

## Измерение размеров дефектов – подходы к мониторингу состояния рельсов (АВИКОН-17)



**Мосягин В.В.**, заместитель директора научно-технического центра разработки съемных и переносных средств неразрушающего контроля ОАО «Радиоавионика»

Выпускник кафедры методов и приборов неразрушающего контроля ПГУПС. В ОАО «Радиоавионика» с 2000 года (с 1995 по совместительству), «Профессиональный инженер России 2004 года».

*Рассмотрен новый дефектоскоп для оценки реальных размеров дефектов в головке рельсов, принцип его построения и результаты апробации на моделях и реальных дефектах.*

Мониторинг состояния рельсового пути является важной задачей для обеспечения требуемого уровня безопасности перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Попытки анализировать рост дефектов по получаемой в процессе контроля дефектограмме [1] пока не привели к желаемому результату. Отметим, что ОАО «РЖД» в течение последних лет проводит политику перехода к ресурсосберегающим технологиям.

При ультразвуковом контроле рельсов главным препятствием к мониторингу развития дефектов в рельсах является отсутствие данных о размерах обнаруженного дефекта, поскольку измеряемой характеристикой дефекта являются условные размеры дефектов. В зависимости от используемых параметров контроля условные размеры, как правило, могут в несколько раз превышать реальные размеры дефектов. Это связано, в первую очередь с раскрытием диаграммы направленности преобразователей, работающих по эхо-методу, которая дает протяженную пачку эхо-импульсов даже при наличии точечного отражателя в рельсе.

Практика ультразвукового контроля показывает, что наиболее уязвимой частью рельса является головка, в то же время сигналы, получаемыми традиционными способами часто не могут быть правильно интерпретированы оператором. Например, сигналы от имеющегося неопасного расслоения (глубиной до 8 мм) могут быть ошибочно восприняты как сигналы от опасной поперечной трещины, что приведет к перебраковке рельса.

В связи с этим поставлена задача разработки принципа и построения прибора для получения геометрических параметров дефекта, близкими к реальным размерам, в области головки рельса. Отметим, что попытки визуализировать сечение рельсов не раз предпринимались, например в [2], однако пока не получили практического применения в рельсовой дефектоскопии из-за сложности аппаратуры и длительного времени обработки.

Для визуализации сечения головки рельса, в отличие от используемых в предшествующих работах эхо-метода, в разработанном дефектоскопе принят классический метод прохождения.

В технической литературе при рассмотрении метода прохождения упоминается один из его недостатков, связанных с невозможностью определением координат залегания (глубины) обнаруженных дефектов. При этом в [3] указана возможность определения координат при зеркально-теновом методе при наклонном вводе у.з. колебаний. При построении данного дефектоскопа этот существенный недостаток был полностью исключен за счет использования принципов, указанных в [4].

При сканировании по боковым граням головки рельса остро встала задача обеспечения акустического контакта между преобразователями и рельсом. В связи с этим проведена работа с научными институтами по созданию специальных химических материалов, обеспечивающих акустический контакт вместо контактирующей жидкости. Способ обеспечения контакта с помощью синтезированных веществ приведен в [5].

Для реализации принципа требуется точное знание координат преобразователей как по высоте головки рельса, так и по длине рельса. Общая функциональная схема дефектоскопа приведена на рис. 1

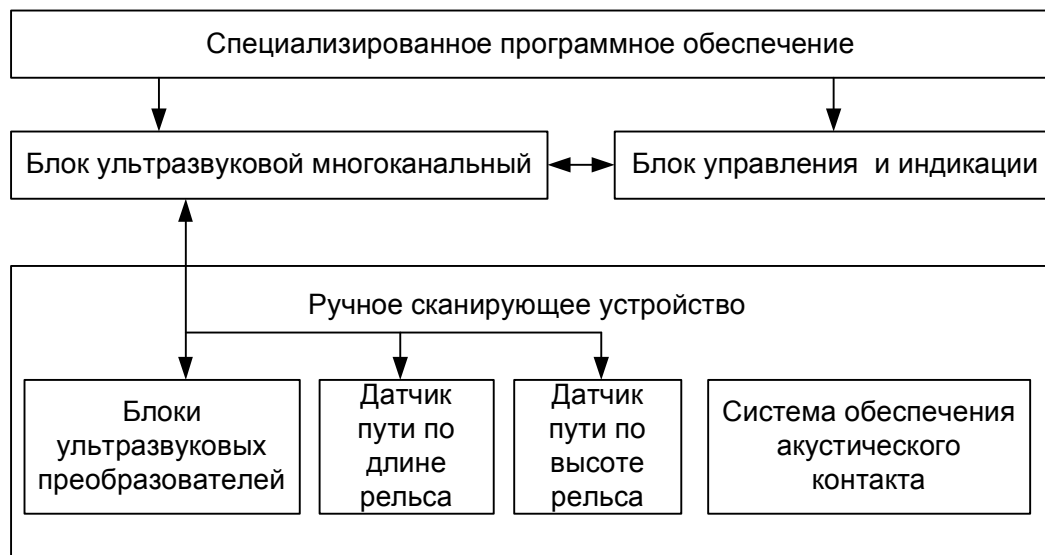


Рис. 1 – Функциональная схема дефектоскопа АВИКОН-17

В качестве измерительного механизма выступает сканирующее устройство, устанавливаемое в процессе контроля на головку рельса. В помощью пьезоэлектрических преобразователей осуществляется ввод и прием ультразвуковых колебаний в головку рельса с боковых граней (рис. 2), что позволяет проводить измерения даже при наличии поверхностных повреждений и расслоений на поверхности катания головки рельса и в приповерхностном слое. При этом накладываются ограничения по исследованию головки рельса: озвучивание возможно только от верхней до нижней выкружки головки рельса, что составляет от 9 до 36 мм глубины от поверхности катания.

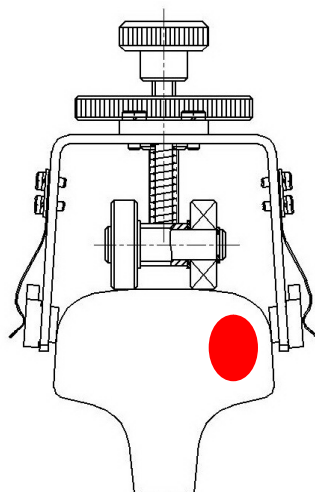


Рис. 2 – Сканирование головки рельса с боковых граней

В результате пятилетней работы в ОАО «Радиоавионика» при участии автора создан опытный образец дефектоскопа АВИКОН-17. Общий вид дефектоскопа приведен на рис. 3.



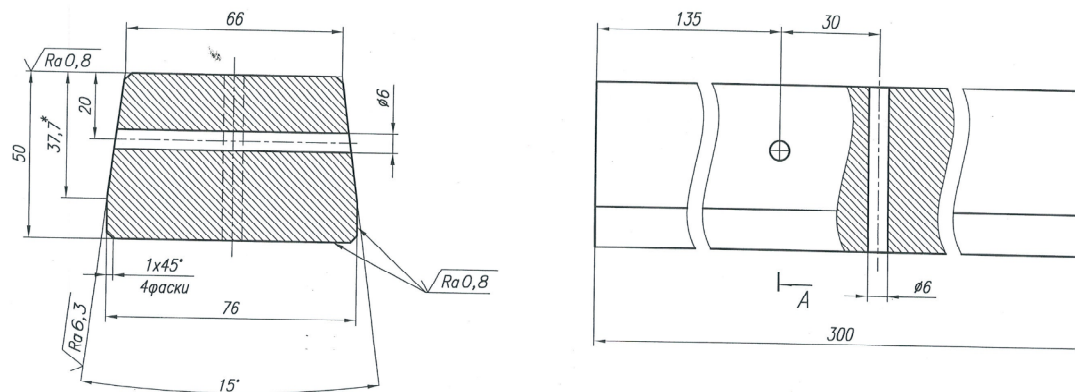
Рис.3 – Вид сканирующего устройства и блока управления и индикации

Принцип, положенный в основу дефектоскопа АВИКОН-17, апробировался на моделях дефектов с известными размерами, на реальных дефектах в голове рельса.

Для оценки метрологической точности измерений размеров дефекта разработан и изготовлен тест-образец, содержащий два цилиндрических отверстия: горизонтальное и вертикальное. Рисунок тест-образца и результат его контроля приведены на рис. 4.



а)



б)

## Отчет о контроле №1 от 01.07.2011

Имя файла: 230611\_007\_00288 а17

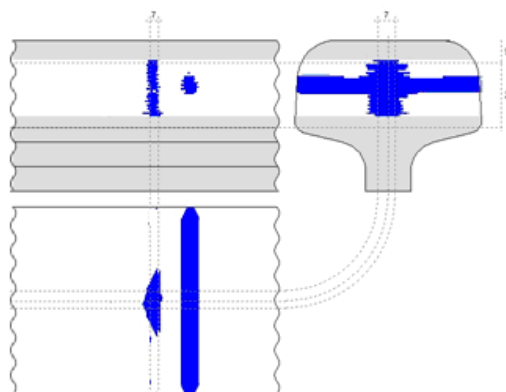
Км: 12 пк: 34 м: 567 путь: 1 нить: 0

Перегон: Нет

Дата контроля: 01.07.2011 Время начала контроля: 16 ч. 01 мин. 11 сек.

Продолжительность сканирования: 181234 сек.

Дефектоскоп: Аэликс-17. БУМ №288 БУИ №1



### Измеренные параметры:

- Измеренная площадь дефекта в процентах от площади поперечного сечения головки: 5 %
- Глубина залегания верхней кромки не менее: 9 мм
- Измеренная высота дефекта: 26 мм
- Расстояние от кромки дефекта до грани головки: 33 мм
- Размер дефекта в поперечном сечении головки: 7 мм
- Расстояние от кромки дефекта до продольной оси рельса: заходит за ось
- Размер дефекта по длине рельса: 7 мм

### Заключение:

Оператор: Мосягин В.В. 01.07.2011

в)

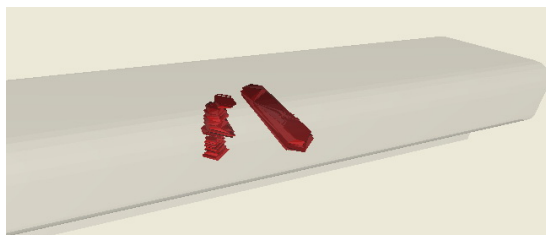


Рис. 4 – Результат контроля тест-образца: а - чертеж тест-образца, б - результаты контроля, в - 3D - изображение

Работа по измерению размеров моделей дефектов на стандартизированных тупиках дистанций пути и дорожной лаборатории дефектоскопии, а также реальных дефектов на тупике цеха пути ОАО «ВНИИЖТ», показала достаточную точность результатов измерений.

На рис. 5 приведены результат измерения и последующего долома рельса с дефектов в головке рельса.

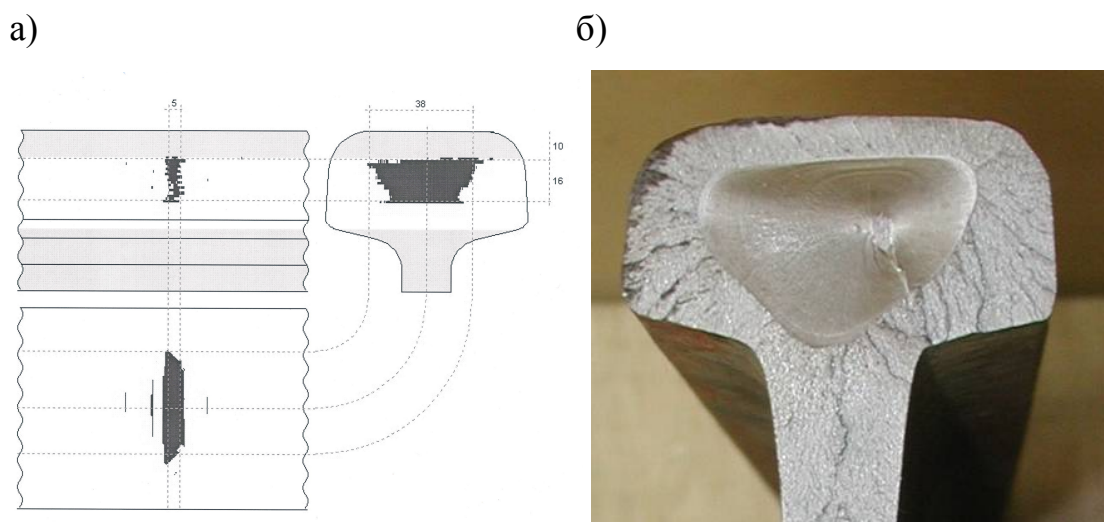
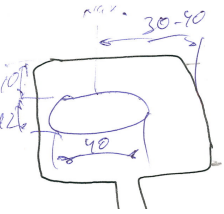
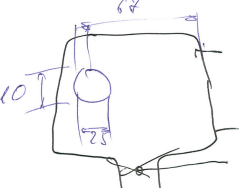
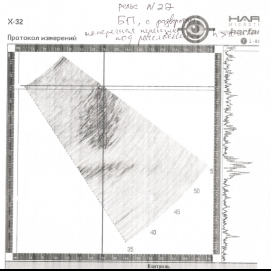
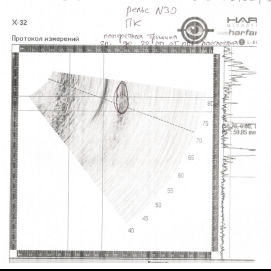
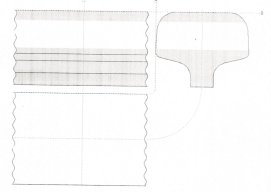
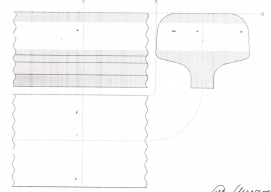

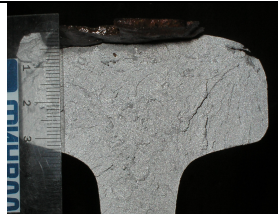


Рис. 5 – Результат измерения (а) и последующего долома (б) рельса с дефектов в головке рельса

На успешно прошедших приемочных испытаниях дефектоскопа АВИКОН-17 комиссией ОАО «РЖД» было предложено проверить два рельса. Маркировка рельсов изъятых по действующей технологии контроля указывала на наличие в них поперечных трещин (коды 21 и 24). Проведенные оператором измерения с помощью ручных преобразователей по типовой методике показали на подозрение о наличие в рельсах поперечных трещин большого размера (табл. 1, строка 1). Исследования сечений с помощью дефектоскопа Х-32 с фазированными решетками (табл. 1, строка 2) также показали пачки сигналов, по которым оператор дал заключение о наличие опасных поперечных трещин. Однако, результаты обследования дефектоскопом АВИКОН-17 (табл. 1, строка 3) и последующий долом рельсов на прессе (табл. 1, строка 4) указали на отсутствие поперечных трещин в головке рельса. Все принятые эхо-сигналы при ручных измерениях по типовой методике и с помощью дефектоскопа с фазированной

решеткой X-32 оказались многократными переотражениями вследствие наличия неопасных горизонтальных расслоений глубиной до 5 мм в одном рельсе и до 8 мм в другом рельсе.

Таблица 1 – Результаты контроля двух рельсов с дефектами

№ п/п	Тип средства контроля	Результат контроля		Заключение оператора о наличии поперечной трещины	
		Рельс № 27	Рельс № 30	Рельс №27	Рельс №30
1	Ручной контроль по типовой методике с углом ввода 50 градусов, $K_u=24$ дБ			ЕСТЬ, размеры 12x40 мм, глубина верхней кромки 10 мм	ЕСТЬ, размеры 10x25 мм,
2	Ручной контроль прибором X-32 (с фазированной решеткой)			ЕСТЬ, глубина до 15 мм	ЕСТЬ, глубина до 20 мм
3	Дефектоскоп АВИКОН-17, режим сканирования сечения	<p>Отчет о контроле №1 от 23.06.2011</p> <p>Имя файла: 230611_001_0018.a17          Вес: 12 кбайт, 24 мб, 567 кб/сек, 1 канал, 0          Параметр: Нет          Дата контроля: 23.06.2011. Время начала контроля: 11:40:00, 00 сек.          Продолжительность сканирования: 0:00:00          Дефектоскоп: АвиКон-17, 0.5 МГц, 800 В, 20 мВ          Рельс: НННМ (НН-1) 600 мм, 24</p>  <p>Измеренные параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Измеренная глубина дефекта в процентах от площади поперечного сечения головки: 0 %</li> <li>Глубина дефекта в мм: 0 мм</li> <li>Измеренная высота дефекта: 0 мм</li> <li>Расстояние от дефекта до поверхности: 0 мм</li> </ul> <p>На глубине от 9 до 36 мм дефектов не обнаружено          результаты сдв. поперечной трещины          23.06.11 М.С.Григорьев В.В.</p>	<p>Отчет о контроле №1 от 23.06.2011</p> <p>Имя файла: 230611_008_0018.a17          Вес: 12 кбайт, 24 мб, 567 кб/сек, 1 канал, 0          Параметр: Нет          Дата контроля: 23.06.2011. Время начала контроля: 11:40:00, 00 сек.          Продолжительность сканирования: 0:00:00          Дефектоскоп: АвиКон-17, 0.5 МГц, 800 В, 20 мВ          Рельс: НННМ (НН-1) 600 мм, 24</p>  <p>Измеренные параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Измеренная глубина дефекта в процентах от площади поперечного сечения головки: 0 %</li> <li>Глубина дефекта в мм: 0 мм</li> <li>Измеренная высота дефекта: 0 мм</li> <li>Расстояние от дефекта до поверхности: 0 мм</li> </ul> <p>на глубине от 9 до 36 мм дефектов не обнаружено          результаты сдв. поперечной трещины          23.06.11 М.С.Григорьев В.В.</p>	На глубине от 9 до 36 мм поперечной трещины НЕТ	На глубине от 9 до 36 мм поперечной трещины НЕТ
4	Принудительный долом рельса на прессе			НЕТ Имеется горизонтальное расслоение на глубине до 8 мм	НЕТ Имеется горизонтальное расслоение на глубине до 5 мм

Подводя итоги, можно говорить о появлении нового инструмента контроля головки рельса, с помощью которого возможно точное определение наличия

поперечных трещин в головке рельса или уверенно судить об их отсутствии. Появляющиеся при этом возможности мониторинга дефектных сечений, а также возможность отслеживания динамики развития дефектов при различных нагрузках и условиях создают предпосылки в будущем перейти на более эффективные технологии контроля рельсов и нормы текущего содержания пути, а в целом снизить эксплуатационные расходы при сохранении требуемого уровня безопасности перевозок.

Дальнейшим развитием данного дефектоскопа АВИКОН-17 может стать уменьшение неконтролируемых зон по глубине рельса и работа при большем боковом износе головки рельса.

#### Литература:

1. А.А. Марков, Е.А. Кузнецова. К Мониторингу рельсов по результатам дефектоскопии. Путь и путевое хозяйство.
2. Е.Г. Базулин. Получение изображений дефектов в перьях подошвы рельсов методом SAFT с учётом многократного отражения ультразвукового импульса от границ объекта контроля, [http://www.echoplus.ru/arch/df2\\_2010\\_rels.pdf](http://www.echoplus.ru/arch/df2_2010_rels.pdf), 2011 г.
3. Марков А.А. Методы ультразвуковой дефектоскопии и функциональные решения аппаратуры при непрерывном излучении упругих колебаний: Диссертация кандидата технических наук. -Л.: СЗПИ. 1990. – 232 с.
4. А.А. Марков, В.В. Мосягин, М.В. Кескинов. Способ обнаружения дефектов в головке рельса. Свидетельство на изобретение Российской Федерации № 2340495 от 16.04.2008г.
5. А.А. Марков, В.В. Мосягин, В.Е. Разорвин. Ультразвуковод. Свидетельство на полезную модель № 2011100881/28.