

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЕФЕКТΟΣКОПА СПЛОШНОГО КОНТРОЛЯ РЕЛЬСОВ АВИКОН-11



***Мосягин В.В.** Начальник отдела
Федоренко Д.В. Ведущий инженер-программист
Шилов М.Н. Директор НТЦ
ОАО «Радиоавионика»*

Накопленный за время эксплуатации дефектоскопов АВИКОН-01 и АВИКОН-01МР опыт, изучение потребностей железных дорог и внедрение передовых технологий позволил коллективу научно-технического центра съемных и переносных средств контроля разработать новейший ультразвуковой двухниточный дефектоскоп АВИКОН-11 (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид нового дефектоскопа АВИКОН-11

При разработке дефектоскопа особое внимание уделено наиболее полному озвучиванию сечения рельса, особенно его головке как 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 помимо вышесказанного, позволяет обнаруживать сильноразвитые дефекты с зеркальной поверхностью в обеих гранях головки рельса по зеркальному методу (рис. 2).

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

Схема прозвучивания дефектоскопа АВИКОН-11

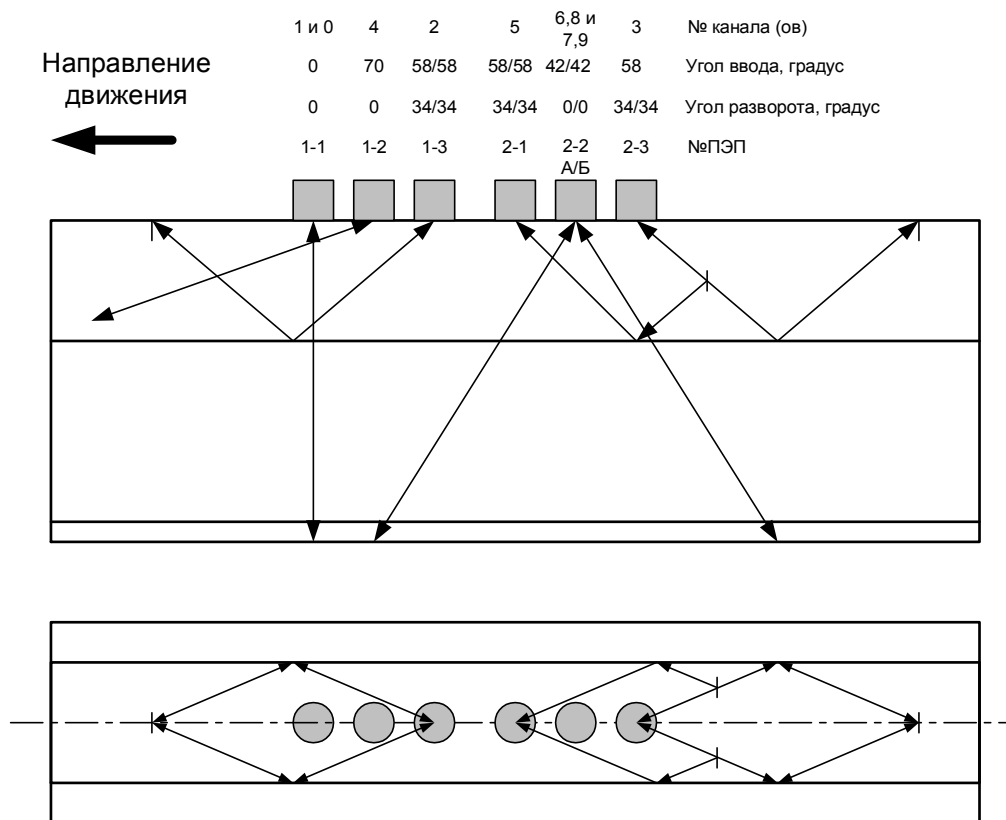


Рис. 2. Схема прозвучивания дефектоскопа АВИКОН-11

Для контроля шейки и ее продолжений в головку и подошву эхо-методом из конструктивных соображений использованы комбинированные преобразователи, имеющие в одном корпусе две пьезопластины с углами ввода 42 градуса. Естественно, сигналы от весьма опасных дефектов в подошве рельса коррозионного происхождения (код 69) 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.

В целях уменьшения «мертвой» зоны при озвучивании сечения рельса прямым преобразователями, поиска горизонтальных трещин, залегающих на небольшой глубине, конструкция ПЭП выбрана раздельно-совмещенной, причем излучающая пьезопластина расположена на специальной акустической задержке.

С целью повышения точности определения координат обнаруженных дефектов по каждому из каналов контроля предусмотрена регулировка расчетного времени в призме

(протекторе) ПЭП, это позволяет 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 реальном времени. Таким образом, 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 уровне, равном уровню срабатывания звуковой индикации, а также и на уровне в два-четыре раза ниже, что позволяет оператору обнаруживать дефекты еще на ранней стадии развития, а в сомнительных ситуациях получить более полное представление об отражателях в контролируемом сечении рельса.



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

Регистрация сигналов от отражателей (дефектов) и сопутствующая контролю (служебная) информации автоматически заносятся на съемную карту памяти, которая как и все остальные

электронные узлы, рассчитана на работу в широком диапазоне температур: от минус 40 градусов до плюс 50.

Новая рама дефектоскопной тележки с установленными на нее узлами значительно облегчена и уменьшена по габаритам благодаря оригинальным конструкторским решениям.

Искательные системы дефектоскопа могут быть установлена как сзади колес тележки, обеспечивая тем самым удобным доступ оператора к ним, так и между колес, что повышает эффективность контроля за счет улучшения их центровки в 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 ультразвукового дефектоскопа (контроль рельсов, уложенных в путь, входной контроль на рельсосварочных предприятиях и др.), а значит, различные условия эксплуатации и технологии использования требуют от современного дефектоскопа гибкости в выборе параметров и режимов работы. В то же время, значительное увеличение различных настроек прибора приводит к дополнительному усложнению работы с ним. Пользовательский интерфейс дефектоскопа АВИКОН-11 заимствовал основные принципы управления у предыдущих приборов, разработанных ОАО «Радиоавионика». Дополнительно внесенное меню позволяет изменять конфигурацию дефектоскопа опытным пользователям. Изменение ряда параметров, которое не требуется 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 (ЗИ), что благоприятно сказывается на помехозащищенности всей системы. Возможность регулировки амплитуды ЗИ доступна при подключении дефектоскопа к ПЭВМ и позволяет при необходимости выбрать в условиях дорожной лаборатории оптимальное значение амплитуды ЗИ для каждого ультразвукового канала отдельно, исходя из приемлемого отношения сигнал – шум на входе приемника и допустимого тока потребления. 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). Данная возможность позволяет вести регистрацию

сигналов независимо от оператора на чувствительностях, существенно превышающих нормативную.

Встроенное устройство регистрации дефектоскопа АВИКОН-11 реализует запись временных и амплитудных 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), обеспечивающую работу в диапазоне температур (от минус 40 до плюс 55 градусов). 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 мобильных средствах контроля (автомотрисах 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, на потенциальную точность измерения в этом случае влияет амплитудный уровень сигнала. Реализованный в дефектоскопе АВИКОН-11 метод основан на отыскании временного положения максимума эхо-сигнала, что повышает точность измерения его задержки относительно зондирующего импульса.

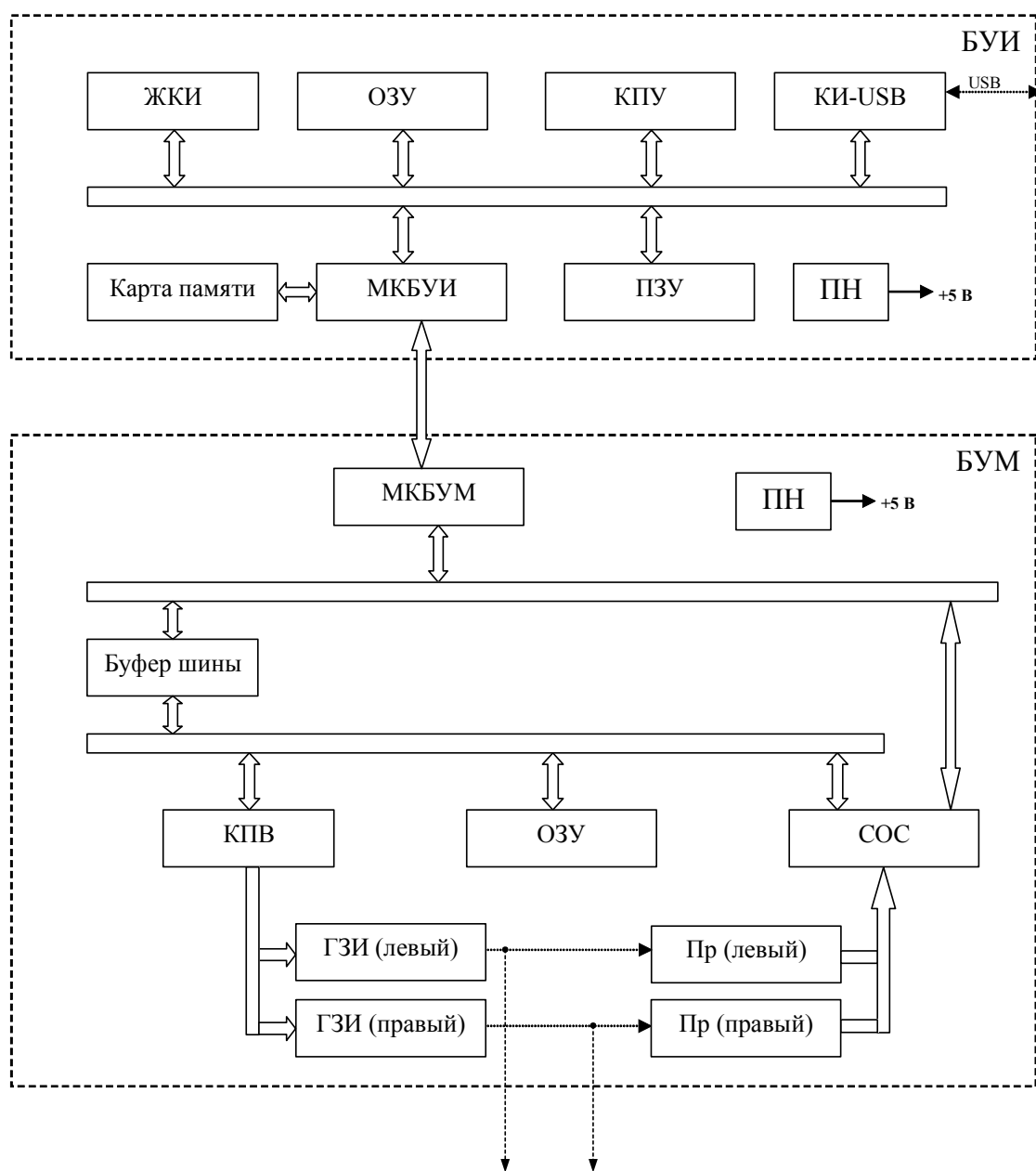
Для качественной привязки к участку контроля предусмотрен ввод не только километровых и пикетных отметок, но и номеров стрелочных переводов, отметок о поверхностных дефектах. Предусмотрена также возможность ввода текстовых отметок, список которых пользователь предварительно заносит в память дефектоскопа по своему усмотрению при помощи ПЭВМ. Точно также 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. Благодаря указанным функциональным возможностям дефектоскопа, создаваемые файлы включают в себя всю необходимую текстовую информацию, и при этом оператор

избавлен от необходимости повторного набора текста с клавиатуры самого 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. Такая возможность, как отмечено выше, 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.

Изменения самого конструктивного исполнения включают в себя не только снижение массы и габаритов тележки дефектоскопной. Решение о разделении приборной части на два блока (блок дефектоскопический и блок управления и индикации) было направлено на повышение сразу нескольких характеристик дефектоскопа. Такая конструкция позволила, во-первых, 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 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 его расположение. 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.

Функциональная схема (рис. 4) дефектоскопа АВИКОН-11 основана на общих принципах построения ультразвуковых многоканальных дефектоскопов. Последовательная работа ультразвуковых каналов в пределах одной нити позволяет использовать один приемный тракт (Пр) с мультиплексором на входе. Выходные каскады генератора зондирующих импульсов (ГЗИ) выполнены отдельно для каждой подключаемой пьезопластины.



К блокам резонаторов левой и правой нтей
Рис. 4 . Функциональная схема дефектоскопа

Управление параметрами, а также синхронизацию их работы осуществляет контроллер приемо-возбудителя (КПВ), все настройки каналов хранятся в его оперативной памяти (ОЗУ). Отличительной особенностью дефектоскопа является построение схемы обработки сигналов (СОС). Данный блок решает задачу выделения и измерения параметров эхо-сигналов, их селекции по времени и уровню. На основе полученных данных микроконтроллер блока ультразвукового многоканального (МКБУМ) формирует сообщения автоматического сигнализатора дефекта (АСД), А- и В-разверток и передает их по интерфейсу связи в блок управления и индикации. Микроконтроллер

блока управления и индикации (МКБУИ) выполняет функции начальной инициализации и последующего управления БУМ, вывода графической информации на жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), сохранения информации на съемную карту памяти, опроса кнопочной панели управления (КПУ), записи и чтения всех настроек и дополнительной информации на энергонезависимое постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), а также связи с ПЭВМ через контроллер интерфейса USB (КИ-USB).

В дефектоскопе использованы малогабаритные модули источников питания (ИП), формирующие напряжения питания для каждого из блоков отдельно.

Все электронные компоненты также имеют расширенный температурный диапазон и обеспечивают работу в пределах от -40 до +55 градусов. Для обеспечения работоспособности ЖКИ при отрицательных температурах используется панель обогрева. Общий ток потребления при работе от аккумулятора с напряжением 12 В составляет 0,5 А в обычном режиме и до 1,2 А при включенном подогреве дисплея. Программное обеспечение дефектоскопа поддерживает режим перепрограммирования через имеющийся интерфейс, что в значительной степени упрощает модернизацию программы эксплуатируемых приборов по замечаниям и предложениям пользователей.

Программа отображения дефектограмм дефектоскопа АВИКОН-11, устанавливаемая на стационарную ПЭВМ, предназначена для работы с адаптером карты памяти, блоками дефектоскопа, расшифровки файлов дефектограмм и формирования отчетности. Программа отображения 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:

1. Для представления информации об амплитуде эхо-сигналов предусмотрен режим отображения как по фронту сигнала, так и по его длительности на уровне порога (рис. 5). Такой режим отображения позволяет оперативно оценивать амплитуду (энергию) пачки, а также различать (обнаруживать) пачки эхо-сигналов на фоне помех.

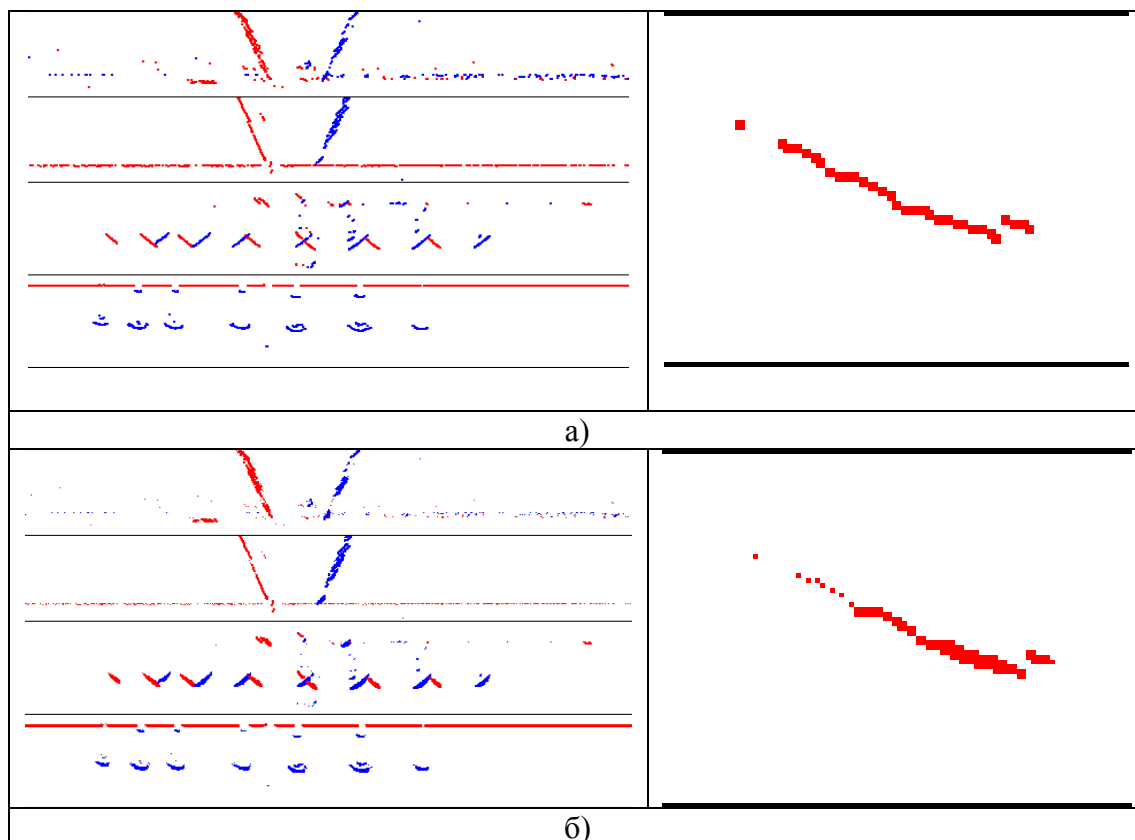


Рис. 5. Отображение амплитуды сигналов на В-развертки:
а) отображение пачек сигналов по фронту импульсов;
б) отображение пачек сигналов по длительности импульсов

Кроме этого режима информацию об амплитуде эхо-сигналов можно получить, изменяя порог отображения.

2. Режим «Сведение к единому сечению 1» (рис. 6, б) - в данном режиме в координаты эхо-сигналов вносится корректировка с учетом конфигурации искательной системы (взаимных положений ПЭП).

3. Режим «Сведение к единому сечению 2» - данный режим отличается от предыдущего тем, что при корректировке координат эхо-сигналов для каналов с наклонным вводом УЗК дополнительно учитывается удаление отражателя от точки ввода УЗК в металл рельса (рис 6, в).

Эти режимы трансформируют дефектограмму таким образом, что сигналы различных каналов, зарегистрированные от одного отражателя, отображаются в районе координат нахождения отражателя.

4. Режим «В виде рельса». В этом режиме программа накладывает изображение эхо-сигналов на схематическое представление рельса, благодаря чему формируется картина, позволяющая четко представить расположение отражателей в металле рельса (рис. 6, г).

5. Режим отображения огибающей амплитуды донного сигнала (рис. 7) позволяет увидеть изменение амплитуды донного сигнала, тем самым контролировать качество акустического контакта и повысить 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.

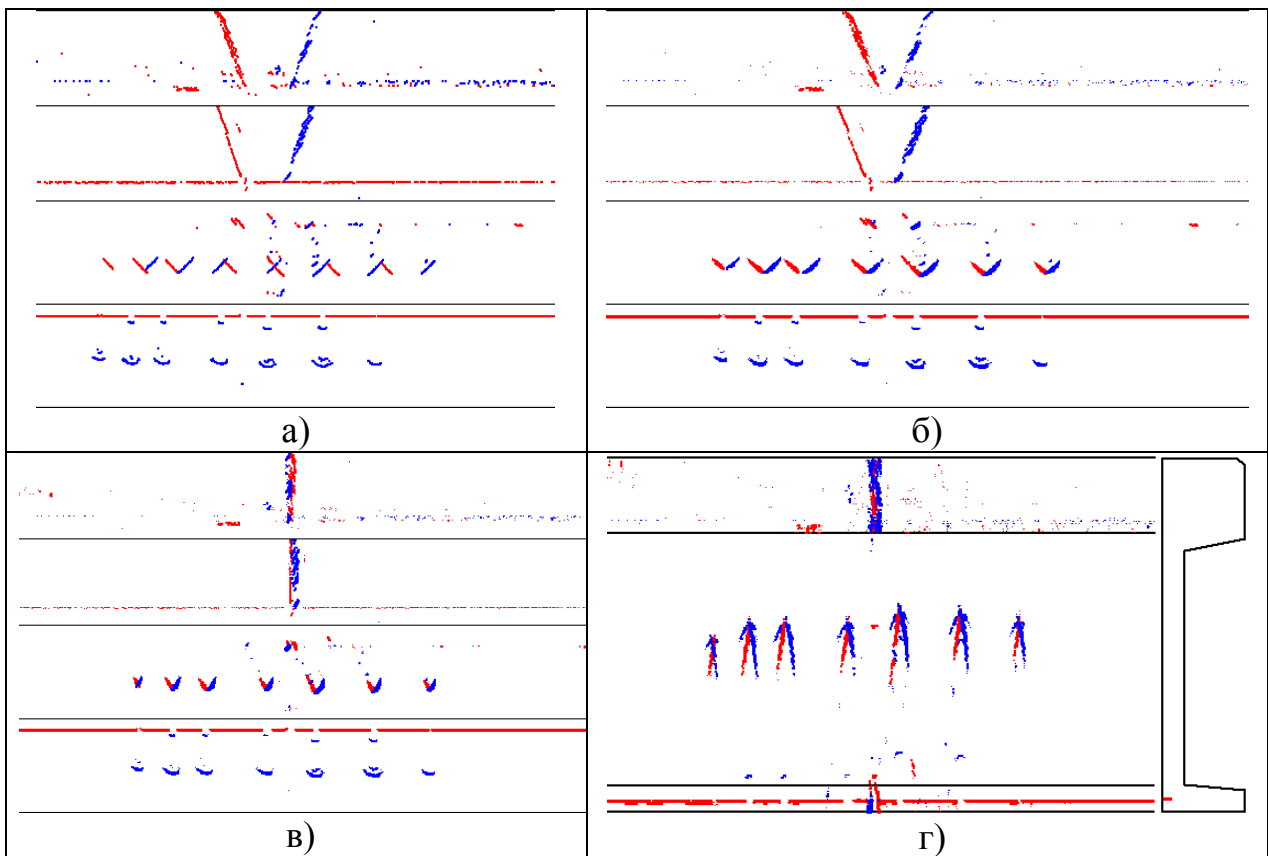


Рис. 6. Виды отображения информации:

а – классический, б – сведение в единое сечение с учетом расположение ПЭП по длине рельса, в – сведение в единое сведение с учетом расположения ПЭП по длине рельса и углов ввода и разворота ПЭП относительно продольной оси рельса, г) «В виде рельса».

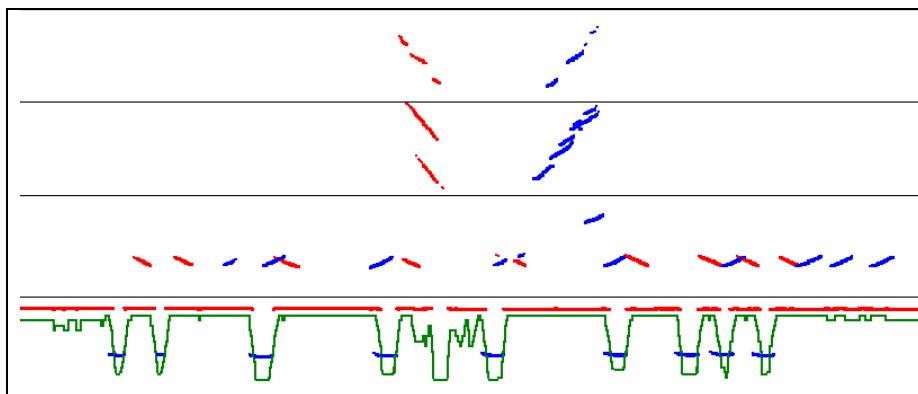


Рис. 7. Огибающая амплитуд донных сигналов

6. 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. 8). Также имеется возможность просмотреть таблицы временных и амплитудных параметров эхо-сигналов для каждой координаты пути.

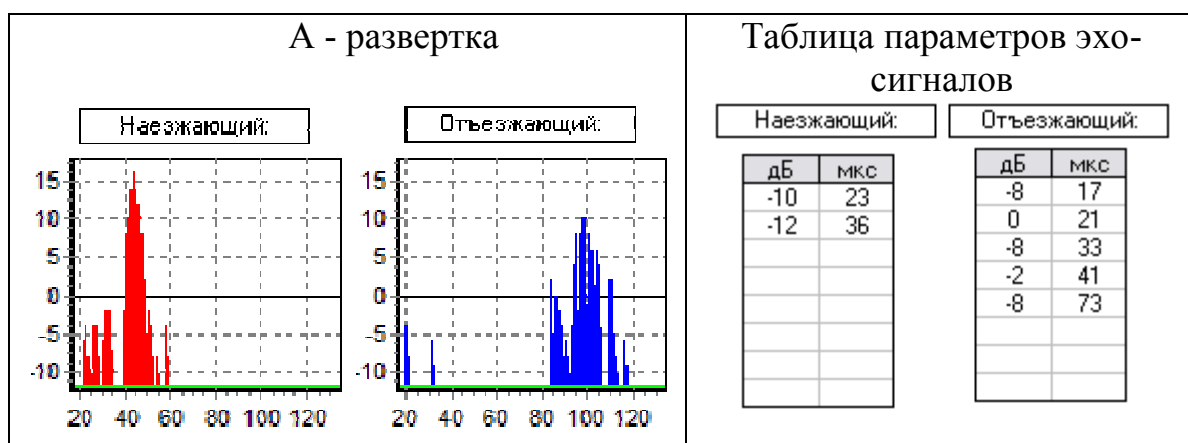


Рис. 8. Восстановление А-развертки для любой точки пути

Для упрощения работы с файлами проходов в программу внесены широкие возможности по настройке представления данных. Пользователь программы 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. 9).

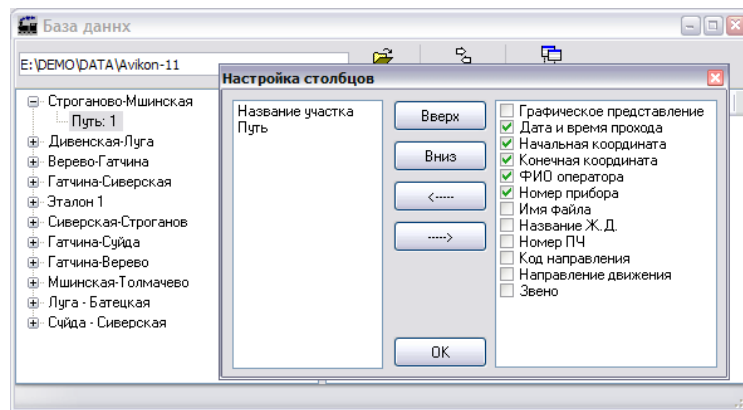


Рис. 9. Настройка базы данных

Как было отмечено выше, программа позволяет заносить в дефектоскоп списки операторов, названия перегонов, особые отметки и личные записи оператора (рис. 10). Данный перечень используется во время работы оператора на дефектоскопе в пути.

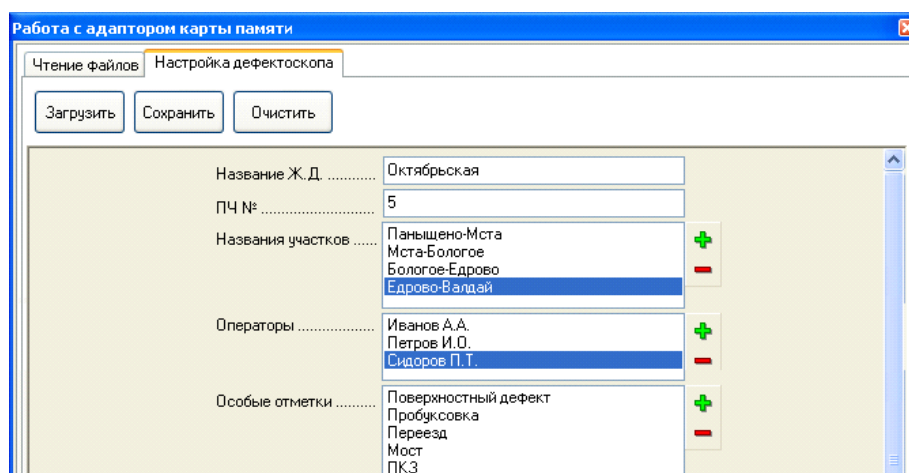


Рис. 10. Ввод пользовательских данных в АВИКОН-11

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. 11). Этот режим позволяет оператору не затрачивать время на анализ мест, не содержащих записей или содержащих помехи.

Кроме того, программа отображения позволяет воспроизвести работу АСД дефектоскопа, это необходимо в особых случаях при пропуске дефекта с целью выяснения – мог ли оператор услышать данный пропущенный дефект или нет.

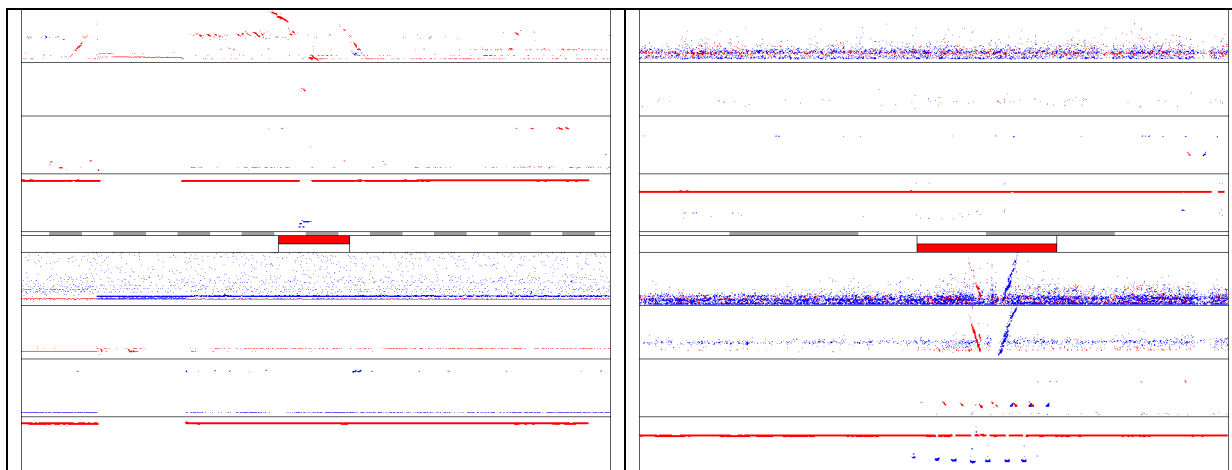


Рис. 11. Результат поиска значимых участков

Благодаря изменениям в работе с файлами вся информация, относящаяся к одному 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, защищенные семью патентами РФ на изобретение, отличительные принципы его построения, мощная программа отображения результатов контроля, построенная на базе нескольких уникальных алгоритмов дали возможность 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.