

Дополнительные возможности дефектоскопов типа «АВИКОН»

А.А. Марков
Е.А. Кузнецова

Все современные съемные и мобильные средства дефектоскопии рельсов осуществляют сплошную (непрерывную) регистрацию сигналов на всей протяженности контролируемого пути. При последующем анализе сигналов (дефектограмм) ультразвукового контроля дефектоскопическая информация на экранах компьютеров представляется в виде развертки типа В в координатах «время распространения t_p [мкс] ультразвуковых колебаний в контролируемом изделии – координата преобразователя $S_{ПЭП}$ [мм]».

Еще 10 лет назад в 2001 году для повышения эффективности контроля рельсов в регистраторах РИ-01 съемных дефектоскопных тележек АВИКОН-01МР впервые в рельсовых дефектоскопах предложено осуществлять регистрацию сигналов не **на одном, а на восьми амплитудных уровнях** (рис.1). При этом первый – самый нижний уровень регистрации сигналов – расположен на 6 дБ ниже нулевого уровня, соответствующего настройке приемника дефектоскопа на условную чувствительность (K_y). Этот амплитудный порог называется «**уровень минус 6 дБ**», таким образом, регистрация сигналов производится на повышенной чувствительности. Второй уровень, называемый «**нулевым**» или «**уровень 0 дБ**», соответствует чувствительности сплошного контроля рельсов (настройке преобразователей и приемника дефектоскопа на величину условной чувствительности K_y). Остальные шесть уровней с шагом в 3 дБ превышают уровень сплошного контроля и называются «уровень +3 дБ»... «уровень +18 дБ».

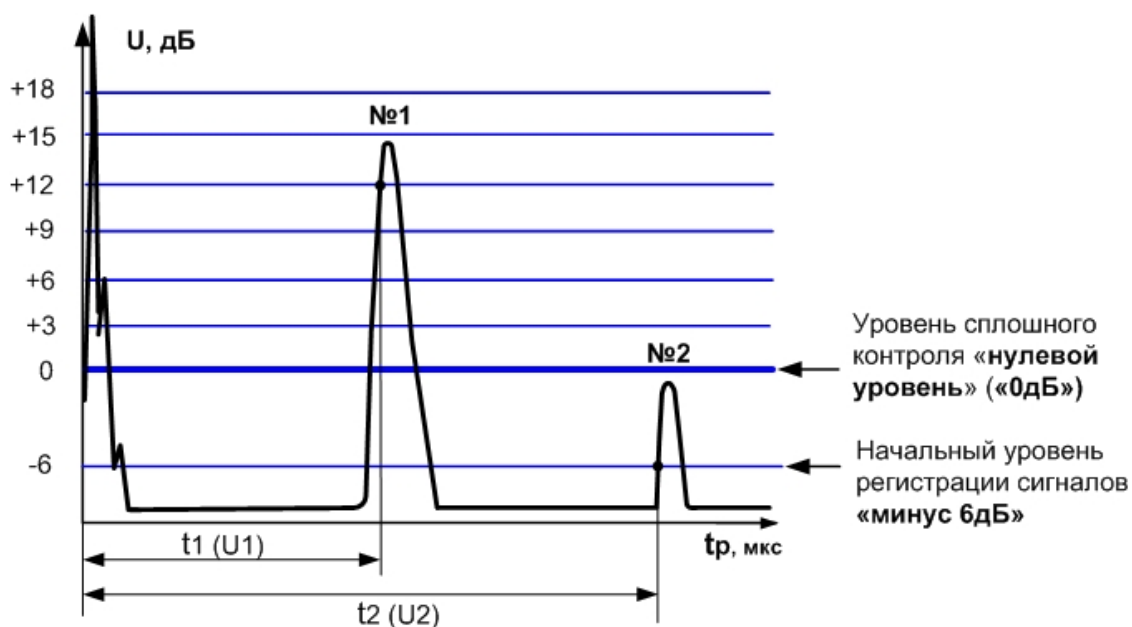


Рис. 1. Реализация многоуровневой регистрации сигналов в регистраторе РИ-01 дефектоскопа АВИКОН-01: импульс №2 не превышает пороговый (нулевой) уровень и не может быть обнаружен оператором в пути

Практически, такую многоуровневую регистрацию сигналов контроля, можно сравнить с восьмикратным контролем одного и того же участка рельсового пути при восьми разных чувствительностях дефектоскопа. Причем, этот результат получается при единственном проходе дефектоскопной тележки по участку пути.

Расшифровщики дефектограмм широко используют преимущества, появившиеся при введении многопороговой (многоуровневой) регистрации сигналов:

- возможность расшифровки сигналов при повышенной (на 6 дБ) чувствительности (позволяет обнаруживать дефекты на ранней стадии развития, которые не могли вызвать срабатывание звукового индикатора дефектоскопа и, естественно, не могли быть замечены оператором при сплошном контроле рельсов в пути);

- отображение А-развертки при наведении курсора мыши на интересующий участок дефектограммы и измерение амплитуды (коэффициента выявляемости) эхосигналов от дефектов;

- более точное определение параметров (глубины залегания) выявленных дефектов;

В то же время, во всех съемных дефектоскопах типа «АВИКОН» была заложена еще одна ценная функция, которая по каким-то причинам далеко не всегда используется на практике. Эта функция – отображение амплитудной огибающей донных сигналов – и ее полезным свойствам посвящена данная статья. Отдельно заметим, что эта возможность реализована также и на вагоне-дефектоскопе с комплексом АВИКОН-03М.

При контроле рельсов прямым преобразователем (РС ПЭП) с углом ввода ультразвуковых колебаний $\alpha = 0^\circ$ реализуют зеркально-теневой метод (ЗТМ) контроля рельсов [1]. При этом анализируют амплитуду сигналов, отраженных от внутренней (донной) поверхности подошвы рельса, – донных сигналов. В качестве исходного уровня U_0 используют амплитуду донных сигналов на бездефектном участке рельса. Относительно этого уровня производится настройка дефектоскопа на условную чувствительность и определение порогового уровня.

Рекомендуемое (в нормативной документации) значение чувствительности при контроле рельсов K_y для прямого преобразователя составляет 14 (отрицательных) дБ. Это означает, что если амплитуду донных сигналов U_0 на бездефектном участке принять за единицу, то амплитудный порог соответствует $U_{\text{пор}} = 0,2U_0$ (рис. 2б). Таким образом, при однопороговой регистрации линия донных сигналов на В-развертке прерывается только при уменьшении амплитуды донного сигнала над дефектным участком более чем в 5 раз (более чем на 14 дБ) (рис. 2, дефект 1). При уменьшении амплитуды донных сигналов менее чем в пять раз (например, в 4,8 раза), не происходит срабатывание звукового индикатора дефектоскопа, и линия донных сигналов на дефектограмме не прерывается. В результате дефекты 2 и 3 на рис. 2 не вызывают срабатывание индикатора дефектоскопа и могут быть не замечены оператором в процессе контроля.

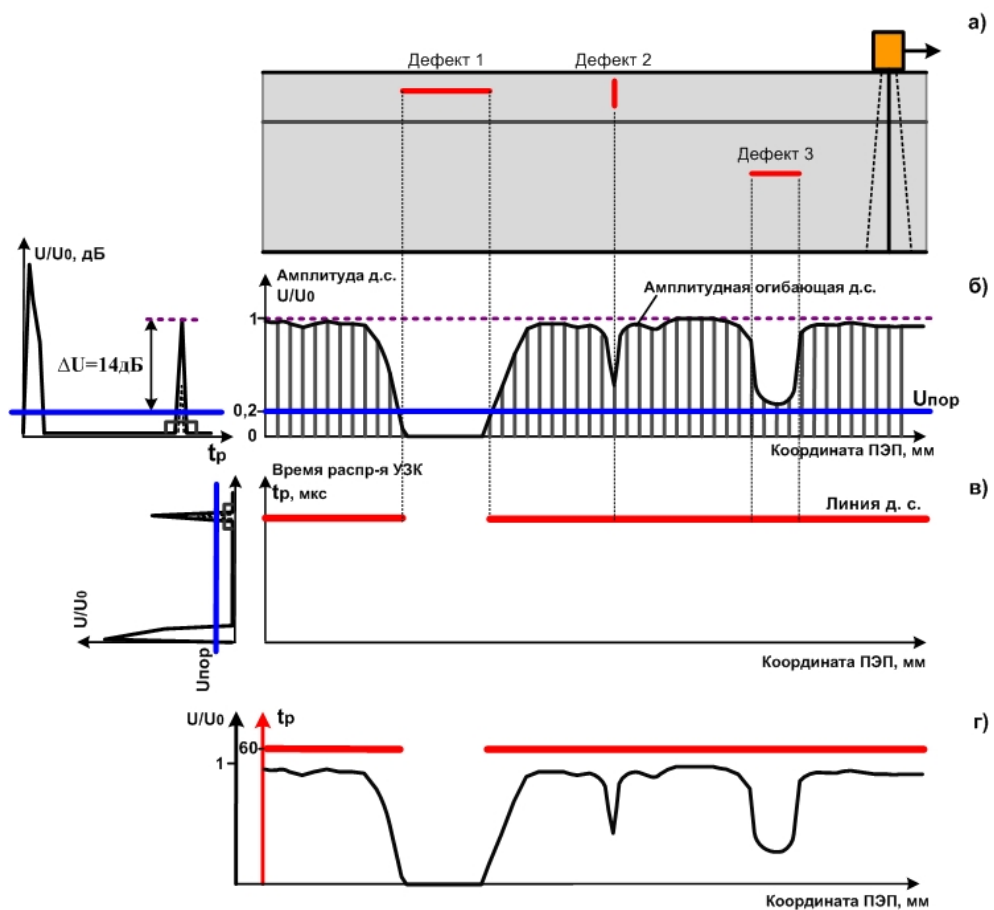


Рис. 2. Представление донных сигналов (д.с.):

- а) вид рельса с дефектами; б) формирование амплитудной огибающей д.с.;
- в) формирование линии д.с. на В-развертке с учетом порогового уровня $U_{пор}$;
- г) наложение амплитудной огибающей на В-развертку

При введении многоуровневой регистрации возможно проследить изменение амплитуд донных сигналов в процессе контроля и отобразить эти изменения на дефектограмме. Для этого в программах отображения дефектоскопов типа «АВИКОН» имеется специальная функция, включающая режим отображения огибающей амплитуд донных сигналов (на рис. 2б и г – линия черного цвета), получаемую по мере перемещения преобразователя. Для удобства амплитудная огибающая отображается непосредственно на В-развертке (на дорожке для сигналов преобразователя 0° – рис. 2г). Это эквивалентно наложению друг на друга двух систем координат: «время распространения УЗК t_p – координата преобразователя $S_{ПЭП}$ » и «амплитуда эхо-сигналов – координата преобразователя $S_{ПЭП}$ [мм]» (В-развертка + амплитудная огибающая – см. рис. 2г).

Естественно, при движении скользящей по рельсу искательной системы дефектоскопа амплитуда донных импульсов изменяется (флуктуирует) в небольших пределах ($\pm 2-4$ дБ). Поэтому огибающая донных импульсов не бывает абсолютно стабильной и горизонтальной, а также флуктуирует. Исключение может составлять только системы скольжения – колесные ультразвуковые преобразователи (реализованы в дефектоскопной тележке АВИКОН-14), где за счет плотного прилегания эластичной полиуретановой оболочки колеса к рельсу наблюдается весьма стабильный акустический контакт, и флуктуация существенно меньше ($\pm 1-2$ дБ).

При использовании огибающей донных сигналов в процессе расшифровки дефектограмм оператор получает следующие дополнительные возможности:

1. Принятие решения о степени опасности дефекта

Поскольку на дефектограмме линия донных сигналов прерывается только при снижении д.с. ниже порогового уровня $U_{\text{пор}}$, в некоторых случаях невозможно зафиксировать уменьшение амплитуды донных сигналов, и, соответственно, обнаружить дефект. Это может происходить, когда горизонтальная трещина (например, кодов 30Г, 52, 55) только частично заходит в проекцию шейки и не вызывает существенного ослабления донных сигналов (как дефект 3 на рис 2).

При наличии же поперечной трещины в головке, заходящей в зону проекции шейки, ослабление донных сигналов происходит кратковременно (дефект 2 на рис.2), и может быть не замечено оператором. Включение отображения амплитудной огибающей позволяет проанализировать поведение донных сигналов на контролируемом участке рельсов, и зафиксировать даже незначительное или кратковременное снижение их амплитуды (без привязки к пороговому уровню). В этом случае, появляется дополнительная диагностическая информация, которая позволяет более обоснованно принять решение о дефектности рельса по зеркально-теневому методу в дополнение к другим методам контроля рельсов (рис.3).

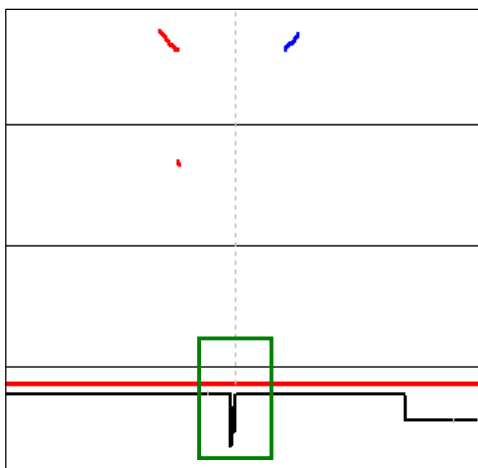


Рис. 3. Кратковременное уменьшение амплитуды донных сигналов над поперечной трещиной головки рельса, фиксируемое с помощью амплитудной огибающей

2. Оценка качества акустического контакта.

В некоторых случаях, при анализе уровня огибающей донных сигналов, можно наблюдать, что хотя линия д.с. является практически непрерывной, фактически амплитуда донных сигналов на контролируемом участке едва превышает заданный уровень $U_{\text{пор}} = 0.2U_0$ (рис. 4а). При этом качество акустического контакта на данном участке трудно признать удовлетворительным, а значит, дефекты при сплошном контроле могут быть не зафиксированы. При хорошем качестве акустического контакта (рис. 4б) амплитудная огибающая ведет себя стабильно (без постоянных скачкообразных изменений как на рис. 4а), а ее амплитудный уровень близок к единице (рис. 4б).

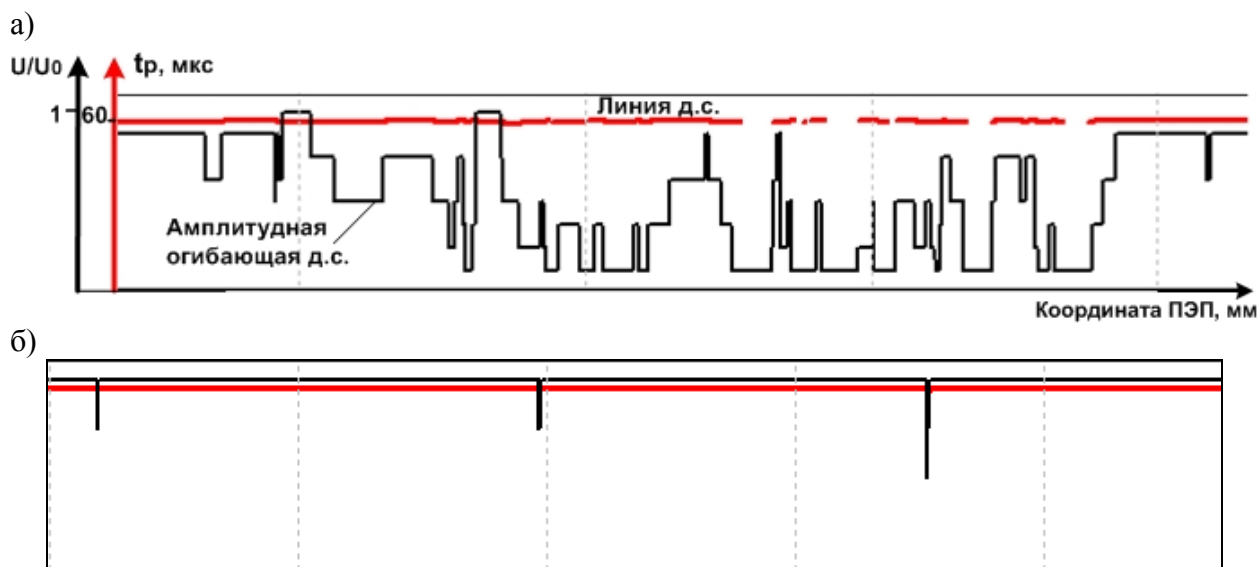


Рис. 4. Анализ качества акустического контакта: а – недостаточное качество контакта; б – стабильный контакт

3. Точная «привязка» сигналов от дефектов.

Как правило, качественно обработанные сварные стыки рельсов не вызывают появление сигналов в каналах съемных дефектоскопов (главным образом, сварка фиксируется магнитным каналом вагонов-дефектоскопов). В связи с этим, при анализе сигналов бесстыкового пути весьма трудно произвести «привязку» сигналов от дефекта к реальному пути, т.к. отсутствуют такие регулярные отражатели как болтовые стыки рельсов.

Однако в зоне термического влияния в сварном стыке (в пределах 50-60 мм в обе стороны от шва) наблюдается ослабление амплитуды донных вследствие затухания ультразвука на структуре металла.

На рис. 5 показан фрагмент дефектограммы АВИКОН-11 бесстыкового пути с амплитудной огибающей донных сигналов (линия зеленого цвета). Сварные стыки рельсов идентифицированы по кратковременным ослаблениям амплитуды д.с., следующими через каждые 25 м (соответствует длине одного рельса). На увеличенных фрагментах видно, что линия донных сигналов (красного цвета) в зонах сварки не прерывается, хотя по огибающей видно характерное изменение (уменьшение) амплитуд д.с. в зонах термического воздействия. Таким образом, появляется возможность произвести точную привязку сигналов от дефекта к пути (например, 5 м от 2-й сварки от пикета $\frac{3}{4}$ по ходу км – см. рис.5).

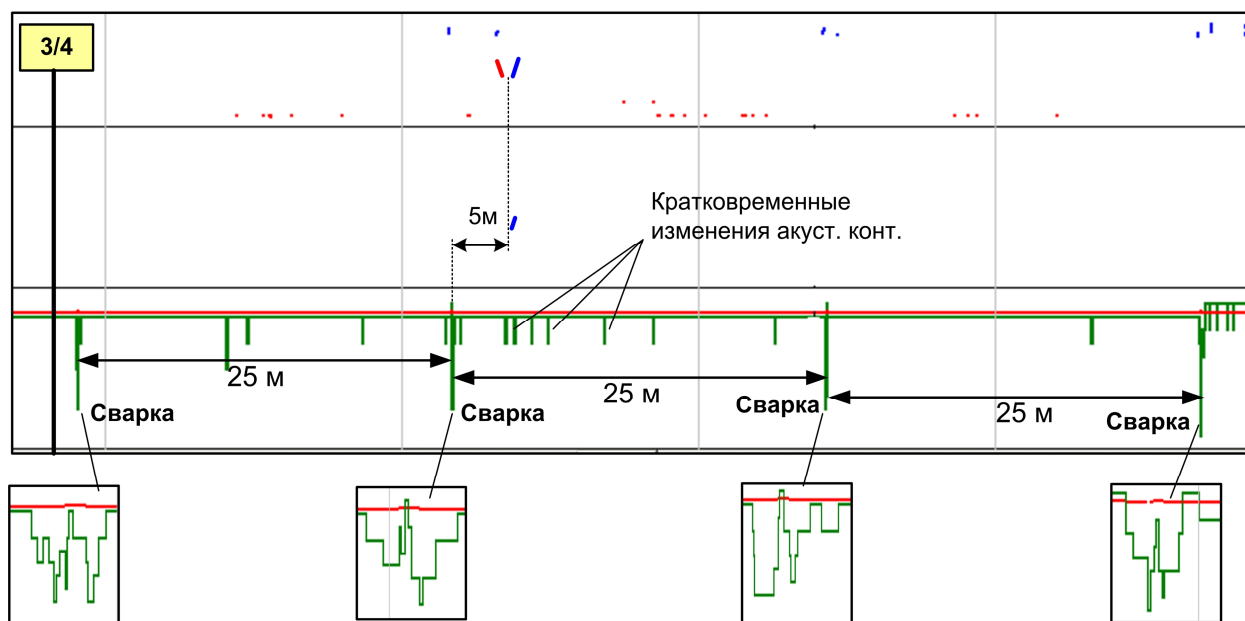


Рис. 5. Идентификация сварных стыков по огибающей донных сигналов и привязка сигналов от дефекта на бесстыковом пути

4. Локализация участков с коррозией подошвы.

На российских железных дорогах весьма остро стоит проблема изломов рельсов из-за коррозионно-усталостных трещин подошвы по коду 69. К сожалению, в настоящее время отсутствуют утвержденные способы и средства, позволяющие надежно локализовать участки рельсового пути с коррозионными повреждениями подошвы.

Авторами разработана и предложена методика локализации участков рельсов с коррозией подошвы, состоящая из трех этапов.

На I этапе производится анализ выхода рельсов по дефектам кода 69 на дистанции пути и предварительная локализация участков с коррозией по результатам сплошной расшифровки огибающей донных сигналов на дефектограммах.

Известно, что коррозия подошвы рельсов наблюдается на шпалах – в местах контакта подошвы с подрельсовыми резинокордовыми прокладками, интенсивно накапливающими влагу по мере старения резины. Попадающие между прокладкой и подошвой рельса продукты перевозочного процесса (частицы перевозимых грузов, металлическая пыль от тормозных колодок и проч.), а также утечки тягового тока (электрокоррозия) дополнительно усиливают коррозию.

Поскольку коррозия подошвы вызывает ослабление амплитуды донных сигналов, признаком коррозионного участка (рис. 6) является наличие регулярных характерных спадов огибающей донного сигнала над шпалами протяженностью 50 – 140 мм (протяженность зоны коррозионного повреждения), отстоящих друг от друга на расстоянии 420 – 560 мм (расстояние между шпалами).

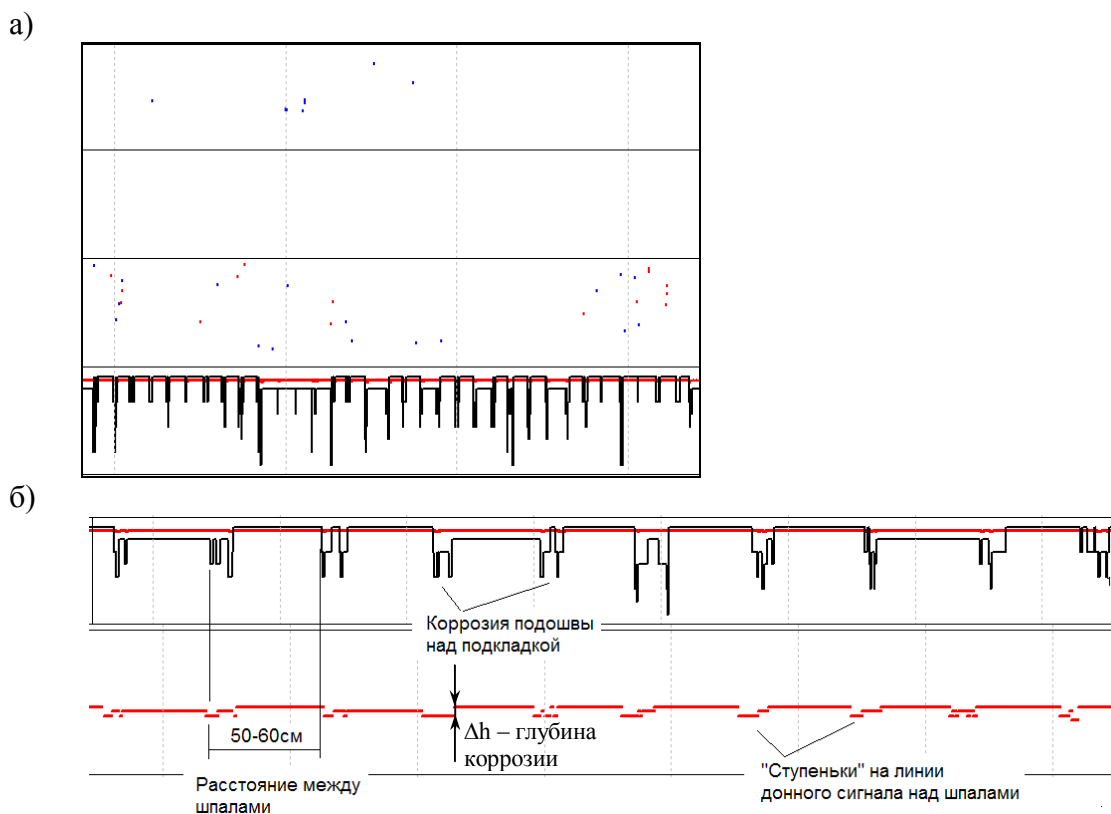


Рис. 6. Локализация участков с коррозией подошвы: а – дефектограмма АВИКОН-01 с характерными спадами амплитудной огибающей д.с. над шпалами; б – увеличенное изображение амплитудной огибающей и «ступенек» на линии донных сигналов

В связи с хорошей (1 мм по глубине рельса) разрешающей способностью регистраторов дефектоскопов АВИКОН возможно весьма точное измерение глубины проникновения коррозии непосредственно с помощью В-развертки (см. рис. 6 б).

На II этапе осуществляется контроль локализованных участков дефектоскопной тележкой на повышенной (на 8-10 дБ относительно рекомендуемой) чувствительности. **На III этапе** – анализ полученных на этапе II дефектограмм в стационарных условиях и выявление потенциально опасных сигналов от возможных поперечных трещин подошвы кода 69 (рис.7).

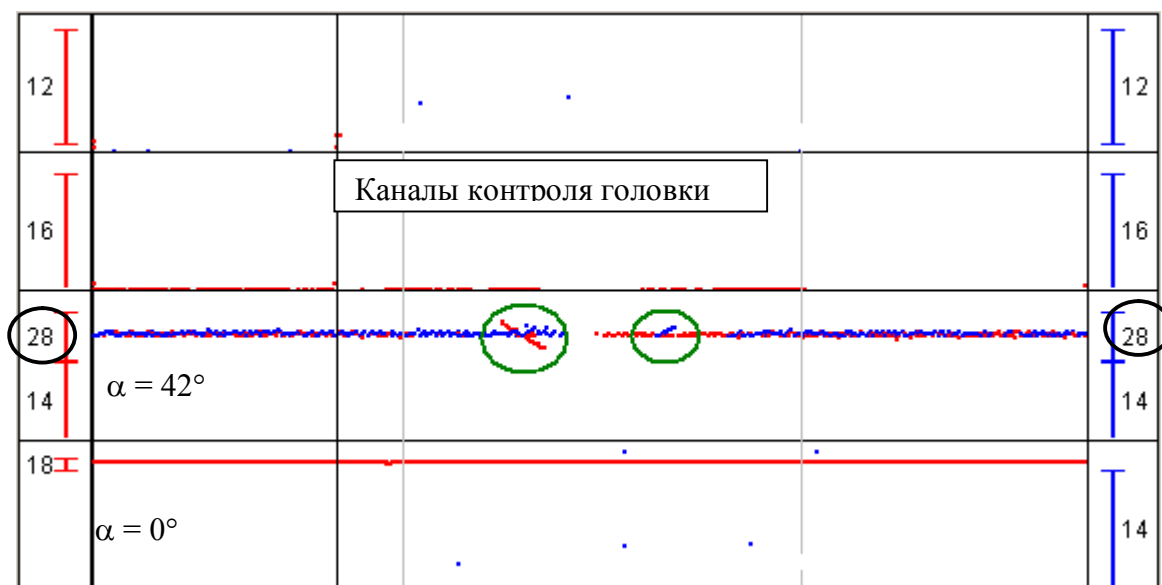


Рис. 7. Сигналы от дефекта подошвы кода 69, обнаруженные дефектоскопом АВИКОН-11 на повышенной чувствительности ($K_y = 28$ дБ)

Из изложенного следует, что более широкое применение функции «Огибающая амплитуд донных сигналов» позволяет:

- более надежно (с большей достоверностью) обнаруживать возможные дефекты (в том числе, и на ранней стадии развития);
- локализовать участки с коррозионными повреждениями подошвы;
- повысить точность «привязки» координат обнаруженных по дефектограмме дефектов к реальному пути (особенно на бесстыковом пути);
- дифференцировано оценивать качество акустического контакта при контроле рельсов.

Особо стоит отметить, что все указанные преимущества по анализу сигналов могут быть получены уже сегодня без дополнительных затрат, поскольку они были изначально заложены в дефектоскопы типа «АВИКОН».