

Дефекты рельсов в зоне стрелочных переводов

Е.А. Кузнецова, ведущий инженер
НТК СНК ОАО «Радиоавионика»

А.А. Марков, директор НТК Средств
неразрушающего контроля
ОАО «Радиоавионика»

Стрелочный перевод является, пожалуй, наиболее сложным для ультразвукового контроля участком рельсового пути. В процессе сканирования этой зоны фиксируется значительное количество сигналов от разнообразных элементов и отражателей (остряки, рамные рельсы, крестовина, болтовые и технологические отверстия, сварные стыки и т.п.). Несмотря на это, для контроля таких сложных участков в настоящее время используются более 340 одониточных дефектоскопов-штанг, имеющих только звуковую индикацию дефектов. В последние годы стрелочные переводы стали контролировать, также, с помощью дефектоскопных тележек с регистраторами сигналов, однако и в этом случае оператору, работающему «по старинке» – на звук, практически невозможно распознать дефектное сечение на фоне многочисленных срабатываний от конструктивных элементов.

На рис. 1 представлена схема одиночного обыкновенного стрелочного перевода, состоящего из стрелки с переводными механизмами, комплекта крестовины с контррельсами и соединительных путей между ними [1]. При таком положении остяков движение осуществляется на боковой путь.

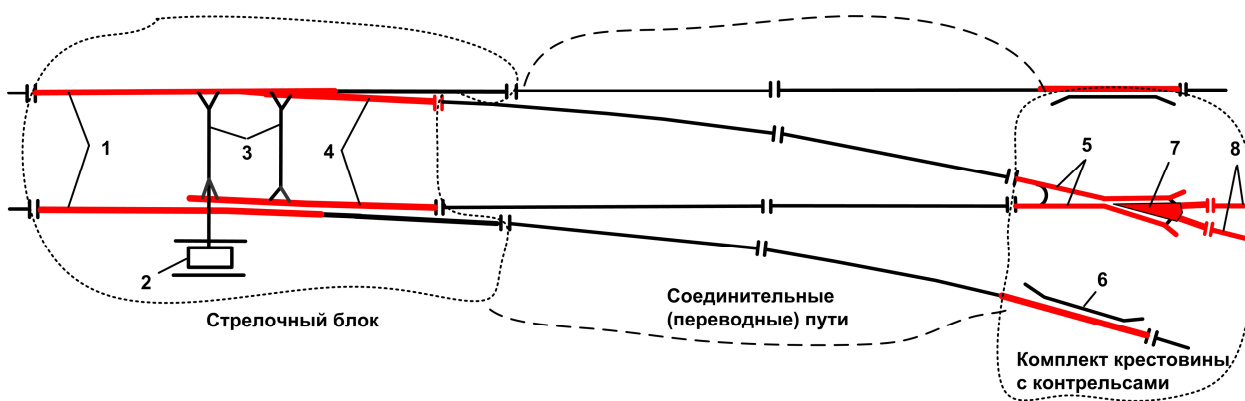


Рис. 1. Схема обыкновенного стрелочного перевода: 1-рельсы рамные прямого и бокового направлений, 2-переводной механизм стрелки, 3-переводные тяги остяков, 4-остяки, 5-правый и левый усовики (передний вылет крестовины), 6-контррельс, 7-сердечник крестовины, 8-закрестовинные рубки

Сплошному ультразвуковому контролю подлежат все *рельсовые* элементы стрелочного перевода, и в частности [2]:

- рамные рельсы (поз. 1 рис. 1) и рельсы соединительных путей (ходовые рубки) по всей длине;

- острияки (поз. 5 рис. 1) на участке от корневой части до участка, на котором плоский кант головки острияка составляет более 18 мм и параллелен подошве (эту зону контролируют всеми каналами дефектоскопа с обязательной подстройкой стробирующего импульса канала ПЭП с углом $\alpha = 0^\circ$, реализующего ЗТМ, на высоту контролируемой части острияка). Высокую корневую часть острияка на участке от выпрессовки до его ближнего конца проверяют в соответствии с методикой контроля зоны болтовых стыков;

- усовики (поз. 6 рис. 1) в рельсовой части переднего вылета крестовины до начала литого сердечника и приварные рельсовые хвостовики крестовины при их наличии.

На рис. 2 представлены сигналы контроля дефектоскопной тележкой АВИКОН-11 в зоне **стрелочного блока** (по рис.1). При показанном на рис. 1 положении острияков правые колеса дефектоскопа двигались по **рамному рельсу** бокового направления (поз. 5 рис. 2), при этом на нижней нитке дефектограммы зафиксировано множество пачек сигналов от конструктивных отверстий в шейке рамного рельса.

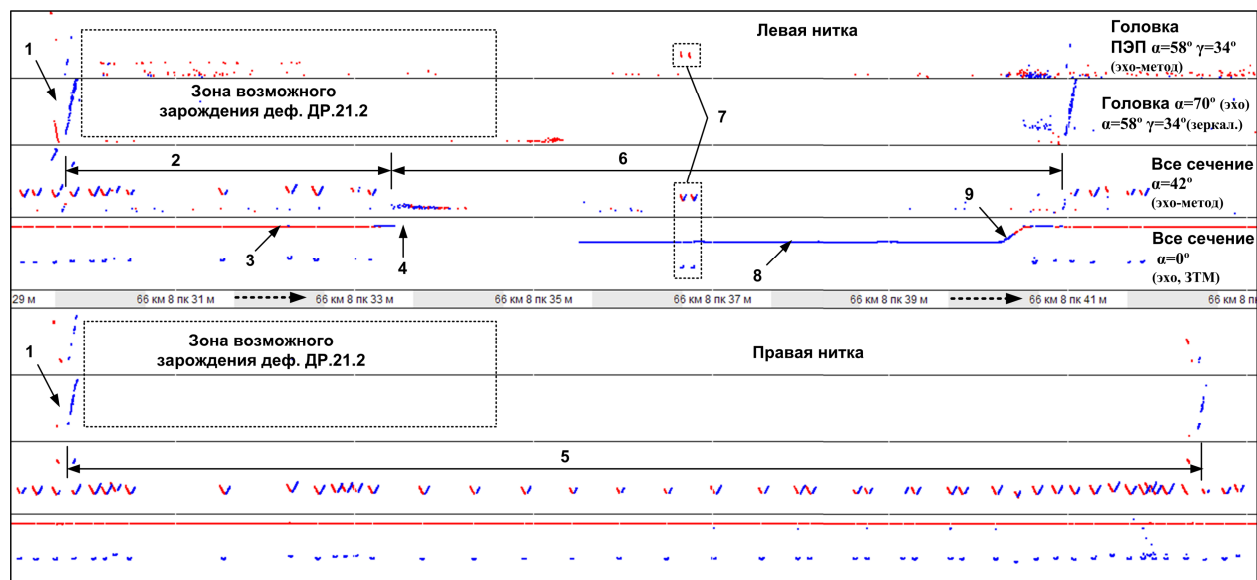


Рис. 2. Дефектограмма стрелочного блока: 1-передние стыки рамных рельсов, 2-участок рамного рельса прямого направления, 3-линия донных сигналов рамного рельса прямого направления, 4-переход с рамного рельса на острие острияка, 5-рамный рельс бокового направления, 6-остряк бокового направления, 7-сигналы от отверстий крепления переводных тяг острияков, 8-линия донных сигналов острияка, 9-зона выпрессовки корня острияка

По левой нитке колеса дефектоскопа двигались сначала по рамному рельсу прямого направления (поз. 2 рис. 2), при этом на дефектограмме зафиксированы линия донных сигналов указанного рамного рельса (поз. 3) и сигналы от отверстий в нем. Затем искательная система дефектоскопа постепенно перекатилась с рамного рельса на острие **острияка** (поз. 4) с весьма узкой поверхностью катания, вследствие чего линия донных сигналов острияка отсутствовала на участке протяженностью около 1,5-2,5 м. Эти сигналы возобновились (поз. 8) на участке уширения головки острияка более 18-20 мм.

Над линией донных сигналов остряка отображаются пачки сигналов от парных отверстий в шейке остряка (поз. 7) для крепления переводных тяг. В зоне выпрессовки корневой части остряка (поз. 9) его высота постепенно увеличивается, он приобретает профиль обычного рельса. Корень остряка скрепляется с рельсом соединительных (переводных) путей болтовым соединением.

На рис. 3 представлена дефектограмма **блока крестовины** с литым сердечником (по рис.1). На нижней нитке (ходовой рельс) отображается серия пачек сигналов от отверстий крепления контррельса (поз. 4). На верхней нитке на этом же участке наблюдаются шумовые сигналы от неконтролируемой ультразвуком литой части крестовины (поз.5).

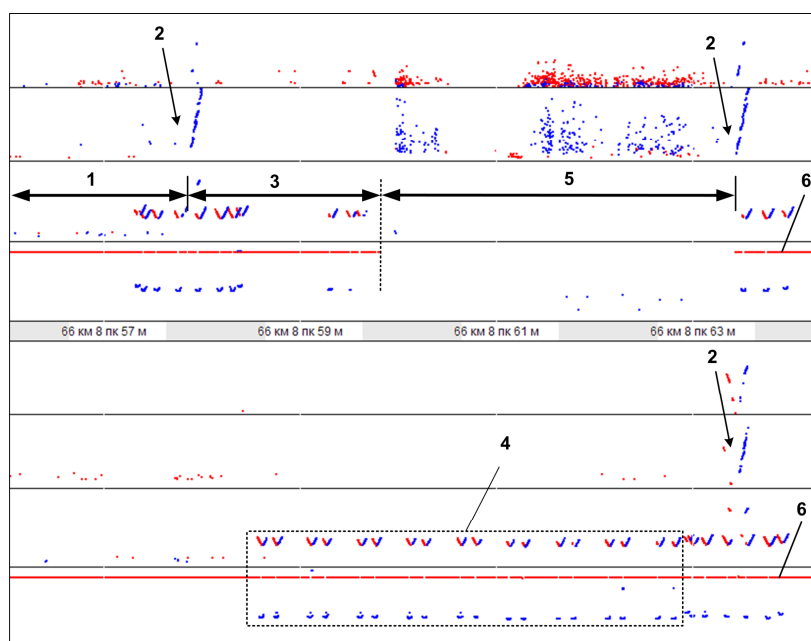


Рис. 3. Дефектограмма блока крестовины: 1-рубка, примыкающая к переднему вылету крестовины, 2-болтовые стыки, 3-передний вылет крестовины, 4- ходовой рельс крестовины с отверстиями крепления контррельса, 5-литая часть крестовины (врезка усовика, сердечник, хвостовик), 6-закрестовинные рубки

Соответственно, неконтролируемыми (ультразвуком) элементами являются острия остряков (узкая поверхность катания), литая часть крестовины (нерельсовая сталь), контррельсы и задняя часть усовиков (недоступны при сплошном контроле).

Рассматривая стрелочный перевод в целом, можно выделить **пять зон** (элементов) наиболее вероятного **образования дефектов** (на рис. 1 они выделены красным цветом):

1 – рамные рельсы на участке от переднего болтового стыка до окончания зоны подстрожки (для плотного прилегания острия остряков сечения головки рамных рельсов в этой зоне сформированы путем строжки боковой части головки, кроме того, при скатывании колес железнодорожных составов с остряков на рамные рельсы действуют значительные динамические нагрузки);

2 – острия по всей протяженности и, особенно, – в зоне выпрессовки корневой части (структурные изменения металла в процессе изготовления), а также сварной стык приварки рельсовых окончаний острия;

3 – крестовина (несмотря на то, что их конструкции отличаются: цельнолитые или сварные, с точки зрения дефектоскопии эти элементы являются проблемными);

4 – закрестовинные рубки в зоне болтового стыка;

5 – участки ходовых рельсов обеих ниток в области крепления контррельсов, где сечение шейки ослабляется множеством болтовых отверстий.

Все остальные части стрелочного перевода мало отличаются от рельсов звеньевых пути.

Причинами образования дефектов [3] в указанных элементах стрелочных переводов являются:

- измененное или ослабленное сечение рельса (головки, шейки, подошвы) ввиду конструктивных особенностей элементов;

- возможные концентраторы напряжений в процессе изготовления элементов;

- значительные динамические нагрузки при прохождении железнодорожных составов.

Так же как и в обычных рельсах, поперечные трещины в головке **рамных рельсов** (зона № 1) с измененным сечением головки в зоне подстрожки обычно начинают развиваться от верхней рабочей выкружки. Как показывает практика, такие дефекты развиваются на расстоянии 0,5-2,5 м от переднего болтового стыка (рис. 4). Поэтому этот участок от стыка до окончания зоны подстрожки необходимо проанализировать особенно внимательно.

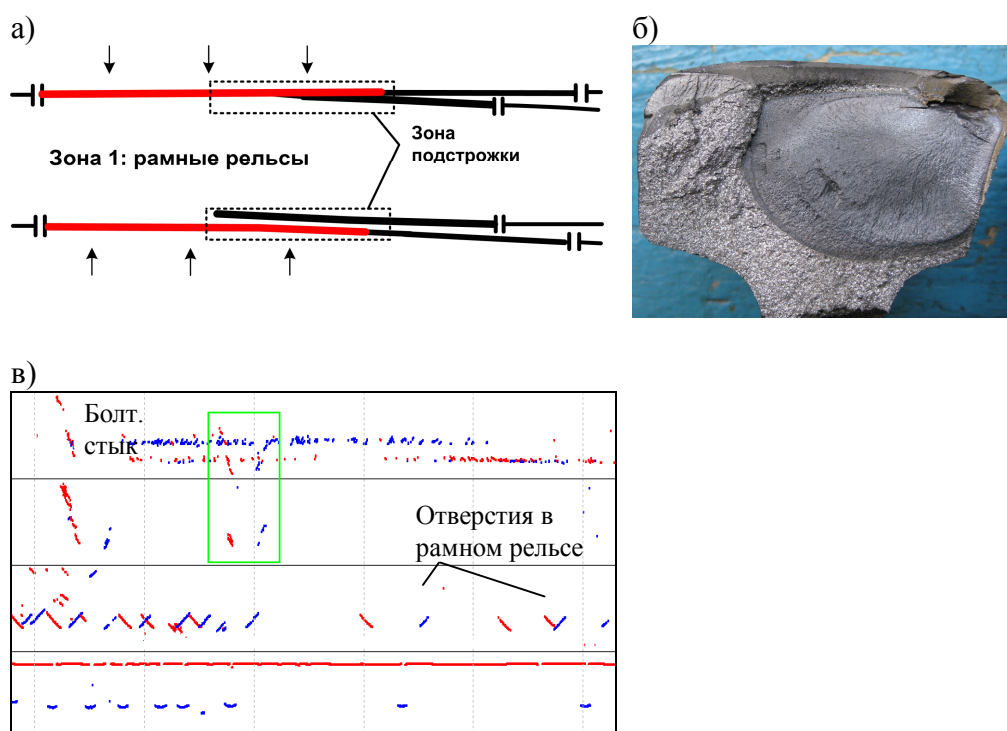


Рис. 4. Зона №1: рамные рельсы (а), поперечная трещина по коду ДР.21.2 в головке рамного рельса (б) и сигналы от нее на дефектограмме съемного дефектоскопа АВИКОН-11 (в)

Очевидно, пропуски даже весьма развитых поперечных трещин в головке рамных рельсов происходят вследствие наличия в этой зоне значительного уровня шумов (рис.4в) и множества конструктивных отражателей. Можно предположить, что такие пропуски вызваны и недостаточным знанием операторами особенностей конструкции стрелочных переводов.

Вследствие изменения профиля головки рамного рельса в зоне подстрожки (рис. 5б), изменяются траектории распространения ультразвуковых лучей при контроле типовыми схемами прозвучивания «Змейка», «Зеркальная», «Ромб» (ПЭП с углами $\alpha = 58^\circ$ или 55° , $\gamma = 34^\circ$) [4]. Это может привести к значительному снижению амплитуды сигналов, отраженных от плоскости дефектов, и их пропуску при сплошном контроле рельсов (рис. 5б). Поэтому, в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, рамные рельсы и острия в зоне подстрожки необходимо дополнительно проверять ручными преобразователями с углом $\alpha = 70^\circ$ со смещением в сторону рабочей грани.

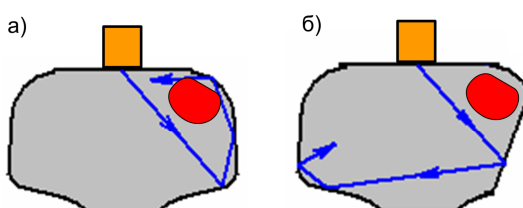
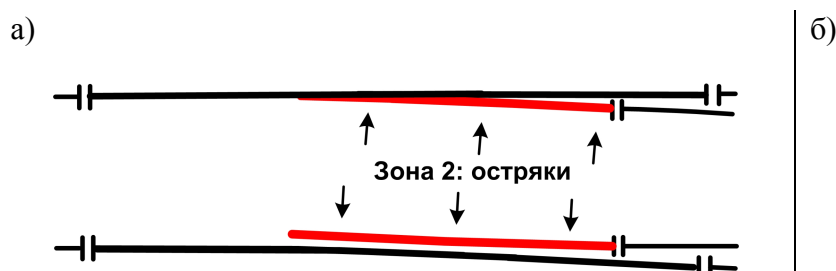


Рис. 5. Траектории распространения ультразвуковых колебаний от преобразователей $\alpha = 58^\circ$, $\gamma = 34^\circ$ в головке типового рельса (а) и в головке рамного рельса в зоне подстрожки – пропуск дефекта (б)

Характерными дефектами в **остряках** (зона № 2), также, являются поперечные трещины в головке (рис.6). Вследствие несхожести профиля головки острия в его средней части с профилем головки обычного рельса, аналогично, при сплошном контроле надежное выявление дефектов типовыми схемами (ПЭП с углом ввода $\alpha = 58^\circ$ $\gamma = 34^\circ$) может не обеспечиваться. При обнаружении поперечных трещин в головке острия более эффективны преобразователи с углами ввода $\alpha = 70^\circ$ и 45° (рис. 6), излучающие ультразвуковые колебания вдоль продольной оси рельсов ($\gamma = 0^\circ$).



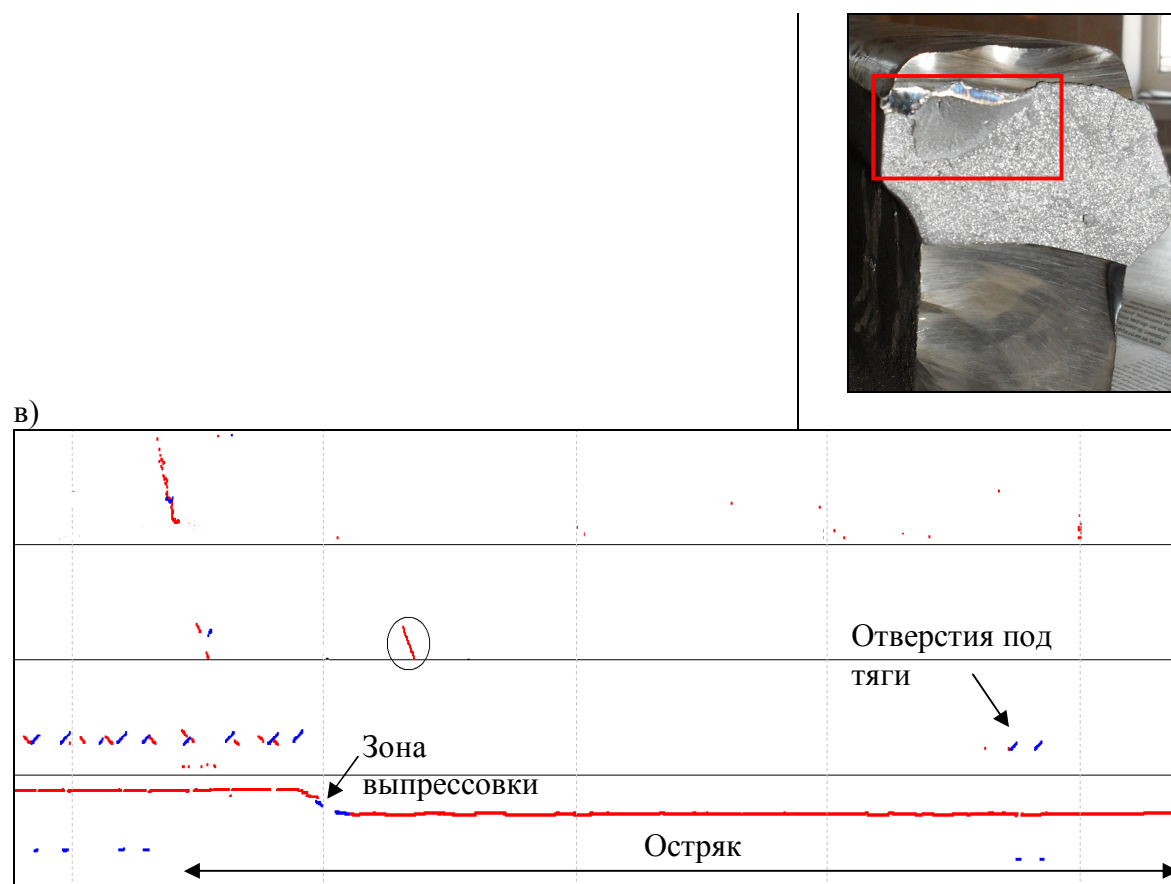


Рис. 6. Зарождение дефектов возможно в любой части острьяков (а): поперечная трещина (дефект О.21.2) усталостного характера в головке острьяка (б), зафиксированная преобразователем с углом 70° дефектоскопа АВИКОН-01 (в)

Естественно, на участке острьяка, где его головка имеет профиль обычных рельсов (корневая часть, приварное рельсовое окончание удлиненного острьяка), дефекты выявляются основными каналами дефектоскопа более эффективно, чем в средней части острьяка.

В последние годы большое количество **крестовин проекта 2750** [5] были изъяты из пути из-за развития дефектов в поперечном сварном шве сердечника крестовины (рис. 7).

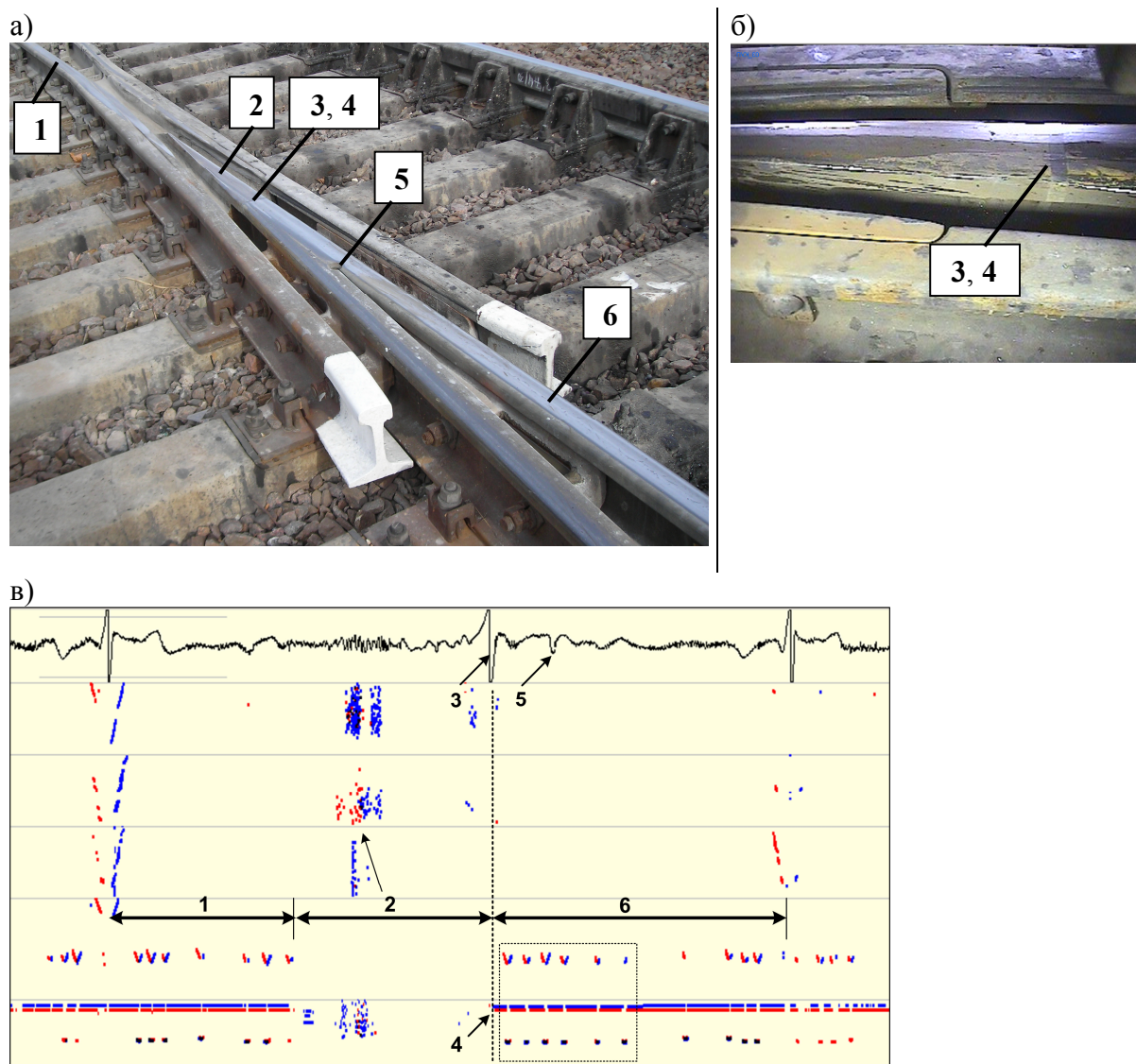
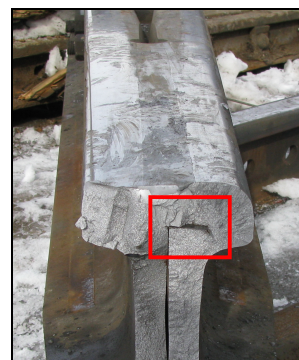
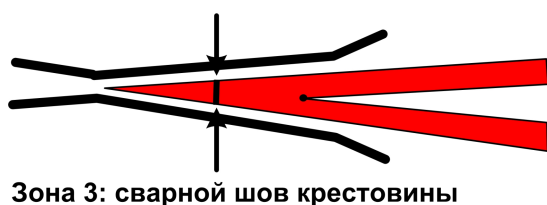


Рис.7. Вид крестовины проекта 2750 (а) с поперечным сварным швом приварки литого сердечника к рельсовым хвостовикам через хромоникелевую вставку (б) и дефектограмма совмещенного вагона-дефектоскопа АВИКОН-03М блока крестовины: 1-рельсовый усовик, 2- шумы от неконтролируемого литого сердечника крестовины, 3-сигнал в магнитном канале от хромоникелевой вставки, 4-поперечный сварной шов крестовины, 5-сигнал от технологического отверстия, 6- рельсовый хвостовик

Весьма распространенными дефектами в этой зоне (№3) являются **горизонтальные расслоения в головке крестовины** (рис. 8). При их озвучивании прямым преобразователем ($\alpha = 0^\circ$) формируются серия характерных пачек сигналов в виде параллельных линий из-за многократных отражений ультразвука от горизонтальной трещины.

а)

б)



в)

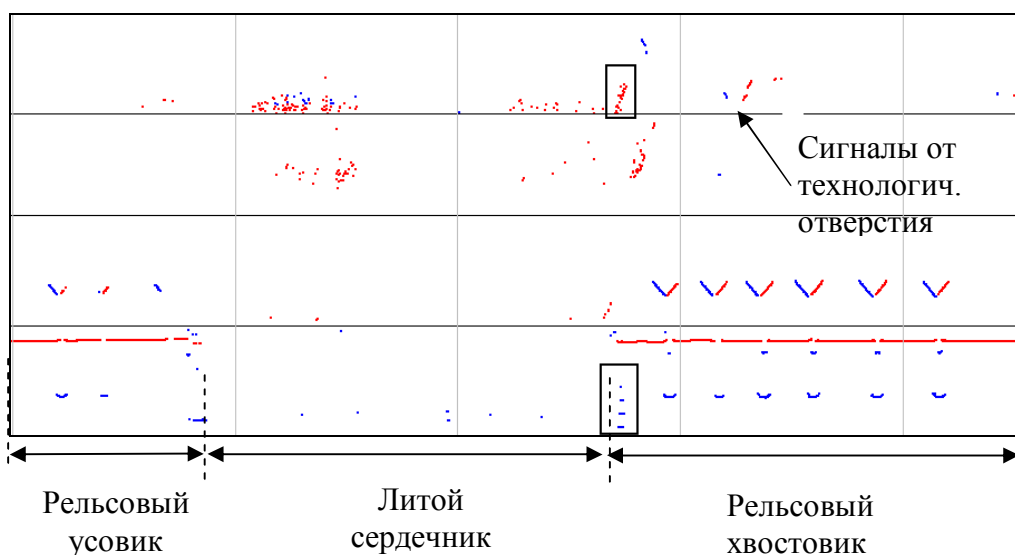


Рис. 8. Проблемная зона №3: поперечный сварной шов крестовины 2750 (а); горизонтальная трещина по коду ДС.30Г.2 в этой зоне (б) и сигналы от нее на дефектограмме АВИА-КОН-11 (в)

Поперечные трещины в этой зоне (дефекты ДСП.26.3) эффективно фиксируются наклонными преобразователями, причем при движении дефектоскопа со стороны рельсового хвостовика на литой сердечник, дефекты в сварном стыке, как правило, регистрируются наезжающими каналами и наоборот. В случае излома сердечника крестовины по сварному стыку фиксируются значительные пачки сигналов как от самого дефекта, так и от углового отражателя, образованного поверхностью излома и подошвой рельса.

В зоне **технологического отверстия** крестовины 2750 (рис. 9) из-за нарушений технологии сварки рельсовых окончаний возможно развитие поперечных трещин по коду ДСП.26.2. Сигналы от таких трещин отображаются рядом с третьим отверстием в рельсовом окончании (хвостовике), считая от поперечного сварного шва крестовины.

а)

б)



Рис. 9. Местонахождение сквозного вертикального отверстия в сердечнике крестовины (а) и фото излома в этой зоне (б)

В **зонах 4 и 5** (рис. 10) стрелочного перевода (закрестовинные рубки и участки ходовых рельсов с контррельсами), характерными дефектами являются трещины болтовых отверстий по коду 53.1, поэтому эти отверстия следует осмотреть на дефектограмме особенно внимательно, используя в программе отображения дефектограмм режим электронной лупы. Кроме того, закрестовинные рубки в зоне болтового стыка должны быть дополнительно проверены ручными преобразователями, при этом на дефектограмме появится соответствующая отметка о работе ручным преобразователем.

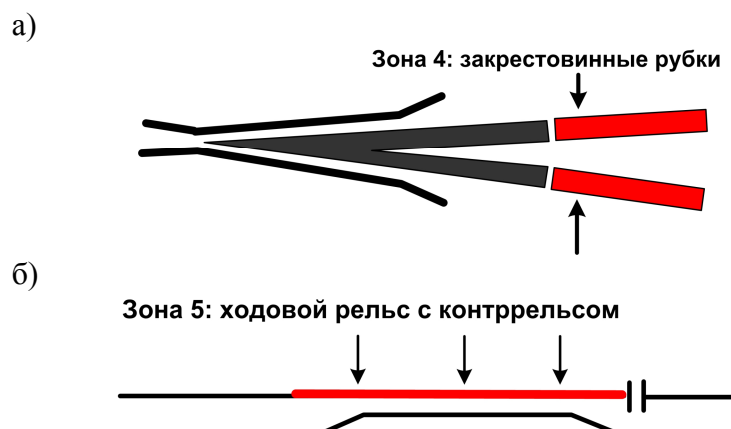


Рис. 10. «Проблемные» зоны 4 и 5: а – закрестовинные рубки; б - участок ходового рельса с отверстиями крепления контррельса

Приведенные дефектограммы наглядно показывают, что при знании конструкций стрелочных переводов, а также зон наиболее вероятного образования дефектов можно и при сплошном контроле современными съемными и мобильными средствами дефектоскопии своевременно и успешно обнаруживать большинство дефектов в элементах стрелочных переводов. При этом доля ручного контроля (в основном, ПЭП с углом 70°) остается незначительной. Однако анализ сигналов в зоне стрелочных переводов усложняется наличием разнообразных конструктивных отражателей, значительного уровня шумов и другими факторами. К сожалению, нередко происходят пропуски дефектов из-за не всегда очевидной траектории движения дефектоскопа по стрелочному переводу и сложностей привязки сигналов на дефектограмме к

реальному пути. В связи с этим проверку стрелочных переводов съемными дефектоскопами целесообразно осуществлять в два захода: в общем режиме и в режиме «Болтовой стык». Это позволит оператору тележки более качественно проверять болтовые отверстия, а расшифровщику – сравнивать дефектограммы по двум проходам и различать ложные сигналы от конструктивных отражателей и сигналы от опасных дефектов. Координатную «привязку» сигналов от возможных дефектов целесообразно производить строго по ходу км прямого или бокового направления (например, правый рамный рельс по ходу км, левый остряк по ходу км, правая ходовая рубка бокового направления по ходу км).

Весьма информативными являются сигналы **магнитного канала** совмещенного вагона-дефектоскопа с аппаратурой «АВИКОН-03М», по которым можно определить не только положения элементов сканируемой нитки (начало сердечника крестовины, хромоникелевая вставка, стыки), но и положения прилегающих элементов (остряки, контррельсы). При идентификации сигналов незаменимую помощь расшифровщику оказывают синхронные видеокадры (рис.7б), получаемые с бортовых камер вагона-дефектоскопа АВИКОН-03М.

Организация контроля таких участков пути повышенной опасности как стрелочных переводов с помощью одониточных дефектоскопов-индикаторов (типа РДМ-1, -1М), в настоящее время является устаревшей технологией, не отвечающей требованиям современного путевого хозяйства. Для эффективной проверки этих участков целесообразно использовать компактные дефектоскопы с полноценной схемой прозвучивания, с регистрацией сигналов и отображением подробной дефектограммы по контролируемому участку пути на информативном экране дефектоскопа в момент контроля. Одним из таких приборов является дефектоскоп-штанга АВИКОН-15 (рис.11).

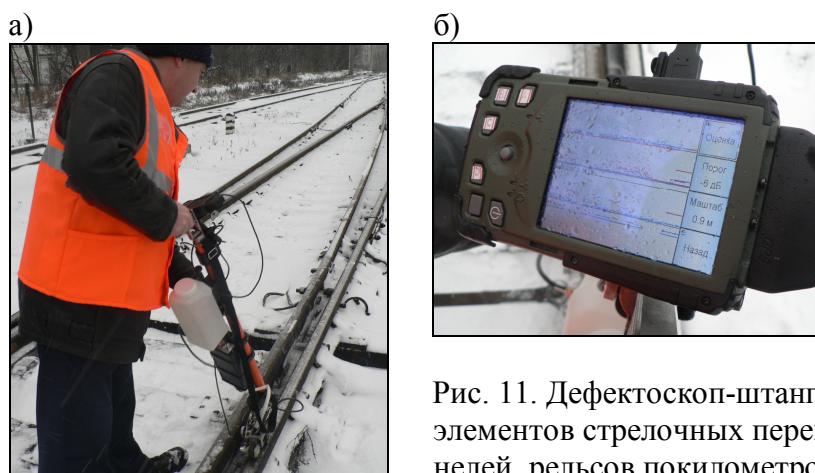


Рис. 11. Дефектоскоп-штанга АВИКОН-15 (а) для контроля элементов стрелочных переводов, станционных путей, тоннелей, рельсов покилометрового запаса и для вторичного контроля с отображением сигналов на развертке типа В (б)

Дефектоскоп, не смотря на небольшой вес (8 кг), имеет 11-канальную схему прозвучивания всего сечения рельса (0° , 42° , 58° , 70°) с отображением сигналов на В-развертке при повышенной чувствительности контроля (уро-

вень «минус 6 дБ»). При этом становится возможным непосредственно в процессе контроля стрелочного перевода селективировать сигналы от потенциальных дефектов на фоне многочисленных сигналов от конструктивных отражателей и шумов.

Литература

1. Крейнис З.Л., Федоров И.В. Железнодорожный путь. Учебник для техникумов и колледжей ж.д. транспорта. – М.: УМК МПС России, 2000. – 368 с.
2. Система неразрушающего контроля в ОАО «РЖД». Элементы стрелочных переводов. Технические требования к контролю. Стандарт СТО РЖД 1.11.007-2009. – Расп. ОАО «РЖД» №107р от 21.01.2010 г. – М.: ОАО «РЖД», 2010.
3. Классификатор дефектов и повреждений элементов стрелочных переводов. – Расп. ОАО «РЖД» №1653р от 16.08.12 г. – М.: ОАО «РЖД», 2012.
4. Скрыбиков А.Н. Особенности ультразвукового контроля стрелочных переводов. – В мире неразрушающего контроля, 2007, № 3 (37) сентябрь, с. 69.
5. Технологическая инструкция по неразрушающему контролю крестовин проекта 2750 в условиях их эксплуатации. ТИ 07.47-2005. – Расп. ОАО «РЖД» № 909р от 15.05.2007 г. – М.: ОАО «РЖД», 2007.