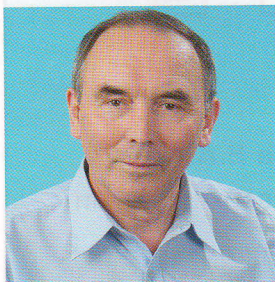


# ОБНАРУЖЕНИЕ ДЕФЕКТОВ НА УЧАСТКАХ С ПОВЕРХНОСТНЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ГОЛОВКИ РЕЛЬСОВ



**А.А. МАРКОВ,  
В.В. МОСЯГИН,  
Е.А. КУЗНЕЦОВА,  
ОАО «Радиоавионика»**

На сети железных дорог ОАО «РЖД», по данным статистики (см. № 4 нашего журнала за 2012 г., с. 17), к концу 2011 г. эксплуатировалось более 67,5 тыс. рельсов с поверхностными повреждениями. В основном это рельсы с пробуксовками, отслоениями и выкрашиваниями металла на поверхности катания (рис. 1, а), вызванные как недостатками технологии изготовления, так и воздействием подвижного состава (рельсы с дефектами 10, 11, 14, 17 по НТД/ЦП-1-93 относят к дефектным — далее ДР). Дефектные рельсы, как правило, появляются на участках, пропустивших более 500 млн т груза брутто, и не представляют непосредственной угрозы безопасности движения поездов, их заменяют в плановом порядке.

Контроль таких участков существенно затруднен тем, что поверхностные повреждения частично или полностью препятствуют вводу ультразвуковых колебаний вглубь рельса. В то же время именно под ними, как правило, зарождаются опасные поперечные (см. рис. 1, б) или горизонтальные трещины в головке, способные привести к хрупкому излому рельса. Рельсы с дефектами 21, 24, 27 и 30Г по НТД/ЦП-1-93 являются острodefekтными (далее — ОДР) и подлежат немедленной замене. По статистике ОАО «РЖД», в 2009—2011 гг. 10—15 % изломов рельсов произошли из-за развития опасных трещин под поверхностными дефектами.

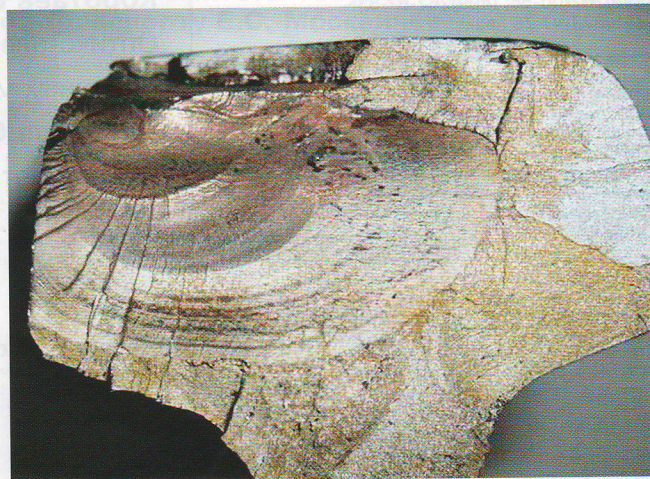
При проведении на этих участках неразрушающего контроля рельсов средствами сплошной дефектоскопии (двухниточными тележками, автотрисами и вагонами-дефектоскопами) операторы испытывают затруднения в идентификации сигналов от рассматриваемых дефектов. В некоторых случаях при проезде мобильного средства может быть зафиксировано свыше 200 дефектных участков, большинство из которых требуется проверить повторно.

Вторичный (уточняющий) контроль этих локальных мест переносными (ручными) дефектоскопами в соответствии с требованиями Приложения «С» Положения о системе неразрушающего контроля рельсов и эксплуатации средств рельсовой дефектоскопии в путевом хозяйстве железных дорог ОАО «РЖД» (распоряжение ОАО «РЖД» №2036 от 09.09.11) также весьма часто не позволяет получить однозначный ответ о степени опасности обнаруженного дефекта. При контроле дефектных рельсов с поверхности катания практически по всем каналам дефектоскопов наблюдаются сигналы, вызванные многократными переотражениями в тонком слое, образованном поверхностью катания головки рельса и плоскостью расслоения (рис. 2, а и 5, б). Кроме того, из-за имеющихся неровностей и загрязнений на боковых поверхностях (и на подголовочной грани) головки рельса сложно обеспечить стабильный акустический контакт и вве-

а)



б)



**Рис. 1. Дефекты головки рельсов:**

а — отслоение и частичное выкрашивание закаленного слоя металла головки рельса (дефект 17); б — поперечная трещина (дефект 21), развивающаяся под поверхностным расслоением



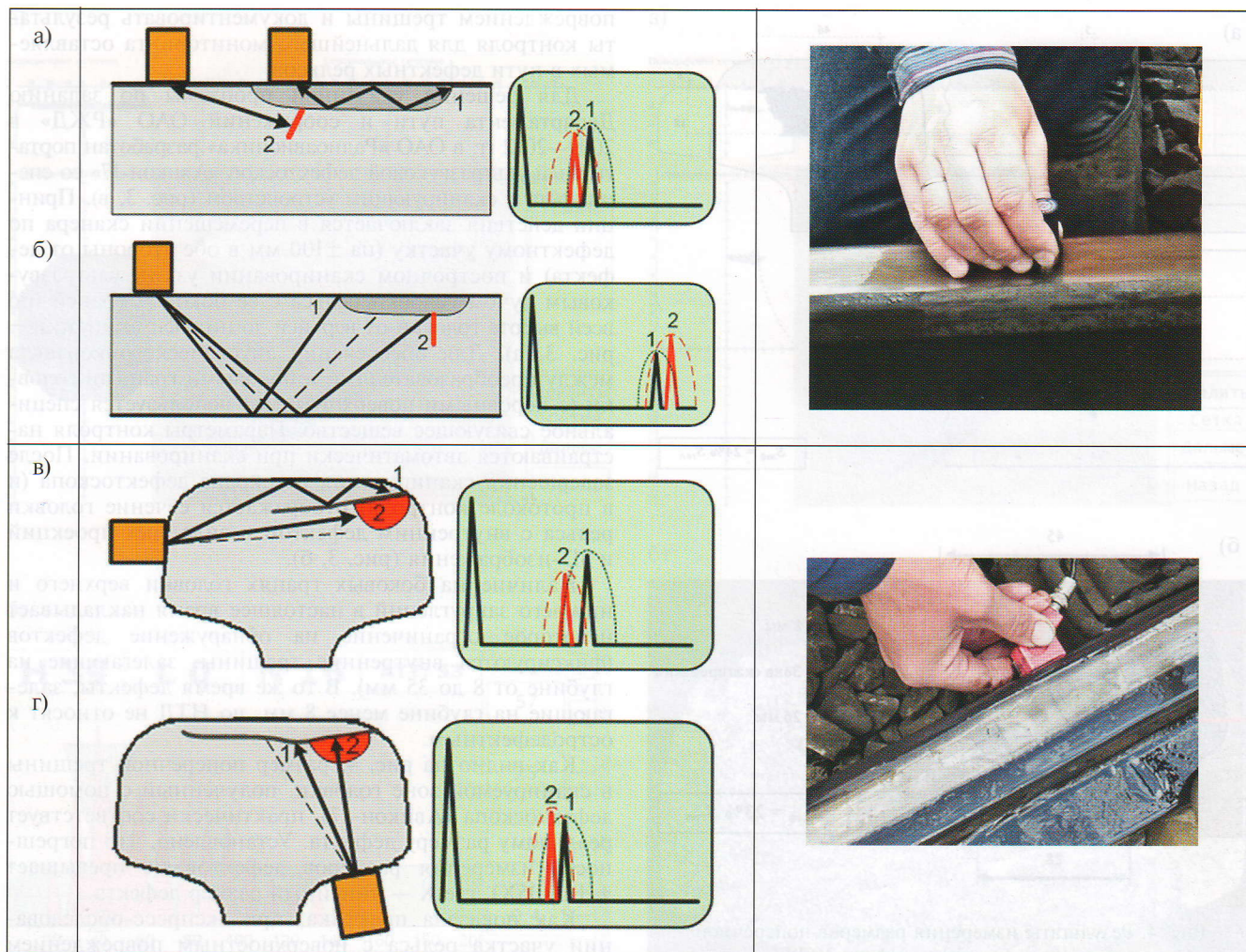


Рис. 2. Неоднозначность идентификации сигналов 1 и 2 (от подповерхностного расслоения и поперечной трещины в головке рельса): при вводе ультразвуковых колебаний с поверхности катания (а и б), с боковой (в) и подголовочной (г) граней головки

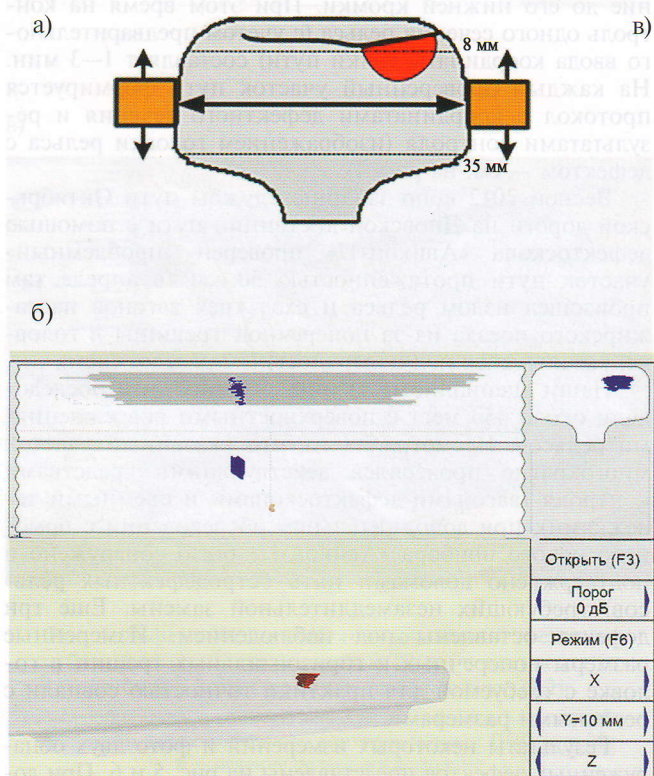


Рис. 3. Технология контроля головки рельсов дефектоскопом «Авикон-17»:

а — прозвучивание головки узким лучом с боковых граней (от 8 до 35 мм по высоте головки); б — изображение внутреннего дефекта с его размерами и конфигурацией на экране дефектоскопа; в — перемещение сканирующего устройства на дефектном участке вдоль и по высоте головки



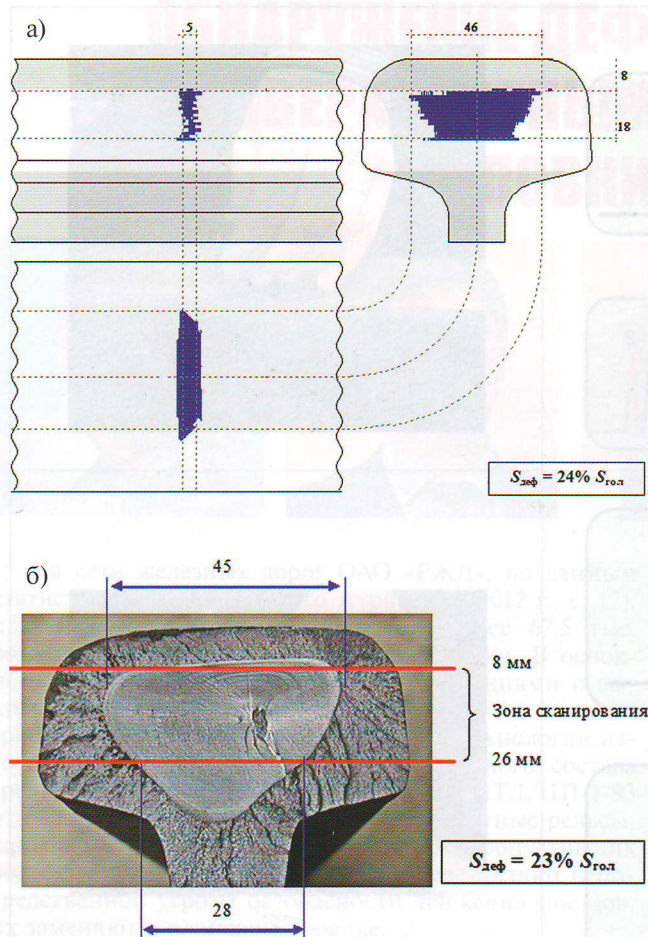


Рис. 4. Результаты измерения размеров поперечной трещины в головке (дефект 26.3):

а — дефектоскопом «Авикон-17»; б — реальные размеры

сти ультразвуковые колебания ручным преобразователем.

На рис. 2 приведены примеры появления ложных отражений от кромок поверхностных расслоений, затрудняющих распознавание сигналов от опасных поперечных трещин. Кроме этого, мешающие сигналы при сканировании ультразвуковым преобразователем по поверхности головки рельса (поверхности катания, боковых поверхностей и даже подголовочной грани) практически идентичны эхо-сигналам от поперечных трещин.

Таким образом, традиционные методы и технологии при сплошном контроле рельсов, а также при ручном (уточняющем) контроле локальных участков с поверхностными повреждениями головки рельсов оказываются малоэффективными.

По нашим практическим данным, на каждые 80—100 рельсов с поверхностными повреждениями приходится один острodefектный рельс с внутренними поперечными или горизонтальными трещинами головки. Фактически в эксплуатирующихся железнодорожных путях в настоящее время могут находиться до 650—850 рельсов с потенциально опасными дефектами.

Плановая замена дефектных рельсов, особенно в период наступающего экономического кризиса, может затянуться на годы. Поэтому необходимо предложить средства и технологии, позволяющие однозначно дифференцировать опасные дефекты от незначительных поверхностных повреждений. При контроле крайне желательно формировать протокол, позволяющий оценивать размеры залегающей под поверхностным

повреждением трещины и документировать результаты контроля для дальнейшего мониторинга оставшихся в пути дефектных рельсов.

Для решения указанной проблемы по заданию Департамента пути и сооружений ОАО «РЖД» в 2009—2012 гг. в ОАО «Радиоавионика» разработан портативный ультразвуковой дефектоскоп «Авикон-17» со специальным сканирующим устройством (рис. 3, в). Принцип действия заключается в перемещении сканера по дефектному участку (на  $\pm 100$  мм в обе стороны от дефекта) и построчном сканировании узким ультразвуковым лучом головки рельса с ее боковых граней (по всей высоте головки от верхней до нижней выкружки — рис. 3, а). Для обеспечения акустического контакта между преобразователями и боковыми гранями головки (с неровными поверхностями) используется специальное связующее вещество. Параметры контроля настраиваются автоматически при сканировании. После завершения сканирования на экране дефектоскопа (и в протоколе контроля) отображается сечение головки рельса с внутренним дефектом в виде трех проекций и 3D-изображения (рис. 3, б).

Наличие на боковых гранях головки верхнего и нижнего закруглений в настоящее время накладывает некоторое ограничение на обнаружение дефектов (фиксируются внутренние трещины, залегающие на глубине от 8 до 35 мм). В то же время дефекты, залегающие на глубине менее 8 мм, по НТД не относят к острodefектным.

Как видно на рис. 4, размер поперечной трещины в сканируемой зоне головки, полученный с помощью дефектоскопа «Авикон-17», практически соответствует реальному размеру дефекта. Установлено, что погрешность измерения размеров дефектов не превышает  $\pm(1 \pm 0,05X)$ , где  $X$  — линейный размер дефекта.

Как показала практика, при экспресс-обследовании участка рельса с поверхностным повреждением бывает достаточно отсканировать с шагом 1—2 мм всего 3—5 верхних слоев головки рельса (до глубины 8—12 мм), чтобы убедиться в отсутствии опасного дефекта под повреждением. В случае обнаружения поперечной трещины головки следует провести сканирование до его нижней кромки. При этом время на контроль одного сечения рельса (с учетом предварительного ввода координаты точки пути) составляет 1—3 мин. На каждый проверенный участок пути формируется протокол с координатами дефектного сечения и результатами контроля (изображением головки рельса с дефектом — см. на рис. 4).

Весной 2012 г. по заданию службы пути Октябрьской дороги на Дновской дистанции пути с помощью дефектоскопа «Авикон-17» проверен «проблемный» участок пути протяженностью 30 км (в апреле там произошел излом рельса и сход трех вагонов пассажирского поезда из-за поперечной трещины в головке, развившейся под поверхностным расслоением).

Наши специалисты за пять рабочих дней обследовали около 450 мест с поверхностными повреждениями рельсов. Несмотря на то, что указанный участок многократно проверялся действующими средствами контроля (вагонами-дефектоскопами и съемными тележками), при дополнительном обследовании с помощью нового прибора «Авикон-17» было обнаружено и подтверждено долами пять острodefектных рельсов, требующих незамедлительной замены. Еще три дефекта оставлены под наблюдением. Измеренные размеры поперечных и горизонтальных трещин в головке с требуемой для практики точностью совпали с реальными размерами.

Результаты некоторых измерений и фото двух обнаруженных дефектов представлены на рис. 5 и 6. При до-



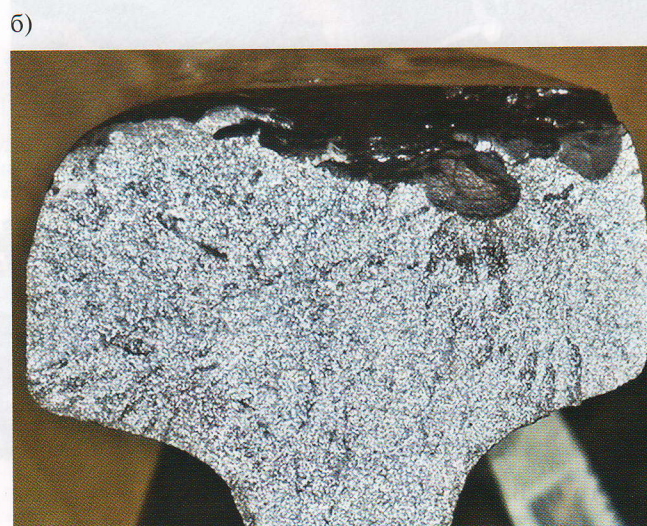
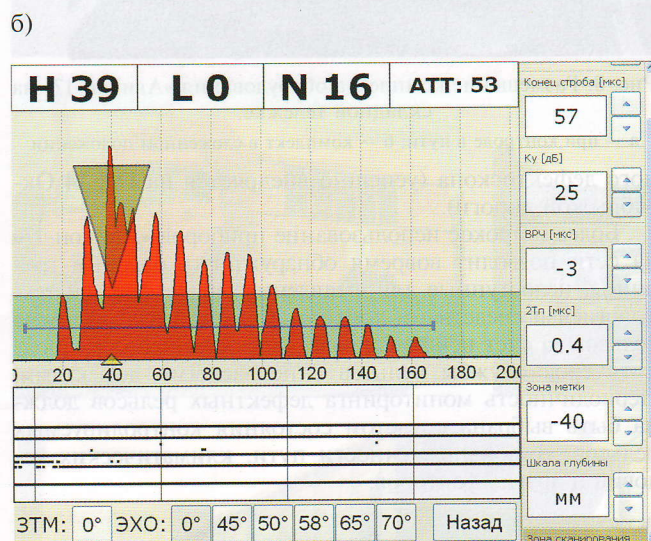
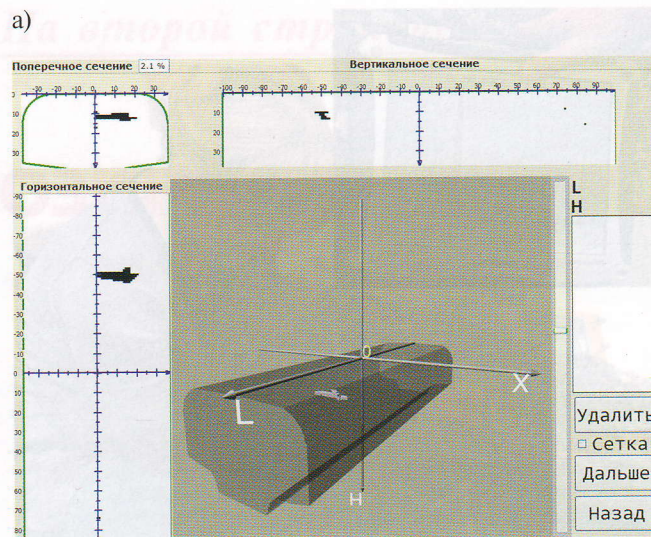
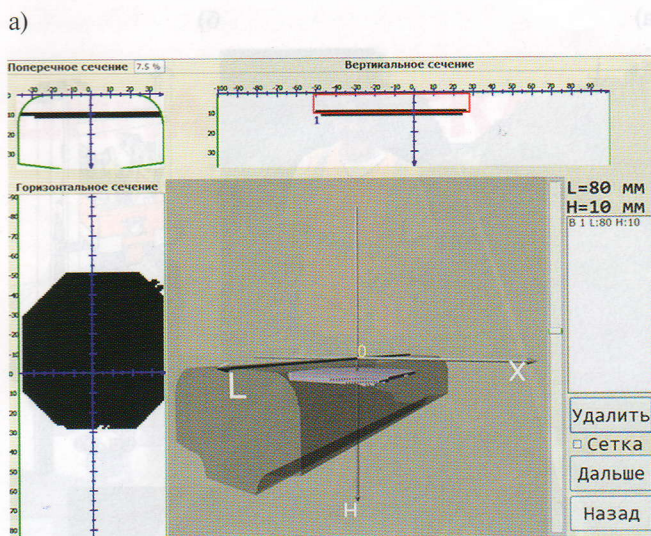


Рис. 6. Дефект 21.2 в виде двух темных пятен глубиной 8—12 мм под расслоением глубиной 7 мм:

а — изображение и размеры дефекта, полученные «Авикон-17»,  
б — фото долома

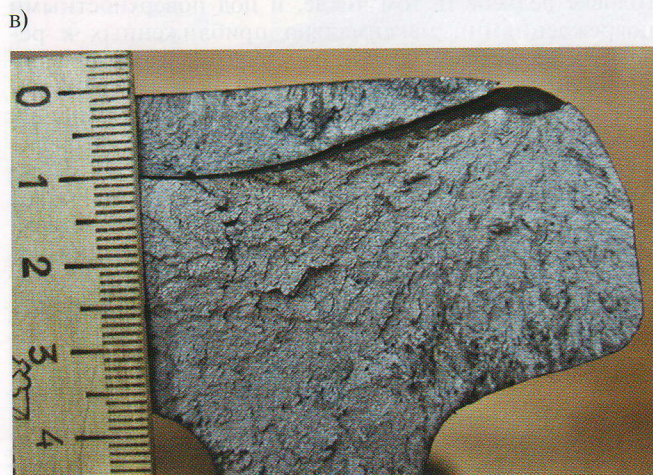


Рис. 5. Дефект 30Г.2 в виде горизонтальной трещины глубиной 10 мм протяженностью 80 мм и темное пятно глубиной 3 мм (зарождающийся дефект 21.2):

а — изображение и размеры дефекта, полученные «Авикон-17»;  
б — экран дефектоскопа при контроле ручным ПЭП ( $\alpha = 0^\circ$ );  
в — сечение рельса после долома

ломе на прессе (на РСП-1) рельсы разрушились при нагрузке в два и более раз ниже нормативной (т.е. представляли непосредственную угрозу безопасности движения поездов).

Таким образом, с помощью специально разработанного сканирующего устройства и программного обеспечения дефектоскопа «Авикон-17» удастся обнаруживать внутренние дефекты головки рельсов (в том числе, под поверхностными повреждениями) и с достаточной для практики точностью определять их размеры и конфигурацию.

В комплект поставки дефектоскопа «Авикон-17» входят ручные преобразователи с разными углами ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $58^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $70^\circ$ ). Прибор может эффективно использоваться для ручного контроля отдельных сечений и сварных стыков рельсов с регистрацией сигналов в виде А- или В-развертки. В отличие от широко известных портативных дефектоскопов РДМ-33, «Авикон-02Р» с помощью прибора можно получать GPS-координату участка контроля, вводить цифровые и текстовые характеристики осмотренного рельса и формировать подробный протокол с параметрами контроля. Большой цветной экран с индикацией цифровых значений параметров выявляемых дефектов позволяет более надежно выделять сигналы от дефектов





Рис. 7. Ручной контроль отдельных сечений и сварных стыков рельсов с помощью «Авикон-17»

на фоне помех. Масса комплекта для ручного контроля не превышает 3 кг (рис. 7).

Отработка технологии контроля на Октябрьской дороге показала, что для проверки участков пути с большим количеством дефектных рельсов (более 20 шт. на 1 км) целесообразно доукомплектовать дефектоскоп «Авикон-17» легкой складной тележкой (рис. 8). Это удобно при транспортировке и позволяет оперативно перемещать комплект оборудования от одного сечения к другому. В этом случае масса всего комплекта (тележка, сканер, ультразвуковой блок, промышленный компьютер, ручные ПЭП и принадлежности) возрастает до 8 кг.

Еще одним вариантом использования предложенного технического решения непосредственно при сплошном контроле рельсов является дооснащение съемных дефектоскопных тележек (например, «Авикон-11») приставкой-сканером от дефектоскопа «Авикон-17». Это позволит оператору более надежно проверять локальные участки пути и принимать обоснованное решение о степени опасности дефекта.

Возможность определения размеров внутренних трещин в головке рельсов при организации периодического наблюдения (мониторинга) за их развитием до критического размера в будущем может позволить продлить эксплуатацию дефектных рельсов без определенного риска их излома под поездами. Естественно, эта работа требует проведения дополнительных исследований и принятия организационных мер по поэтапному вводу новой технологии. Внедрение следует начать на малодетальных участках с постепенным переходом на более загруженные участки магистрали.

Таким образом, дефектоскоп «Авикон-17» может быть успешно применен при решении следующих задач: вторичный контроль отдельных сечений рельсов по показаниям мобильных и съемных средств; проверка участков пути с большим количеством поверхностных повреждений (более 20 шт. на 1 км) по отдельному графику; мониторинг дефектных рельсов.

Контроль рельсов может выполняться как по отдельному графику, так и при плановом проходе съем-



Рис. 8. Размещение комплекта оборудования «Авикон-17» на складной тележке:

а — при контроле в пути; б — комплект в сложенном положении

ного дефектоскопа (успешно внедряется на ПЧ-14 Октябрьской дороги).

Более широкое использование приборов «Авикон-17» на сети позволит вовремя обнаруживать опасные трещины, недоступные для выявления существующей технологией и средствами контроля, сэкономить на замене рельсов за счет исключения их перебраковки, т.е. продлить срок службы рельсов с неопасными дефектами. Периодичность мониторинга дефектных рельсов должна быть выбрана с учетом состояния контролируемых рельсов, грузонапряженности пути, климатических условий и других факторов.

### Выводы

1. Впервые в рельсовой дефектоскопии разработан способ измерения размеров внутренних дефектов в головке рельсов (в том числе, и под поверхностными повреждениями), максимально приближенных к реальным размерам. Параллельно решена задача обеспечения акустического контакта при вводе ультразвуковых колебаний с боковых граней головки, имеющих неровную поверхность.

2. На основе запатентованных технических решений разработан ультразвуковой дефектоскоп «Авикон-17» со специальным сканирующим устройством. Прибор прошел эксплуатационные и приемочные испытания и подготовлен к серийному производству.

3. Предлагаемая технология контроля рельсов с поверхностными повреждениями, реализованная в дефектоскопе «Авикон-17», показала свою работоспособность в условиях эксплуатации.

4. Среднее время контроля одного сложного участка с помощью дефектоскопа «Авикон-17» со сканирующим устройством на практике составляет 1–3 мин. Производительность контроля — 80–110 дефектных участков за смену или 7–10 км пути (в зависимости от местонахождения дефектных рельсов в пути).

5. Дефектоскоп «Авикон-17» может быть использован как полноценный прибор для ручного контроля рельсов и сварных стыков, позволяющий получить соответствующий документ.