

# Лазерно-ультразвуковая дефектоскопия рельсов

**Ассоциация американских железных дорог (AAR) совместно с компанией Теспогатта (Италия) в 2004 г. активизировала в Центре транспортных технологий (ТТС) работы, направленные на создание лазерно-ультразвуковой системы дефектоскопии рельсов и оценку ее возможностей. Этот новый подход в области неразрушающего контроля уникален тем, что данный метод может быть применен для введения механической энергии в рельс в любом доступном лазерному лучу месте.**

Способность лазерных систем неразрушающего контроля выявлять поверхностные и внутренние дефекты (или подтверждать их отсутствие) в головке и подошве рельса была успешно продемонстрирована в марте 2004 г. в ходе семинара по ультразвуковому контролю рельсов, проведенного на испытательном полигоне ТТС по рельсовой дефектоскопии с участием представителей государственных органов, железных дорог и компаний-поставщиков.

В случае наличия дефекта радиочастотные сигналы от ультразвуковых импульсов лазерного луча в виде продольных, сдвиговых и поверхностных волн, регистрируемые на мониторе с катодно-лучевой трубкой, исчезают, ослабляются или сдвигаются во времени или пространстве, как это видно в нижней части рис. 1. Если же дефекта нет, на мониторе регистрируются сильные и отчетливые радиочастотные сигналы от ультразвуковых импульсов, как это показано в верхней части рис. 1.

Технология неразрушающего контроля на основе лазера дает потенциальную возможность уменьшить число повреждений рельсов в эксплуатации за счет своевременного выявления и последующего удаления дефектов. Для поддержки этой технологии железные дороги — члены ААР увеличили в

2005 г. финансирование исследований в этом направлении с целью ускорения ее внедрения в отраслевом масштабе.

## Задачи и выгоды

В настоящее время работы над лазерно-ультразвуковой системой неразрушающего контроля спонсируются в рамках так называемой

Стратегической исследовательской инициативы (SRI) ААР, главная цель которой состоит в том, чтобы повысить надежность и точность дефектоскопии рельсов за счет совершенствования применяемых технологий.

Выгоды, получаемые от повышения надежности и точности дефектоскопии рельсов, определяются из соответствующего повышения уровня безопасности движения поездов и улучшения экономических показателей эксплуатационной деятельности железных дорог через:

- количественную оценку возможностей систем неразрушающего контроля, предназначенных для выявления дефектов в рельсах;
- лучшее понимание причин возникновения и развития дефектов путем анализа и характеристики повреждений рельсов в эксплуатации;
- разработку, испытания и внедрение технологий неразрушающего контроля, применимых в дефектоскопии рельсов.

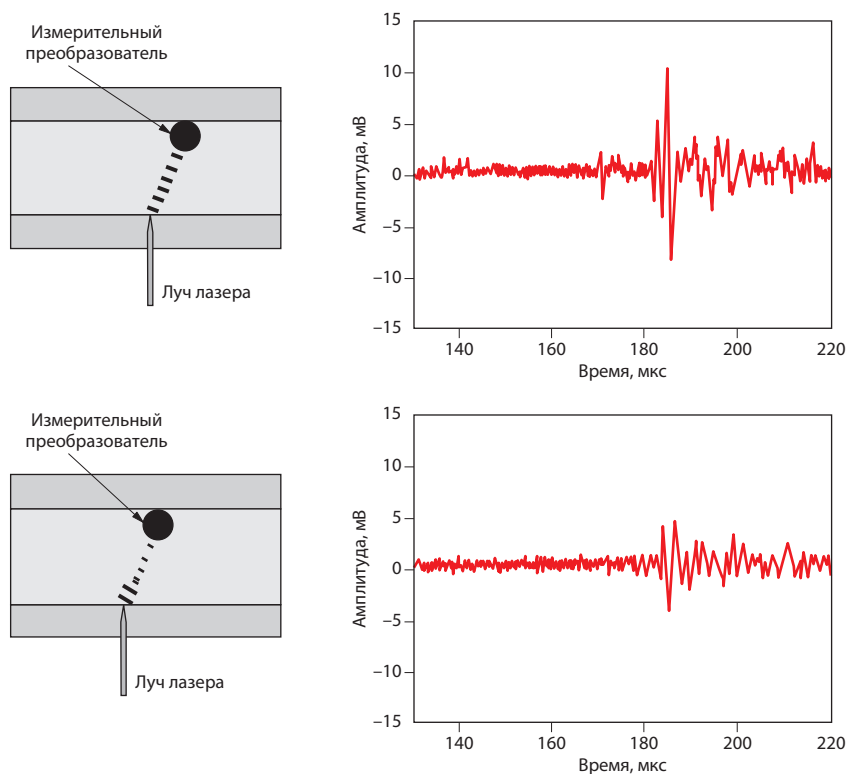


Рис. 1. Изображение радиочастотных сигналов на мониторе (вид рельса сверху): *вверху* — в отсутствие дефекта; *внизу* — при наличии дефекта

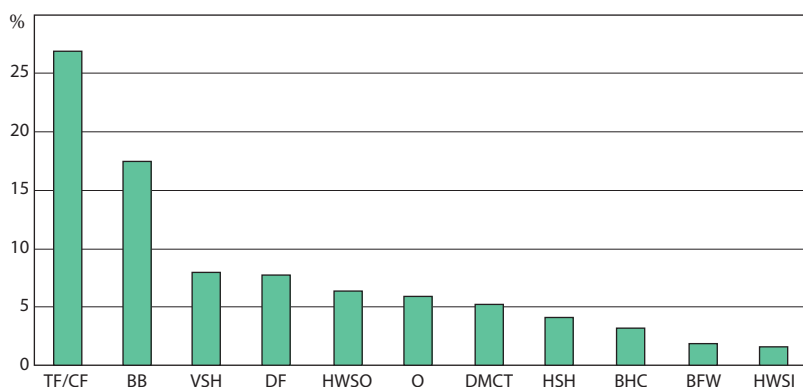


Рис. 2. Доли дефектов разных видов в причинах сходов подвижного состава с рельсов: TF/CF — поперечные трещины и сложные изломы; BB — повреждения подошвы; VSH — вертикальные расслоения головки; DF — структурные повреждения; HWSO — дефекты в местах перехода от головки к шейке с наружной стороны; O — одиночные местные изломы; DMCT — повреждения рельсовых скреплений; HSH — горизонтальные расслоения головки; BHC — трещины в шейке у болтовых отверстий; BFW — повреждения сварных стыков; HWSI — дефекты в местах перехода от головки к шейке с внутренней стороны

### Статистический фон

Служба статистики безопасности Федеральной администрации железных дорог (FRA) сообщила, что в течение 5 лет (с 1999 по 2003 г.) более 55% случаев крушений поездов со сходом с рельсов по причинам, связанным с состоянием рельсов, рельсовых скреплений или стыковых накладок, были вызваны дефектами, идентифицированными как поперечные трещины, вертикальные расслоения головки и сколы подошвы рельсов. Диаграмма на рис. 2 показывает долевое распределение повреждений рельсов, скреплений и накладок, о которых железные дороги докладывали FRA за указанный период.

Как видно, поперечные дефекты головки рельсов, в число которых входят поперечные трещины, сложные изломы и структурные повреждения, были причиной более 35% всех выявленных аварий. Совершенствование существующих и разработка новых технологий дефектоскопии должны привести к снижению повреждаемости рельсов благодаря повышению надежности выявления таких наиболее значимых дефектов.

Дефекты в рельсах все еще продолжают быть основной причиной железнодорожных круше-

ний, вызванных состоянием пути. Поэтому AAR, FRA, железные дороги, компании-поставщики и компании-подрядчики, выполняющие рельсовую дефектоскопию по контрактам, непрерывно ведут научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в рамках программы SRI. Помимо повышения надежности, эти работы в первую очередь направлены на увеличение производительности оборудования. Повышение надежности и достоверности контроля даст возможность выявлять внутренние дефекты, «замаскированные» наружными дефектами, прежде всего на поверхности катания. Увеличение производительности позволит обеспечить возможность контроля рельса по всему профилю, включая подошву, состояние которой современными техническими средствами сложно или невозможно проконтролировать.

### Преимущества лазерной дефектоскопии рельсов

Полагают, что современные технологии, в частности лазерно-ультразвуковой метод с применением датчиков с воздушным сопряжением, позволят также увеличить общую скорость обследования рельсов.

Среди функциональных возможностей данного метода, ранее отсутствовавших, можно отметить:

- выявление поперечных и вертикальных дефектов в головке рельса независимо от ориентации дефекта или его геометрии;
- выявление дефектов, расположенных под зонами поверхностных повреждений головки рельса;
- надежный контроль изношенных рельсов с минимизацией влияния вызванного износом изменения геометрии рельса на производительность контроля;
- надежный контроль смазанных рельсов;
- надежный контроль на скорости 32 км/ч и более
- надежный контроль всего рельса, включая головку, шейку и подошву.

### Состояние разработок

После того как в марте 2004 г. провели демонстрацию работоспособности лазерно-ультразвукового метода дефектоскопии рельсов, были разработаны технические требования к прототипу системы и в 2006 г. изготовлен опытный образец устройства для контроля одного рельса. Работы осуществлялись в два этапа.

Итогом первого этапа стало обеспечение полного контроля всего профиля рельса одной нити за два последовательных прохода машины-дефектоскопа. Во время первого прохода внимание фокусируется на головке рельса, во время второго — на шейке и подошве.

Итогом второго этапа стало обеспечение полного контроля всего профиля рельса одной нити за один проход.

Испытания готового устройства запланировано провести на испытательном полигоне ТТС по рельсовой дефектоскопии. По успешном завершении этих испытаний их предусмотрено продолжить в условиях реальной эксплуатации на путях действующих линий

с участием железных дорог — членов AAR.

Компании — поставщики и подрядчики, действующие в области рельсовой дефектоскопии, разрабатывают новое оборудование на базе самых последних технологий с целью обеспечения возможности выполнять наибольший объем работ в условиях плотного графика движения поездов в течение относительно коротких предоставляемых окон. Они понимают, что необходимо делать больше за меньший промежуток времени без ущерба для качества.

### DAPCO

Компания DAPCO Rail Services предлагает типоряд машин-дефектоскопов (рис. 3), которые, по словам представителей компании, отличаются лучшими характеристиками с точки зрения интерпретации картины на мониторе и соответствующим образом адаптированы в целях более легкого обучения персонала.

Специалисты DAPCO утверждают, что применяемые ими передовые технологии постоянно совершенствуются и интегрируются в поставляемую технику, что позволяет пользователям выполнять дефектоскопию рельсов с высокой точностью и скоростью. Железными дорогами положительно воспринята интеграция в оборудование машин технологии глобальной спутниковой навигации (GPS), позволяющей более точно позиционировать местоположение дефектов и рациональнее организовывать путевые работы по их устранению. Фирменная система технического обслуживания сокращает до минимума длительность непроизводительного простоя оборудования.

Компания учитывает необходимость осуществлять точную и высокопроизводительную дефектоскопию рельсов в самых разных условиях окружающей среды, а

также с разными состоянием пути, профилем рельсов, степенью их изношенности и размерами дефектов. К тому же сокращение длительности окон, необходимость более частого контроля и более строгие требования к отчетности усложняют и без того сложную работу службы по дефектоскопии рельсов. Одним из путей преодоления этих трудностей является возможно более полная автоматизация процессов измерений, обработки результатов и принятия решений.

### Herzog

Корпорация Herzog Services работает над совершенствованием предлагаемого оборудования (рис. 4), с тем чтобы повысить качество контроля рельсов при расширенном многообразии износа их головок, особенно рабочих граней. Для устранения влияния изменения кривизны поверхности, обусловленного износом, варьируют направление луча и позиционирование измерительного преобразователя по отношению к лучу.

Как говорят представители корпорации, теоретически преобразователь можно поместить в такое положение, чтобы для направления ультразвуковой энергии в металл со стороны рабочей грани измерения использовать изношенный профиль, не создавая при этом помех выполнению контроля новых рельсов.

В настоящее время основной задачей Herzog является переход к автоматизации контроля с целью уменьшения числа принимаемых персоналом решений в процессе анализа показаний. Этот переход, происходящий на железных дорогах первого класса, осуществляется для исключения фактора человеческой ошибки, когда оператор пропускает возможные дефекты. Чтобы решить задачу, необходимо разработать более совершенные программное обеспечение распознавания типов дефектов и процессы системной защиты. Проблема состоит в том, что в реальных условиях контроля рельсов имеется множество факторов влияния. Стоит добавить в уравнение показатели условий окружающей среды, и его решение станет слишком сложным. Некоторые из



Рис. 3. Машина-дефектоскоп компании DAPCO Rail Services на комбинированном автомобильно-рельсовом ходу «в поле»

входных переменных могут вызвать в системе появление сигналов, которые очень схожи с сигналами от дефекта. Этот факт усложняет создание системы, точной при любых обстоятельствах. Достижение требуемой точности возможно, однако добавление дополнительных датчиков и контрольного оборудования, а также компьютерной мощности для обработки данных существенно отразится на цене, особенно если делать все это в кратчайшие сроки. Естественно, стоимость этих изменений придется оплачивать пользователям.

Специалисты корпорации отмечают, что в последнее время сер-

тификация снятых с пути и складированных рельсов для определения возможности их повторного использования стала приоритетом для некоторых железнодорожных компаний ввиду дефицита их бюджетов и роста цен на сталь. Herzog предлагает портативный прибор, который можно использовать в удаленных местах для сертификационного контроля старогонных рельсов. Это пятиканальный немультимплексный дефектоскоп с А-сканированием. Каждый из пяти каналов имеет систему предупреждения (автоматической сигнализации о наличии дефекта) с возможностью регулирования поро-

вого уровня, а также начальных и конечных значений «тревожного» диапазона. Если регистрируемый сигнал превышает установленный порог, раздается звуковой сигнал, причем своего тона для каждого из каналов. В приборе предусмотрена также функция самонастройки, реализуемая с помощью смонтированного на направляющем колесе кодирующего устройства, которое использует процесс интеграции при калибровке каждого преобразователя.

### Sperry Rail Service

Корпорация Sperry Rail уже давно выпускает оборудование для рельсовой дефектоскопии, используя для оснащения соответствующей аппаратурой старогонные пассажирские вагоны (рис. 5) или экипажи на комбинированном ходу. Недавно Sperry Rail совместно с железной дорогой Union Pacific завершила реализацию проекта автоматического определения местоположения и подсчета рельсовых стыков с использованием ультразвукового устройства, имеющего возможность ручного ввода данных оператором. Определенные с помощью системы GPS данные о местоположении каждого стыка регистрируются и передаются в веб-портал в конце каждого дня.

Кроме того, компания разработала систему сообщений о дефектах, в которой содержатся автоматически определяемые GPS-координаты каждого обнаруженного дефекта, сохраняемые в контрольном файле для будущих обращений. Наконец, в настоящее время на завершающей стадии ввода в эксплуатацию находится новая гибридная контрольная система, в которой сочетаются как ультразвуковой, так и индуктивный датчики.

В то же время главный инженер компании утверждает, что заказчики предпочитают, чтобы была обеспечена более надежная дефекто-



Рис. 4. Машина-дефектоскоп корпорации Herzog Services на комбинированном ходу в работе



Рис. 5. Вагон-дефектоскоп корпорации Sperry Rail Service

скопия рельсов при минимизации ввода данных оператором.

В компании отмечают, что, поскольку состояние поверхности рельсов влияет на результаты их ультразвуковой дефектоскопии, Sperry в настоящее время предлагает операторам усовершенствованный программный продукт, помогающий принимать более обдуманные решения, и одновременно продолжает самостоятельно и в сотрудничестве с партнерами разрабатывать новые технологии и методологии. Отмечают также, что все новые разработки будут подвергаться строгому тестированию на повторяемость и воспроизводимость, с тем чтобы твердо убедиться в безопасности и целостности путевой структуры.

В плане международного сотрудничества отделение Sperry Rail International разработало ультразвуковые машины-дефектоскопы двух новых типов. Первая из них базируется на автомобиле-внедорожнике Land Rover на комбинированном ходу, вторая — на железнодорожной дрезине обычного типа с платформой без бортов. Эти машины созданы в соответствии со специальными требованиями заказчиков и отвечают заданному набору критериев, что, как подчеркивает Sperry, дает дополнительные преимущества каждому пользователю.

Машина на базе Land Rover (рис. 6) разработана исходя из максимального удобства въезда на путь и съезда с него в стесненных условиях. В компании убеждены, что это свойство является неоценимым преимуществом для систем рельсового транспорта в городской среде, где возможности применения тра-



Рис. 6. Машина-дефектоскоп корпорации Sperry Rail Service на базе автомобиля Land Rover в тоннеле Лондонского метрополитена

диционных вагонов-дефектоскопов весьма ограничены. Данная машина обеспечивает полномасштабный контроль состояния рельсов, хранение всей полученной информации и ее анализ, а также локализацию всех выявленных дефектов с помощью системы GPS, в том числе для подземных объектов; к тому же она полностью автономна.

В настоящее время машину эксплуатирует компания Metronet, в ведении которой находится инфраструктура подземных линий метрополитена Лондона.

Еще одна разработка последних лет — передвижной модуль ультразвукового контроля (Mobile Ultrasonic Test Unit, MUTU) на базе прицепного рельсового экипажа. Он предназначен для использования там, где относительно небольшая протяженность подлежащего обследованию пути не оправдывает применения самоходной

машины-дефектоскопа. Специалисты Sperry полагают, что наиболее важной особенностью модуля является то, что пользователь сам обеспечивает его тягой. В корпорации отмечают, что одним из преимуществ этого устройства является то, что он может быть приведен в рабочее состояние менее чем за один день. Это значит, что MUTU, будучи прицепленным к любому тяговому средству, может быть доставлен в любое нужное место и использоваться для контроля рельсов уже на следующий день.

Оператор модуля располагается в кабине управления локомотива и осуществляет связь с аппаратурой MUTU по радио или по кабелю. Модуль MUTU абсолютно автономен и не нуждается ни в чем, кроме тяги.

*Railway Track and Structures, Track Buyer's Guide, 2006, p. 39–42.*