

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 1609-3178

В МИРЕ НК

В МИРЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

№ 2 (56) июнь 2012



Тема номера:
НК слоев и покрытий

Detection of Rail Defects under Close Conditions

A. A. Markov,
V. V. Mosyagin,
E. A. Kuznetsova

Actual matters of rail testing under close conditions are considered: considerable wear and surface damages of rail head, welded joints, low ambient temperatures. The authors show the possible directions of solving abovementioned tasks.

ОБНАРУЖЕНИЕ ДЕФЕКТОВ РЕЛЬСОВ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Высокая эффективность действующей на российских железных дорогах системы НК рельсов подтверждается снижающимся из года в год количеством изломов рельсов, несмотря на увеличивающуюся грузонапряженность пути (рис. 1). Если в 2000 г. было допущено более 200 изломов рельсов, то в последние годы их количество не превышает 60.

Эти небольшие по количеству изломы рельсов (для общей протяженности железных дорог ОАО «РЖД» более 88 тыс. км) в основном произошли на участках и в условиях, которые с точки зрения проведения дефектоскопии рельсов можно назвать сложными. К таким сложным условиям, которые из-за недо-

статочных возможностей эксплуатируемых средств и технологий не позволяют своевременно обнаружить потенциально опасные дефекты, можно отнести:

1. Контроль рельсов со значительным износом головки и с неровностью на поверхности катания;
2. Автоматизация контроля сварных стыков рельсов;
3. Повышение надежности при низких температурах;
4. Контроль локальных участков рельсов с поверхностными повреждениями.

По всем этим направлениям сотрудники НТК СНК ОАО «Радиоавионика» ведут работы, направленные на повышение достоверности и надежности обнаружения дефектов в указанных условиях. Результаты этих работ планируется осветить на страницах данного журнала в ближайшее время.

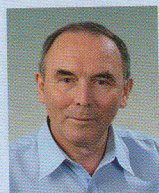
В статье подробно рассмотрено возможное решение последней проблемы — контроль участков рельсов с поверхностными повреждениями.

На сети железных дорог ОАО «РЖД» по данным статистики [1] к концу 2011 г. эксплуатируются более 67,5 тыс. рельсов с поверхностными повреждениями. В основном, это рельсы с пробуксовками, отслоениями и выкрашиваниями металла на поверхности катания (рис. 2), вызванными как недостатками технологии изготовления рельсов, так и воздействием подвижного состава (рельсы с дефектами кодов 10, 11, 14, 17 по НТД/ЦП-1 – 93 [2] относятся к дефектным — ДР). Дефектные рельсы, как правило, появляются на участках с пропущенным тоннажем более 500 млн. т. брутто, не представляют непосредственную угрозу безопасности движения поездов и подлежат замене 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 (рис. 3) или горизонтальные (рис. 8в) трещины в головке, способные привести к хрупкому излому рельса (рельсы с дефектами кодов 21, 24, 27 и 30Г по [2] являются остродефектными — ОДР — и подлежат немедленной замене). По статистике ОАО «РЖД» в 2009 – 11 гг. 10 – 15% от всех изломов рельсов произошли из-за развития опасных трещин под поверхностными дефектами.

При проведении на этих участках НК рельсов средствами сплошной дефектоскопии (двухниточными тележками, автомотрисами и вагонами-дефектоскопами) операторы испытывают затруднения в идентификации сигналов от рассматриваемых дефектов. На отдельных участках пути протяженностью 50–100 км при проезде мобильного средства может быть зафиксировано свыше 200 дефектных участков, большинство из которых требует проведения вторичного контроля.

Сотрудники научно-технического комплекса систем неразрушающего контроля (НТК СНК) ОАО «Радиоавионика» (Санкт-Петербург):



**Марков
Анатолий Аркадьевич**

Директор НТК СНК, д. т. н.



**Мосягин
Владимир Валентинович**

Заместитель директора НТЦ РСЦ СНК.



**Кузнецова
Екатерина
Алексеевна**

Ведущий инженер.

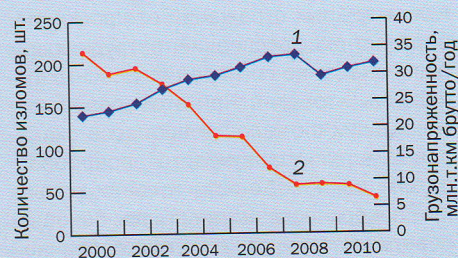


Рис. 1. Графики изменения грузонапряженности пути и число изломов на сети ОАО «РЖД» за последние годы: 1 — грузонапряженность; 2 — число изломов

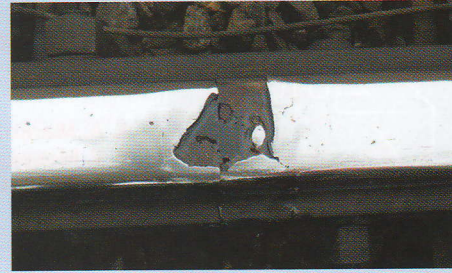
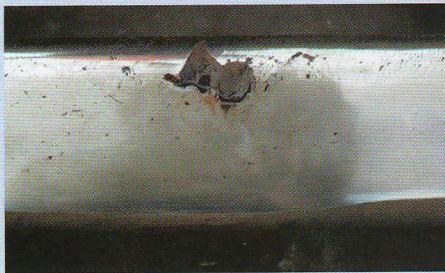


Рис. 2. Участки рельсов с поверхностными повреждениями головки



Рис. 3. Поперечная трещина (по коду 24), развившаяся под поверхностным повреждением (пробуксовкой)



Выполнение вторичного (уточняющего) контроля этих локальных участков переносными (ручными) дефектоскопами в соответствии с требованиями Прил. «С» «Положения о системе неразрушающего контроля рельсов...» (распоряжение ОАО «РЖД» № 2036 от 09.09.11) также весьма часто не позволяет получить однозначного ответа о степени опасности обнаруженного дефекта. При контроле дефектных участков 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. 4а). Кроме того, из-за имеющихся неровностей и загрязнений на боковых поверхностях (и на подголовочной грани) головки рельса сложно обеспечивать стабильный акустический контакт и ввести ультразвуковые колебания в процессе сканирования ручным преобразователем.

На рис. 4 приведены примеры появления ложных отражений от кромок поверхностных расслоений, затрудняющих распознавание сигналов от опасных поперечных трещин. При этом поведение мешающих сигналов в процессе сканирования ультразвукового преобразователя по поверхности головки рельса (по поверхности катания, по боковым поверхностям и даже по подголовочной грани) практически идентично поведению эхо-сигналов от поперечных трещин.

Таким образом, традиционные методы и технологии при сплошном контроле

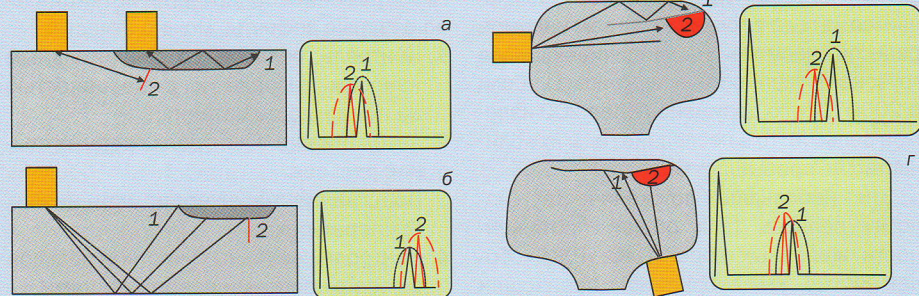


Рис. 4. Неоднозначность идентификации сигналов 1 и 2 (от подповерхностного расслоения и поперечной трещины в головке рельса): при вводе ультразвуковых колебаний с поверхности катания (а, б); с боковой (в) и подголовочной (г) граней головки

рельсов, а также при ручном (уточняющем) контроле локальных участков с поверхностными повреждениями головки рельсов оказываются малоэффективными.

По нашим практическим данным под каждым из 80–100 дефектных рельсов (ДР) в виде поверхностных повреждений развиваются внутренние поперечные или горизонтальные трещины головки (ОДР). Фактически, в эксплуатирующихся ж. д. путях сети дорог 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 рельсы с опасными дефектами от рельсов с незначительными поверхностными повреждениями. При этом в процессе контроля крайне желательно формировать протокол контроля, позволяющий оценивать размеры залегающей под поверхностным повреждением трещины



Рис. 5. Процесс контроля головки рельсов с поверхностными повреждениями с помощью дефектоскопа «АВИКОН-17»

и документировать результаты контроля для дальнейшего мониторинга оставляемых в пути дефектных рельсов.

Для решения этой задачи по заданию Департамента пути и сооружений ОАО «РЖД» в 2009–11 гг. в ОАО «Радиоавионика» разработан портативный ультразвуковой дефектоскоп «АВИКОН-17» со специальным сканирующим устройством (рис. 5).

Принцип действия заключается в перемещении сканера по дефектно-

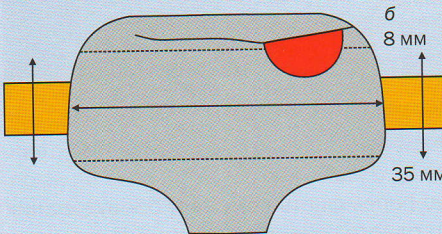
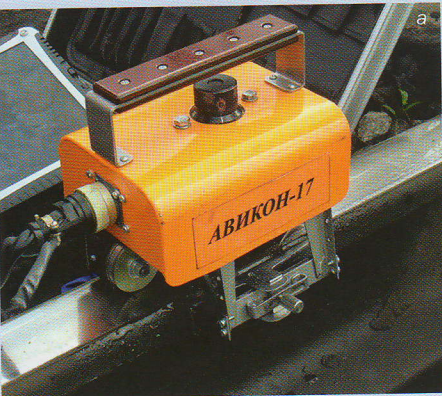


Рис. 6. Технология контроля головки рельсов дефектоскопом «АВИКОН-17»: а — перемещение сканирующего устройства на дефектном участке вдоль и по высоте головки; б — прозвучивание головки узким лучом с боковых граней (от 8 до 35 мм по высоте головки)

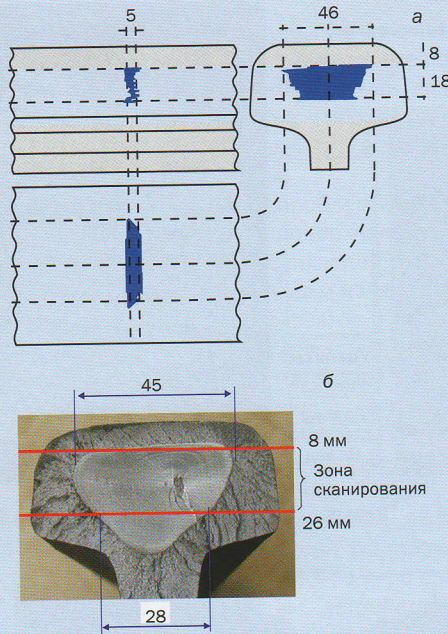


Рис. 9. Результаты измерения размеров поперечной трещины в головке (по коду 26.3): а — дефектоскопом «АВИКОН-17»; б — реальные размеры

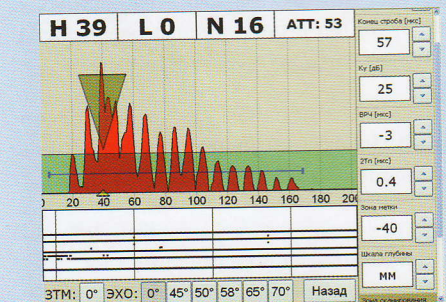
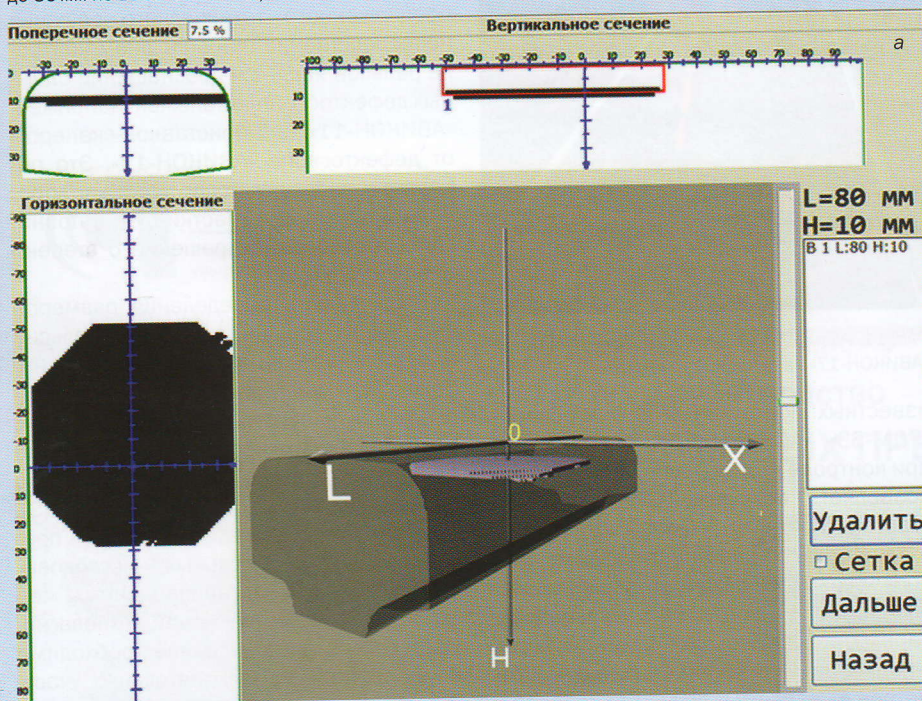


Рис. 8. Дефект 30Г. 2 в виде горизонтальной трещины глубиной 10 мм протяженностью 80 мм и темное пятно 3 мм (зарождающийся дефект 21.2): а — изображение и размеры дефекта, полученные «АВИКОН-17»; б — экран дефектоскопа при контроле ручным ПЭП ($\alpha = 0^\circ$); в — фото долома

му участку (на величину ± 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. 6). Для обеспечения акустического контакта между преобразователями и боковыми гранями головки (с неровными поверхностями) используется специальное связующее вещество. Параметры контроля настраиваются автоматически в процессе сканирования. 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. 8, 9).

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

Как видно на рис. 6, измеренный размер поперечной трещины в сканируемой зоне головки, полученный с помощью дефектоскопа «АВИКОН-17», практически соответствует реальному размеру дефекта (на практике 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 всего 3–5 верхних слоев головки рельса (до глубины 8–12 мм), а в случае обнаружения дефекта — до его нижней кромки с шагом 1–2 мм. При этом время на контроль одного сечения рельса (с учетом предварительного ввода координаты точки пути) составляет 1–3 мин. На каждую точку пути формируется протокол контроля с координатами дефектного сечения и результатами контроля (изображением головки рельса с дефектом — рис. 7а).

Весной 2012 г. по заданию Службы пути Октябрьской ж. д. на Дновской дистанции пути с помощью дефектоскопа «АВИКОН-17» проверен «проблемный» участок пути протяженностью 30 км. За пять смен было обследовано 456 участков рельсов с поверхностными повреждениями и обнаружено 5 ОДР (еще 3 дефекта оставлены под наблюдением). Результаты некоторых измерений и фото двух дефектов представлены на рис. 8 и 9. При доломе на прессе (на РСП-1) рельсы ломались при нагрузке в два и более раз ниже нормативной

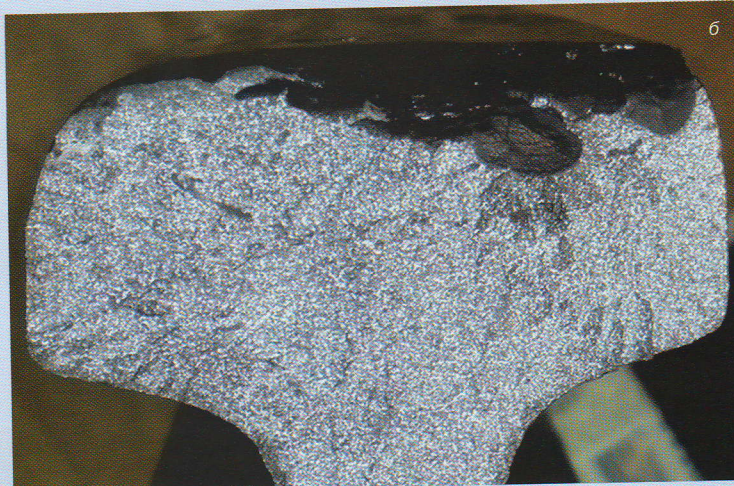
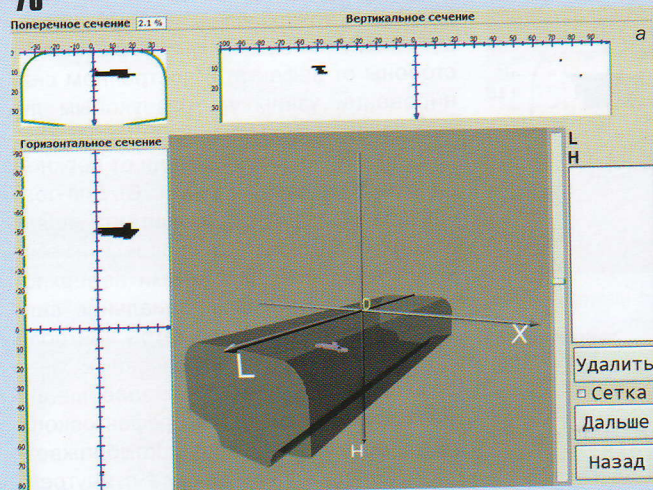


Рис. 9. Дефект 21.2 в виде двух темных пятен глубиной 8 – 12 мм под расслоением 7 мм: а — изображение и размеры дефекта, полученные «АВИКОН-17»; б — фото долома

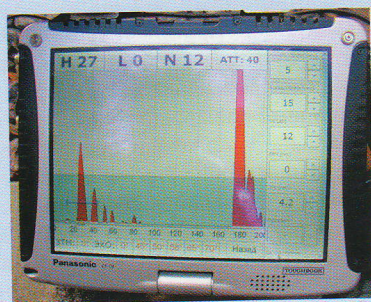
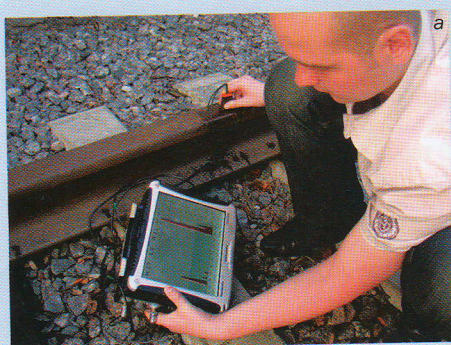


Рис. 10. Ручной контроль отдельных сечений и сварных стыков рельсов с помощью «АВИКОН-17»

(т. е. представляли непосредственную угрозу безопасности движения поездов).

Таким образом, с помощью специально разработанных 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, 45, 50, 58, 65, 70°). Прибор может эффективно использоваться для ручного контроля отдельных сечений и сварных стыков рельсов с регистрацией сигналов в виде А- или В-разверток. В отличие от широко



Рис. 11. Размещение комплекта оборудования «АВИКОН-17» на складной тележке

известных портативных дефектоскопов «РДМ-33», «АВИКОН-02Р», применяемых при контроле ж. д. рельсов, «АВИКОН-17» позволяет получать GPS-координату участка контроля, ввести цифровые и текстовые характеристики осмотренного рельса и сформировать подробный протокол контроля с указанными параметрами. Большой цветной экран с индикацией цифровых значений параметров выявляемых дефектов позволяет более надежно селективировать сигналы от дефектов на фоне помех. Масса комплекта для ручного контроля не превышает 3 кг (рис. 10).

Оработка технологии контроля на Октябрьской ж. д. показала, что для проверки участков пути с большим количеством дефектных рельсов (более 20 шт./км) целесообразно доукомплектовать дефектоскоп «АВИКОН-17» легкой складной тележкой (рис. 11). Это удобно при транспортировке и позволяет при контроле в пути оператив-

но 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 излома рельса под поездами [3]. Естественно, эта работа требует проведения дополнительных исследований и принятия организационных мер по поэтапному вводу новой технологии. На первом этапе внедрение необходимо осуществлять на малоделятельных участках при положительных температурах эксплуатации 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 контроля;
- проверка участков пути с большим количеством поверхностных повреждений (более 20 шт./км) по отдельному графику;

– мониторинг дефектных рельсов.

Контроль рельсов может выполняться как по отдельному графику, так и при плановом проходе съемного дефектоскопа (успешно внедряется на С-Петербург-Финляндской дистанции пути Октябрьской ж. д.).

Более широкое внедрение приборов «АВИКОН-17» на сети дорог позволит вовремя обнаруживать опасные трещины, недоступные для выявления существующей технологией и средствами контроля, сэкономить на замене рельсов за счет исключения перебраковки рельсов, т. е. продлить срок службы рельсов с неопасными дефектами. Выбор периодичности при мониторинге дефектных рельсов производится с учетом состояния контролируемых рельсов, грузонапряженности пути, климатических условий и др. факторов.

Выводы

1. Несмотря на отлаженную систему диагностики рельсов на российских железных дорогах, имеется ряд проблем,

касающихся контроля рельсов в сложных условиях (износ и поверхностные повреждения головки, сварные стыки, низкие температуры). Авторами обозначены направления возможных путей решения по названным вопросам.

2. Одной из сложных проблем является контроль рельсов с поверхностными повреждениями. Для ее решения разработан способ обнаружения и измерения размеров внутренних дефектов в головке рельсов (в том числе и под поверхностными повреждениями). Параллельно решена задача обеспечения акустического контакта при вводе ультразвуковых колебаний с боковых граней головки, имеющих неровную поверхность.

3. 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.

4. Предлагаемая технология контроля рельсов с поверхностными поврежде-

ниями, реализованная в дефектоскопе «АВИКОН-17», показала свою работоспособность в реальных условиях.

5. 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 ДР в пути).

6. Дефектоскоп «АВИКОН-17» может быть использован как полноценный прибор для ручного контроля рельсов и для контроля сварных стыков с получением документа контроля.

Литература

1. Меркулова Т.В. и др. Анализ аварийности в рельсовом хозяйстве и меры по ее снижению. — Путь и путевое хозяйство. 2012. № 4. С. 17.
2. Классификация дефектов рельсов. НТД/ЦП 1 93. — М.: Транспорт, 1993.
3. Марков А.А., Кузнецова Е.А. К мониторингу рельсов по результатам дефектоскопии. — В мире НК. 2004. № 4 (26). С. 28.

Статья получена 6 июля 2012 г.



Амати-Акустика

Разработка и производство
ультразвуковых преобразователей

+7 (812) 309-05-28

<http://amatia.ru>

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО

УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ



Санкт-Петербург, ул. Мебельная, д. 12
тел.: +7 (812) 309-05-28, факс: +7 (812) 740-17-03