

Успешное применение технологий Panasonic в дефектоскопии рельсов

Анатолий Марков, Максим Шилов, Владислав Олейник, Екатерина Кузнецова, Денис Федоренко

В статье рассмотрены актуальные вопросы контроля рельсов, уложенных в путь, при помощи съёмных дефектоскопных тележек в сложных условиях работы. Обозначены новые задачи по обнаружению дефектов рельсов и требования к современным дефектоскопам. Представлены новые подходы к построению дефектоскопов серии АВИКОН на базе защищённых планшетных ноутбуков компании Panasonic.

СЪЁМНЫЕ ДЕФЕКТОСКОПНЫЕ ТЕЛЕЖКИ – ОСНОВНЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ РЕЛЬСОВ

Рельсовая дефектоскопия, как и многие отрасли прикладной науки и техники, развивается в настоящее время достаточно быстрыми темпами.

Несмотря на активное внедрение в сети железных дорог скоростных средств диагностики рельсов (вагонов-дефектоскопов и дефектоскопных автомотрис), основными средствами сплошного контроля рельсов на российских железных дорогах остаются двухниточные дефектоскопные тележки, перемещаемые специалистами-операторами. Преимуществами съёмных дефектоскопов перед мобильными средствами являются контроль рельсов без нарушения графика движения поездов и возможность остановки дефектоскопной тележки для детального анализа конкретного сечения рельса (более надёжный контроль рельсов).

Способы представления дефектоскопической информации

Совсем недавно основным индикатором съёмного дефектоскопа, сообщаящим оператору об обнаружении дефекта, являлся звуковой индикатор. Если звук раздавался в правом наушнике, то это означало, что дефект располагается в правом рельсе, и наоборот. Даже когда появились дефектоскопные тележки с электронно-лучевой трубкой, оператор мог посмотреть сигналы в виде развёртки

ки типа А только по одному каналу и только на локальном участке пути.

В 1997 году в дефектоскопах типа АВИКОН-01 производства Санкт-Петербургского предприятия ОАО «Радиоавионика» впервые были использованы матричные жидкокристаллические индикаторы. Благодаря возможности отображать на таком дисплее как цифровую, так и графическую информацию удалось реализовать так называемое мнемоническое отображение сигналов контроля рельсов. При этом дефекты отображались на продольном сечении рельса на траекториях излучаемых ультразвуковых лучей (рис. 1). Тогда же была усовершенствована и система звуковой индикации дефектоскопной тележки. В зависимости от местоположения дефекта изменялся тон звукового индикатора (головка рельса – высокий тон, шейка – средний, подошва – низкий).

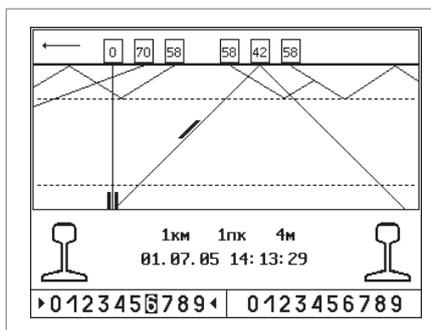


Рис. 1. Мнемоническое изображение на экране дефектоскопа типа АВИКОН, соответствующее основному режиму его работы при сплошном контроле рельсов

Необходимо отметить, что звуковой индикатор дефектоскопной тележки всегда являлся только предупреждающим и обращающим внимание оператора на необходимость детального анализа сигналов в конкретном сечении рельсов. Мнемоническое изображение, хотя и указывает на примерное местоположение дефекта по высоте рельса и номер сработавшего канала дефектоскопа, также является вспомогательным индикатором, помогающим оператору практически мгновенно оценить дефектную ситуацию. Детальный же анализ сигналов обычно выполняется с помощью представления дефектоскопических сигналов в виде развёртки типа А (от Amplitude – амплитуда), или развёртки типа В (от Bright – яркость), либо в виде их сочетания А+В (рис. 2).

Таким образом, даже при механизированном контроле рельсов с помощью дефектоскопной тележки требуется

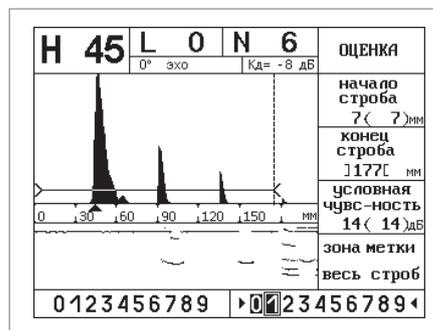


Рис. 2. Для определения точных значений координат отражателей (дефектов рельсов) в дефектоскопе АВИКОН-11 реализован режим работы «Оценка» (развёртки А+В)



Рис. 3. Отображение на экране дефектоскопа АВИКОН-11 сигналов по всем каналам контроля в виде развёртки типа В

осуществить представление информации несколькими способами:

- звуковая предупредительная много-тональная индикация с минимумом информации о размещении дефекта;
- мнемоническое изображение рельса с выделением номеров сработавших каналов и примерной ориентацией дефекта по сечению рельса;
- развёртка типа В (рис. 3) для регистрации сигналов сплошного контроля рельсов и последующего анализа (применяется при многоканальной регистрации сигналов контроля длинномерных объектов);
- развёртка типа А для детального анализа и распознавания сигналов на фоне помех с подробным описанием обнаруженного дефекта (амплитуда сигналов, глубина залегания и условные размеры дефекта) в одном канале. Для реализации этих функций с одновременным управлением основными процессами дефектоскопирования многие годы использовали специально разрабатываемые микропроцессорные устройства с функцией отображения сигналов на жидкокристаллических индикаторах (как наиболее экономичных в автономных приборах).

НОВЫЕ ЗАДАЧИ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ДЕФЕКТОВ РЕЛЬСОВ

Несмотря на то что профиль и конфигурация рельса многие десятилетия остаются неизменными, задачи, стоящие перед разработчиками дефектоскопной техники, меняются и усложняются. До недавнего времени основными характерными дефектами рельсов были поперечные трещины в головке рельсов с ярко выраженными кольцами роста. В последние годы такие большие дефекты встречаются реже, и первоочередной задачей контроля рель-

сов стала локализация участков пути с поверхностными микротрещинами на рабочей выкружке головки рельсов. Эти дефекты представляют серьёзную опасность, так как под ними могут развиваться трудно обнаруживаемые поперечные трещины (рис. 4).

Определённую проблему составляют и трещины головки, развивающиеся от незначительных горизонтальных расслоений закалённого слоя поверхности рельса (рис. 5). Ещё одной сложной задачей является обнаружение дефектов весьма малого размера (до 5–10 мм), развивающихся в подошве рельсов на фоне коррозионных повреждений.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ ДЕФЕКТОСКОПОВ СЕРИИ АВИКОН

Решение столь специфических дефектоскопических задач требует совершенствования схем прозвучивания рельсов, изменения алгоритмов обработки сигналов и способов представления дефектоскопической информации. При этом разработка дефектоскопов на основе традиционного подхода, предполагающего создание специального процессорного блока, занимает достаточно длительное время и требует значительных временных и трудовых затрат.

Поэтому в последние годы ОАО «Радиоавионика» приняло новую концепцию разработки приборов, согласно которой акустические и дефектоскопические блоки (генераторы зондирующих импульсов и приёмный тракт) разрабатываются на предприятии с учётом требований к обнаружению указанных специфических дефектов рельсов, а блок обработки и индикации сигналов формируется на базе готовых промышленных переносных компьютеров.

Выбранная архитектура построения системы позволила практически независимо проводить работы в двух направлениях:



Рис. 4. Развитие поперечной трещины от повреждений на рабочей выкружке головки рельса

- разработка универсального ультразвукового блока, который должен иметь технические характеристики, полностью отвечающие современным требованиям отрасли, и должен реализовывать максимально универсальные функции для использования его в дефектоскопных системах различного назначения;

- разработка программного обеспечения для блока управления и индикации на базе типового промышленного компьютера, реализующего пользовательский интерфейс.

Обобщённая функциональная схема для последнего поколения съёмных дефектоскопов серии АВИКОН представлена на рис. 6. Дефектоскопная система состоит из блока управления и индикации (БУИ) и блока ультразвукового многоканального (БУМ). Для связи между этими микропроцессорными устройствами используется промышленный интерфейс CAN, выбор которого обусловлен приемлемой пропускной способностью данного канала и высоким уровнем помехозащищённости, что весьма актуально для условий железнодорожной инфраструктуры.

БУМ предназначен для

- формирования зондирующих импульсов (ЗИ) значительной амплитуды (до 100 В);
- подачи ЗИ на пьезоэлектрические преобразователи, которые возбуждают в рельсе упругие колебания ультразвуковой частоты (2,5 МГц);
- приёма отражённых сигналов, их усиления, преобразования в цифровую форму;
- дальнейшей обработки с целью сжатия информационного потока, передаваемого по каналу связи.

Конфигурация параметров работы БУМ задаётся при каждом включении питания в зависимости от реализуемой дефектоскопом схемы прозвучивания контролируемого объекта. При обработке сигналов используется алгоритм,



Рис. 5. Развитие поперечной трещины от повреждения на поверхности катания головки рельса

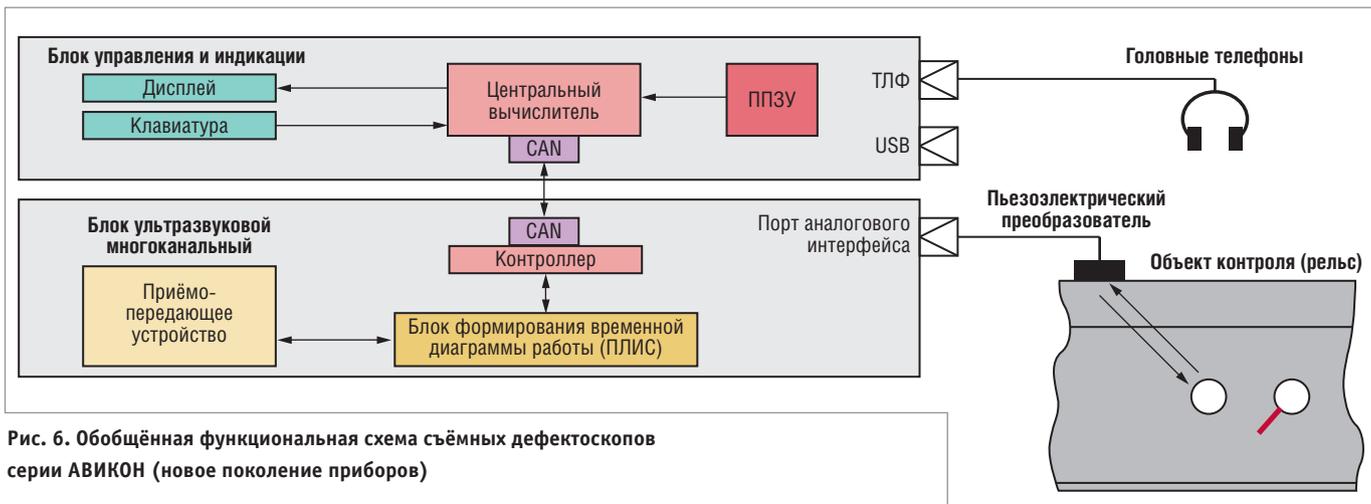


Рис. 6. Обобщённая функциональная схема съёмных дефектоскопов серии АВИКОН (новое поколение приборов)

который, учитывая особенности отражённого ультразвукового сигнала, обеспечивает сохранение его информативных параметров.

Использование в ультразвуковом многоканальном блоке в качестве основного вычислителя микроконтроллера архитектуры AVR в сочетании с программируемой логической интегральной схемой (ПЛИС), а также аналоговых схем обработки сигнала с низким потреблением позволило добиться общего потребления блока на уровне 5 Вт. Конструктивное исполнение блока позволяет использовать его как в условиях железнодорожного пути, так и в стационарных установках на промышленных предприятиях.

Необходимо иметь в виду, что спецификой контроля рельсов, уложенных в путь, являются широкий диапазон рабочих температур (от -40 до $+50^{\circ}\text{C}$), воздействие атмосферной влаги и не всегда квалифицированное обслуживание дефектоскопной техники операторами. Всё это требует соблюдения условий пылевлагозащищённости, ударо-

прочности, виброустойчивости дефектоскопов и предъявляет соответствующие требования к выбору промышленного компьютера.

После детального анализа портативных автономных компьютеров, доступных на территории России и СНГ и удовлетворяющих указанным требованиям, выбор был остановлен на защищённых планшетных ноутбуках фирмы Panasonic.

Модель TOUGHBOOK CF-19 практически полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям, имеет яркий экран и небольшое энергопотребление. Наличие сенсорного экрана позволяет вынести на него ряд кнопок управления, исключив необходимость установки специальных защищённых кнопок на приборной панели дефектоскопа.

Кроме выполнения функции блока управления и индикации, промышленный ноутбук CF-19 является ещё и полноценным переносным компьютером, что позволяет в кратчайшие сроки выполнить вторичный анализ резуль-

татов контроля, осуществить мониторинг состояния участка рельсового пути и распечатать протокол контроля.

НОВЫЕ ДЕФЕКТОСКОПЫ

Одним из ярких образцов современных съёмных средств неразрушающего контроля рельсов является двухниточный дефектоскоп АВИКОН-14 (рис. 7). Он имеет оригинальную систему ввода ультразвуковых колебаний с помощью колёсных преобразователей с упругой оболочкой [1].

Благодаря своей эластичности оболочка «ультразвукового колеса» плотно прилегает к поверхности катания рельсов даже при наличии неровностей в зоне болтового стыка или на самой поверхности катания рельсов (смятия, выкрашивания, следы пробуксовки), а также при значительном износе головки рельсов. Это позволяет обеспечивать стабильный акустический контакт между колесом и рельсом в широком диапазоне скоростей сканирования даже при контроле изношенных, корродированных или неровных поверхностей.



Рис. 7. АВИКОН-14 – первый в России дефектоскоп на базе колёсных ультразвуковых преобразователей

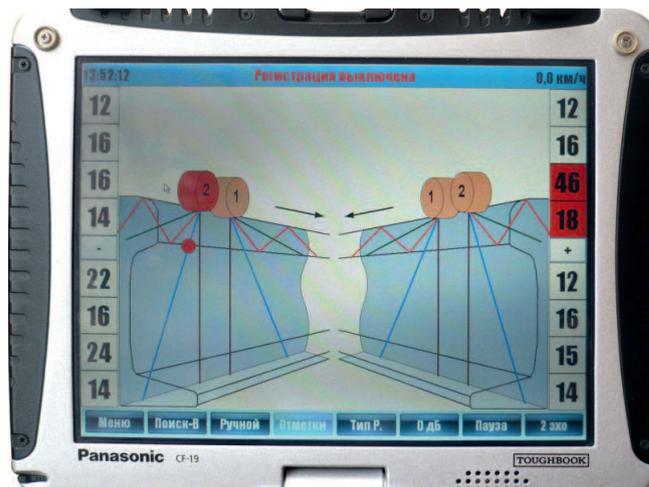


Рис. 8. Новое мнемоническое представление сигналов на экране дефектоскопа АВИКОН-14 (дефект и номер сработавшего канала выделены красным пятном)



Рис. 9. Специализированный дефектоскоп АВИКОН-17 для обнаружения опасных трещин в головке рельсов под поверхностными повреждениями и для ручного контроля рельсов

Широкие возможности компьютера CF-19 позволили отобразить на экране дефектоскопа АВИКОН-14 интуитивно понятное, информативное и удобное mnemonic представление результатов сплошного контроля рельсов (рис. 8) [2]. При этом на экране отображаются оба преобразователя в

виде колёс, которые реализуют схему прозвучивания одной нитки рельса, и траектории распространения ультразвуковых лучей. Дефект индицируется в виде яркой отметки в соответствующем сечении рельса. Параллельно высвечивается номер сработавшего канала, при выборе которого на весь экран отображаются сигналы от дефектов в виде развёрток типа А и В по этому каналу.

Такие новые функции, реализованные благодаря применению защищённого ноутбука CF-19, позволяют существенно расширить функциональные возможности дефектоскопа АВИКОН-14. Оператор не только фиксирует дефектное сечение, но может прямо в пути, затрачивая минимальное время, выполнить полноценный анализ поступившей из разных каналов информации о дефекте и принять наиболее обоснованное решение о дефектности сечения.

Естественно, предусмотрена возможность подключения и ручных ультразвуковых датчиков, например, для озвучивания дефектов с боковых поверхностей головки рельса. При этом практически мгновенно дисплей CF-19 превращается в яркий экран дефектоскопа ручного контроля со всеми необходимыми функциями: с отображением зон временной селекции сигналов, пороговых уровней срабатывания индикатора дефектоскопа, фиксацией максимумов сигналов, послесвечением предыдущих циклов излучения для отображения амплитудной огибающей сигналов по мере сканирования.

Эффективно работающие ультразвуковые датчики колёсного типа в соче-

тании с наглядным представлением информации на цветном дисплее существенно повышают эксплуатационные характеристики дефектоскопа АВИКОН-14.

Кроме того, на базе промышленного компьютера Panasonic CF-19 в последние годы в ОАО «Радиоавионика» разработан уникальный дефектоскоп АВИКОН-17 (рис. 9), впервые позволяющий оценивать реальный размер внутренних дефектов в головке рельсов [3].

Данный прибор позволяет проводить:

- мониторинг развития внутренних дефектов головки рельса с целью определения динамики их развития;
- выборочный контроль отдельных сечений головки рельса с расслоением металла на поверхности с целью выявления под ним поперечных трещин;
- экспертный контроль сечений головки рельса при сомнениях операторов с формированием документа контроля;
- вторичный контроль рельсов, в том числе сварных стыков рельсов.

Полученная информация о реальном размере дефекта позволяет оценить степень его опасности и создаёт пред-

посылки для продления ресурса рельсов на отдельных малодеятельных участках пути.

Перспективы

К сожалению, высокие требования, предъявляемые в настоящее время к современной дефектоскопической технике, приводят к тому, что при всей широте предоставляемых возможностей и высоких эксплуатационных характеристиках промышленного ноутбука Panasonic CF-19 не все его параметры полностью удовлетворяют нас как разработчиков. В частности, применение универсального блока управления и индикации сигналов, безусловно, предусматривает повышенное энергопотребление по сравнению со специализированными блоками производства ОАО «Радиоавионика». Помимо этого указанный ноутбук имеет диапазон рабочих температур, недостаточно расширенный в сторону отрицательных значений (нижний предел составляет -30°C вместо требуемых -40°C).

Однако технологии Panasonic не стоят на месте, и в ближайшее время будут созданы новые защищённые модели планшетных компьютеров, способные удовлетворить всем требованиям заказчиков.

В целом новый подход к построению радиоэлектронной части дефектоскопов, когда в качестве устройств обработки и индикации сигналов применяются компактные защищённые промышленные компьютеры, показал свою эффективность. С одной стороны, для разработчика упрощается построение дефектоскопа и снижаются сроки его создания, а с другой стороны, конкретному потребителю предоставляются существенно большие функциональные возможности. ●

Литература

1. Марков А., Олейник В. Ультразвуковой контроль ответственных объектов с помощью колёсных преобразователей с эластичным протектором // MEGATECH. — 2012. — № 4. — С. 18–23.
2. Пат. 2446971 РФ. Способ диагностики рельсового пути / Марков А.А., Олейник В.Е., Мосягин В.В. — № 2010128200; заявл. 07.07.2010; опубл. 10.04.2012.
3. Пат. 2340495 РФ. Способ оценки дефекта в головке рельса / Марков А.А., Мосягин В.В., Кескинов М.В. — № 2007123530; заявл. 13.06.2007; опубл. 10.12.2008.

E-mail: Kuznecova_E@rambler.ru