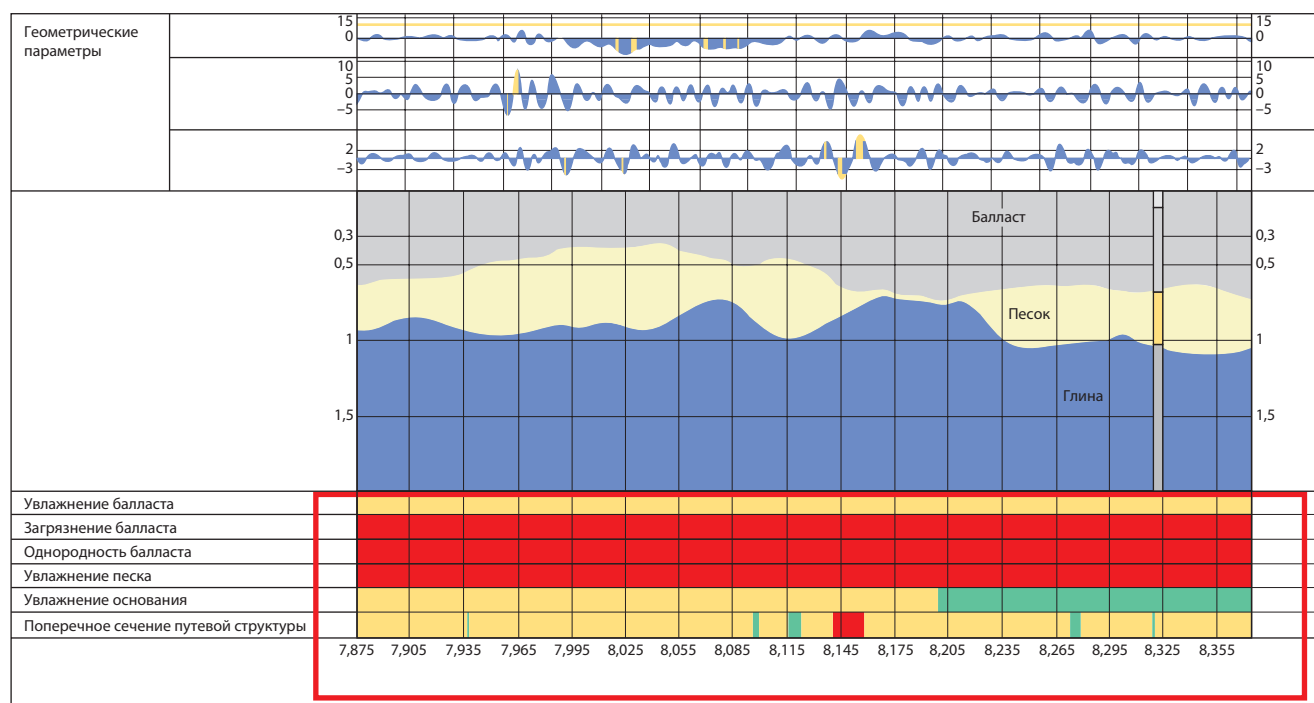


Рис. 3. Фрагмент записи результатов инспектирования геотехнического состояния пути

ческого плана. Руководители службы пути на основании столь полной информации могут более обоснованно и точно планировать путевые работы по объему и срокам и, соответственно, рассчитывать кратко-, средне- и долгосрочные бюджеты.

Перспективы

В настоящее время SafeRailSystem способна исследовать одновременно три профиля путевой структуры при движении со скоростью до 160 км/ч. Однако компания Ground Control продолжает совершенствовать систему, в том числе с целью повышения рабочей скорости. Создается система нового поколения SafeRailSystem II, которая будет еще более производительной, выполняя измерения большего числа профилей с большей скоростью сканирования. Новые функциональные характеристики системы будут полезны только в случае принятия соответствующих мер по автоматизации и стандартизации оценки результатов измерений. Результаты измерений должны надежно и быстро обрабатываться, как бы дорого это ни

обошлось. Это единственный путь к реальному повышению эффективности использования сложных технических средств.

Одним из важных аспектов совершенствования системы является сохранение технико-эксплуатационной совместимости на всех ее уровнях и фазах развития. Так, концепция модернизации системы должна, например, обеспечивать, чтобы новыми радарными антеннами можно было управлять со старых пультов без необходимости каждый раз заказывать весь комплект аппаратуры целиком.

Параллельно с совершенствованием системы необходимо развитие соответствующей службы фирменного технического обслуживания и ремонта в зависимости от потребностей и возможностей пользователей. В концепции системы, продвигаемой на рынок иногда в расчете на приобретение одной системы несколькими компаниями-операторами и при этом непрерывно совершенствуемой, должны применяться принципы модульности и преемственности модификаций. Компания-поставщик осуществляет подготовку персонала заказчи-

ков и долгосрочный послепродажный сервис, включая снабжение запасными частями.

Для оптимального планирования работ по содержанию, усилению и обновлению пути нужна надежная и исчерпывающая информация о состоянии путевой структуры (рис. 3). Это особенно важно применительно к высокоскоростным линиям, где дискретная информация недопустима.

Развитие технологии радарного инспектирования пути имеет свою специфику. Железнодорожная среда неоптимальна для применения радара, поэтому компания Ground Control совместно со специалистами-железнодорожниками из Германии и других стран разработала систему в расчете именно на реальную работу на железнодорожном пути. Результаты анализа выполненных системой SafeRailSystem измерений представляются в виде, позволяющем интегрировать их в общую базу данных железных дорог и использовать в любой момент.

G. Staccone. Railway Technical Review, 2006, № 3, p. 36 – 39.