

AVICON-11: New Flaw-Detector for One Hundred Percent Inspection of Rails

A. A. Markov, V. V. Mosyagin, M. N. Shilov, D. V. Fedorenko

Functional capabilities and special features of AVICON-11, two-strand ultrasound flaw detector structure, for one hundred percent inspection of rails are discussed.

НОВЫЙ ДЕФЕКТОСКОП «АВИКОН-11» ДЛЯ СПЛОШНОГО КОНТРОЛЯ РЕЛЬСОВ

Накопленный за время эксплуатации дефектоскопов «Авикон-01» и «Авикон-01МР» опыт, изучение потребностей железных дорог и внедрение передовых технологий позволили коллективу НТЦ съемных и переносных средств контроля разработать новейший ультразвуковой двухниточный дефектоскоп «Авикон-11» (рис. 1).

При разработке дефектоскопа особое внимание было уделено наиболее полному озвучиванию сечения рельса, особенно его головке, наиболее подверженной воздействию колес подвижного состава. Вместо традиционного эхо-метода контроля головки установлена схема «Ромб», позволяющая производить одновременный контроль как рабочей, так и нерабочей граней головки рельса, а также ее верхней центральной части, в том числе под горизонтальными расслоениями. Помимо схемы «Ромб», хорошо себя зарекомендовавшей на сети железных дорог в дефектоскопах «Авикон-01МР», использована новая схема контроля «Ромб+», которая позволяет также обнаруживать сильноразвитые дефекты с зеркальной поверхностью в обеих гранях головки рельса по зеркальному методу (рис. 2).

Для повышения надежности обнаружения в центральной части головки рельсов поперечных трещин, развивающихся преимущественно под небольшим (20°) наклоном на двухпутных участках пути, в схему прозвучивания введен ПЭП с углом ввода ультразвуковых колебаний 70° .

Из конструктивных соображений для контроля эхо-методом шейки и ее продолжений в головку и подошву использованы комбинированные преобразователи, имеющие в одном корпусе две пьезопластины с углами ввода 42° . Естественно, сигналы от весьма опасных дефектов коррозионного происхождения (код 69) в подошве рельса заметно меньше по амплитуде, чем сигналы от болтовых отверстий, трещин от них и других дефектов в шейке рельса. В связи с этим предусмотрено временное разделение каналов, позволяющее установить разную чувствительность в зонах шейки рельса и подошвы.



Рис. 1. Общий вид дефектоскопа «Авикон-11»

В целях повышения точности определения координат обнаруженных дефектов по каждому из каналов контроля предусмотрена регулировка расчетного времени в призме (протекторе) ПЭП, позволяющая минимизировать ошибку расчета координат от дефектов встроенным микропроцессором. При настройке каналов контроля по специальным стандартным отражателям предусмотрена полуавтоматическая настройка на условную чувствительность, причем приняты меры по минимизации ошибки оператора при поиске наибольшего сигнала от эталонного отражателя.

Главным отличием нового дефектоскопа является возможность наблюдать сигналы контроля в виде В-развертки (рис. 3) в режиме реального времени. Оператор может постоянно наблюдать за сигналами, поступающим на дефектоскоп, контролируя его работу, и искать дополнительные дефекты. Следует отметить, что В-развертка может отображаться не только на амплитудном

Об авторах

Сотрудники ОАО «Радиоавионики», Санкт-Петербург:



Марков Анатолий Аркадиевич
Директор НТЦ систем НК, д.т.н., III уровень по акустическому виду НК

Мосягин Владимир Валентинович
Начальник отдела методов и средств НК, лауреат конкурса «Инженер года 2004»

Шилов Максим Николаевич
Директор НТЦ съемных и переносных средств НК, лауреат конкурса «Инженер года 2004»

Федоренко Денис Владимирович
Ведущий инженер-программист, лауреат «Инженер года 2005»

уровне, равном уровню срабатывания звуковой индикации, а также и на уровне в 2 – 4 раза выше, что позволяет оператору обнаруживать дефекты еще на ранней стадии развития, а в сомнительных ситуациях – получить более полное представление об отражателях в контролируемом сечении рельса.

Регистрация сигналов от отражателей (дефектов) и сопутствующая контролю (служебная) информации автоматичес-

выборе параметров и режимов работы. В то же время, значительное увеличение различных настроек прибора приводит к усложнению работы с ним. Пользовательский интерфейс дефектоскопа «Авикон-11» заимствовал основные принципы управления у предыдущих приборов, разработанных ОАО «Радиоавионика». Дополнительно внесенное меню позволяет опытным пользователям изменять конфигурацию дефектоскопа. Изменение ряда параметров, которое не тре-

тудных параметров эхо-сигналов, а также дополнительных отметок оператора в процессе контроля. Запись производится на съемную карту памяти объемом 64 Мб (в комплект поставки входят две такие карты). Такого объема памяти достаточно для нескольких дней работы дефектоскопа. Передача данных на ПЭВМ осуществляется через порт USB при помощи специального адаптера, считывающего данные со съемной карты памяти, или непосредственно с дефектоскопа. В

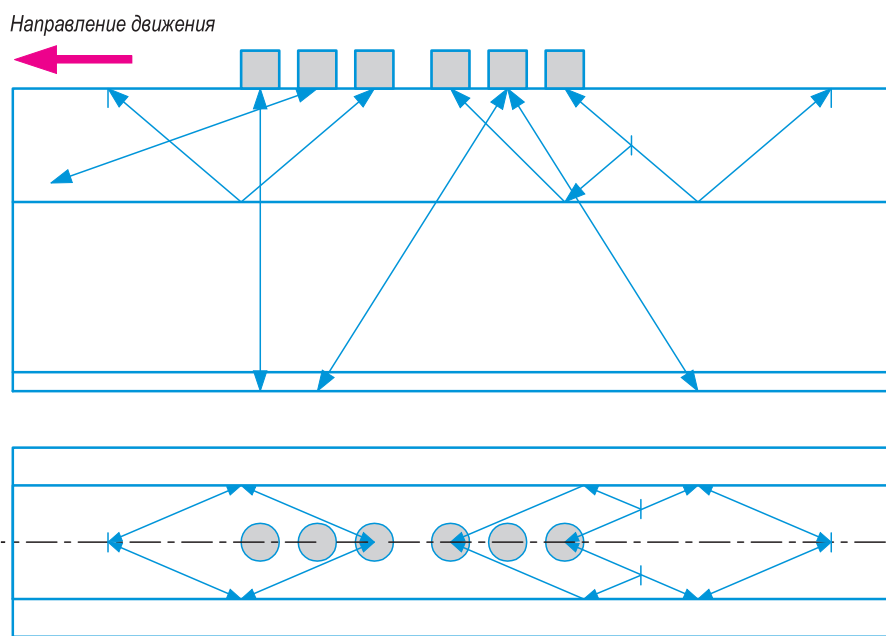


Рис. 2. Схема прозвучивания рельса дефектоскопом «Авикон-11»

ки заносятся на съемную карту памяти, которая, как и все остальные электронные узлы, рассчитана на работу в широком диапазоне температур: от – 40 до + 50 °С.

Новая рама дефектоскопной тележки с установленными на нее узлами значительно облегчена и уменьшена по габаритам благодаря оригинальным конструкторским решениям. Искательная система дефектоскопа может быть установлена как сзади колес тележки, обеспечивая тем самым удобный доступ оператора к ним, так и между колес, что повышает эффективность контроля за счет улучшения центровки на кривых участках пути. Например, для Свердловской ж. д. при контроле рельсового пути с кривыми малого радиуса этот факт играет значительную роль.

Широкий спектр возможных применений дефектоскопа (контроль рельсов, уложенных в путь, входной контроль на рельсостроительных предприятиях и др.), а значит, различные условия эксплуатации и технологии использования требуют от современного дефектоскопа гибкости в

будется в повседневной работе, доступно только при подключении к ПЭВМ.

Генератор зондирующих импульсов возбуждает преобразователи со значительно повышенной, по сравнению с дефектоскопами «Авикон-01», амплитудой зондирующих импульсов, что благоприятно сказывается на помехозащищенности всей системы. Также для повышения помехозащищенности в схему автоматического сигнализатора дефекта введена дополнительная схема слежения, которая «отсекает» возможные одиночные импульсные помехи.

Характеристики приемного тракта обеспечивают линейность в широком динамическом диапазоне, что позволяет «работать» с сигналами в области 18 дБ над порогом, а также на 12 дБ ниже основного порога обнаружения (порога срабатывания звуковой индикации). Это позволяет вести регистрацию сигналов независимо от оператора на чувствительностях, существенно превышающих нормативную.

Встроенное устройство регистрации реализует запись временных и ампли-



Рис. 3. Отображение сигналов на экране дефектоскопа по всем каналам контроля в виде развертки типа В в режиме реального времени непосредственно в пути

моальных средств контроля (автомоторисах и вагонах-дефектоскопах) получил широкое применение однопороговый метод регистрации амплитуд сигналов, при котором развертка дискретизируется по времени, и для каждого отсчета записывается только факт превышения установленного порога. За временное значение задержки эхо-сигнала, необходимое для расчета положения отражателя, при этом принимают момент превышения им порога. Как известно, в этом случае на точность измерения влияет амплитудный уровень сигнала. Реализованный в дефектоскопе метод основан на отыскании временного положения максимума эхо-сигнала, что повышает точность измерения его задержки относительно зондирующего импульса.

Для качественной привязки к участку контроля предусмотрен ввод не только километровых и пикетных отметок, но и номеров стрелочных переводов, отметок о поверхностных дефектах. Предусмотрена также возможность ввода текстовых отметок, список которых пользователь предварительно заносит в память дефектоскопа по своему усмотрению при помощи ПЭВМ. Точно так же составляются списки наименований участков и операторов. Кроме того, во внутренней памяти могут быть сохранены несколько вариантов настроек ультразвуковых каналов, личные записи оператора

(например, список отметок, требующих постоянного наблюдения или расписание электричек, поездов), стоп-кадры изображения эхо-сигналов в виде А- и В-разверток на экране. Использование в приборе энергонезависимой памяти нового типа позволяет сохранять после выключения прибора текущие значения всех установок (координата, название участка, ФИО оператора и др.), таким образом, подготовка к новому сеансу работы занимает минимальное время.

Блок управления и индикации было направлено на улучшение сразу нескольких характеристик дефектоскопа. Во-первых, удалось уйти от использования сложного кабельного жгута, жестко закрепленного на раме тележки, тем самым сократив общую длину электрических соединений. Блоки резонаторов подключаются непосредственно к расположенному внизу дефектоскопическому блоку. Связь последнего с блоком управления и индикации осуществляется через единственный

режим отображения как по фронту сигнала, так и по его длительности на уровне порога (рис. 4), что позволяет оперативно оценивать амплитуду (энергию) пачки, а также различать (обнаруживать) пачки эхо-сигналов на фоне помех. Информацию об амплитуде эхо-сигналов можно получить также, изменяя порог отображения.

В режиме «Сведение к единому сечению 1» (рис. 5б) в координаты эхо-сиг-

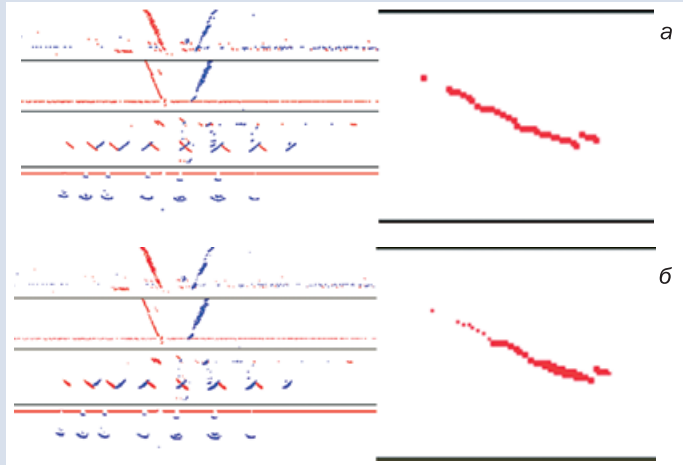


Рис. 4. Отображение амплитуды сигналов на В-развертке: отображение пачек сигналов по фронту (а) и по длительности (б) импульсов

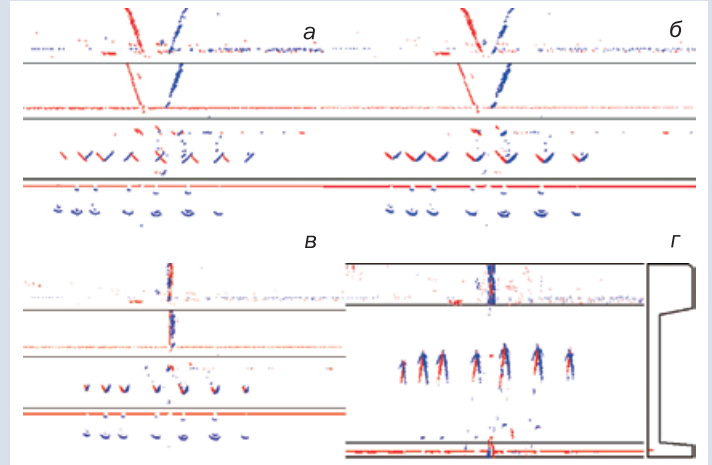


Рис. 5. Виды отображения информации: а – классический, б – сведение в единое сечение с учетом расположения ПЭП по длине рельса, в – сведение в единое сечение с учетом расположения ПЭП по длине рельса и углов ввода и разворота ПЭП относительно продольной оси рельса

Благодаря этим функциональным возможностям дефектоскопа, создаваемые файлы включают в себя всю необходимую текстовую информацию, и оператор избавлен от необходимости повторного набора текста с клавиатуры прибора.

Заложенные технические решения обеспечивают полноценное представление на дисплее дефектоскопа В-развертки как в режиме реального времени, так и в режиме просмотра уже записанной информации. Это повышает эффективность сплошного контроля рельсов с помощью дефектоскопных тележек. Уже сегодня операторы предпочитают использовать именно данный режим в качестве основного. Кроме отображения В-развертки обеих нитей одновременно предусмотрена возможность просмотра в более крупном масштабе только сигналов одной рельсовой нити, либо любого из каналов совместно с А-разверткой. Оператор может изменять масштаб представления по путевой координате и амплитудный порог отображения.

Конструктивные изменения включают в себя не только снижение массы и габаритов дефектоскопной тележки. Решение о разделении приборной части на два блока (блок дефектоскопический и

кабель, реализующий помехоустойчивый промышленный сетевой протокол. Во-вторых, небольшие габаритные размеры и масса блока управления и индикации упрощают конструкцию его держателя, который обеспечивает удобное для оператора расположение блока. Кроме того, блок удобен для переноски при необходимости его подключения к компьютеру. Сетевой протокол связи между блоками предусматривает возможность подключения в будущем дополнительных модулей, реализующих новые функции дефектоскопа «Авикон-11».

Программа отображения дефектограмм, устанавливаемая на стационарную ПЭВМ, предназначена для работы с адаптером карты памяти, блоками дефектоскопа, расшифровки файлов дефектограмм и формирования отчетности. Программа обладает рядом новых функций и инструментов, позволяющих повысить эффективность работы расшифровщиков.

Для улучшения восприятия (упрощения анализа) дефектограмм кроме классической В-развертки в программу внесены дополнительные режимы отображения. Для представления информации об амплитуде эхо-сигналов предусмотрен

налов вносится корректировка с учетом конфигурации искательной системы (взаимных положений ПЭП). Режим «Сведение к единому сечению 2» отличается тем, что при корректировке координат эхо-сигналов для каналов с наклонным вводом ультразвуковых колебаний дополнительно учитывается удаление отражателя от точки ввода в металл рельса (рис 5в). Эти режимы трансформируют дефектограмму таким образом, что сигналы различных каналов, зарегистрированные от одного отражателя, отображаются в районе координат нахождения отражателя.

В режиме «В виде рельса» программа накладывает изображение эхо-сигналов на схематическое представление рельса, благодаря чему формируется картина, позволяющая четко представить расположение отражателей в металле рельса (рис. 5г).

Предусмотренный в программе режим отображения огибающей амплитуды донного сигнала (рис. 6) позволяет увидеть изменение амплитуды донного сигнала, обеспечивая тем самым контроль качества акустического контакта и повышая надежность расшифровки при наличии сигналов по другим каналам контроля.

Кроме самих эхо-сигналов на дефектограмму накладывается следующая информация:

- зоны движения тележки в обратном направлении;
- отметки привязки к путевой координате;
- отметки оператора (привязка и найденные дефекты);
- условная чувствительность каждого канала;
- зоны временной селекции.

настройке представления данных. Пользователь может сформировать любую удобную для него структуру отображения базы данных файлов проходов. Выбирая, по каким полям осуществлять разбиение данных (например: список перегонов, путей), настраивать столбцы таблицы, а также выполнять сортировку, тем самым обеспечивая быстрый доступ к необходимой информации (рис. 8). Как было отмечено, программа позволяет заносить в дефектоскоп списки операторов,

Этот режим позволяет оператору не затрачивать время на анализ мест, не содержащих записей или содержащих помехи. Программа также позволяет воспроизвести работу АСД дефектоскопа, что необходимо в особых случаях при пропуске дефекта с целью выяснения – мог ли оператор услышать данный пропущенный дефект или нет.

Благодаря изменениям в работе с файлами вся информация, относящаяся к одно-

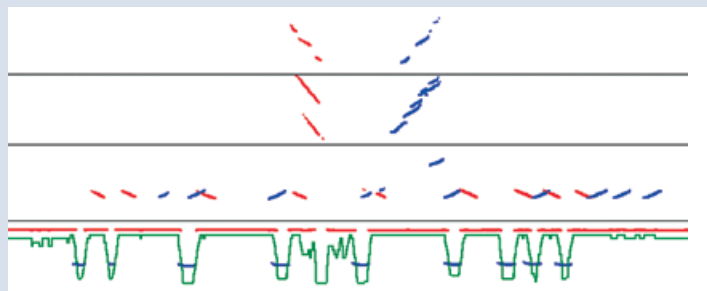


Рис. 6. Огибающая амплитуд донных сигналов

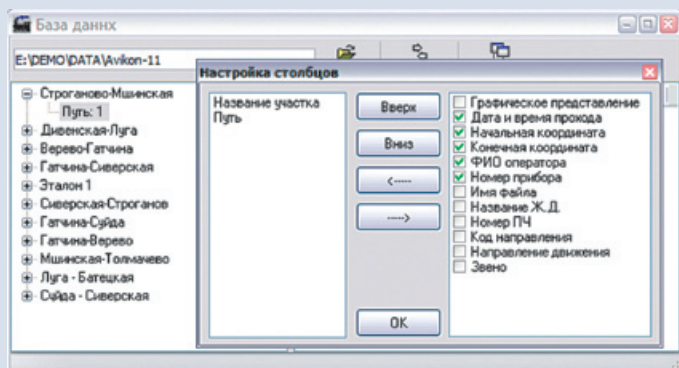


Рис. 8. Настройка базы данных



Рис. 7. Восстановление А-развертки для любой точки пути:
а – А-развертка; б – таблица параметров эхо-сигналов

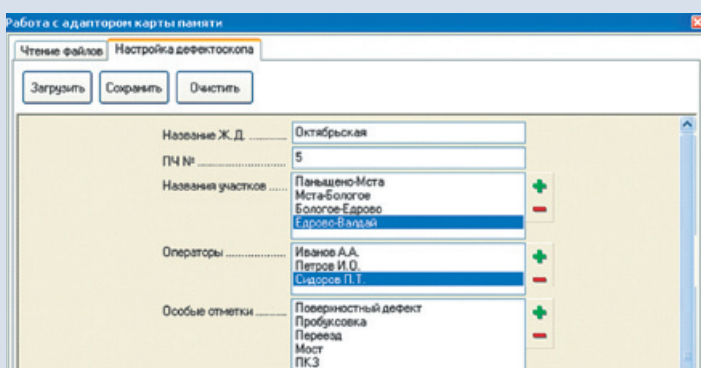


Рис. 9. Работа со списками

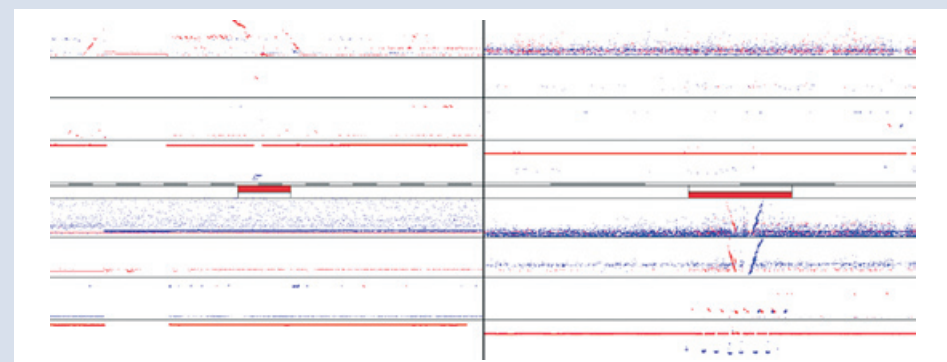


Рис. 10. Результат работы программы поиска значимых участков

Благодаря тому, что в дефектоскопе предусмотрена регистрация амплитуд эхо-сигналов, программа отображения позволяет воспроизвести с достаточной точностью А-развертку по любому каналу контроля для любой координаты пути (рис. 7). Также имеется возможность просмотреть таблицы временных и амплитудных параметров эхо-сигналов для каждой координаты пути. Для упрощения работы с файлами проходов в программу внесены широкие возможности по

названия перегонов, особые отметки и личные записи оператора (рис. 9). Этот перечень используется во время работы оператора на дефектоскопе в пути.

Для упрощения процесса расшифровки в программу отображения введена возможность автоматического поиска и выделения «значимых» участков дефектограмм, то есть содержащих пачки эхо-сигналов, полученных от каких-либо несплошностей металла рельса (рис. 10).

му проходу, хранится в одном файле. Такой подход упрощает операции по переносу и архивированию файлов проходов. Также повышена скорость открытия файлов за счет однократного анализа содержимого, который осуществляется при переносе файла с дефектоскопа на ПЭВМ.

Таким образом, заложенные в дефектоскоп функциональные возможности, которые защищены семью патентами РФ на изобретение, отличительные принципы его построения, мощная программа отображения результатов контроля, построенная на базе нескольких уникальных алгоритмов, позволили создать новое средство контроля для обеспечения безопасности движения пассажиров и грузов по железным дорогам. Первые результаты эксплуатации на отдельных дистанциях пути Октябрьской ж. д. показали быстроту освоения дефектоскопа операторами, удобство работы, высокую эффективность обнаружения дефектов и надежную идентификацию помех, возникающих при контроле рельсов.

Статья получена 4 июня 2006 г.