

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НА РЕЛЬСОСВАРОЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ



**А.А. МАРКОВ, докт. техн. наук,
А.Б. КОЗЬЯКОВ,
Ю.А. МАРКОВ**

Развитие средств и технологии неразрушающего контроля рельсов за последние годы привело к существенному сокращению количества изломов рельсов на сети дорог ОАО «РЖД». С 2008 по 2014 гг. число изломов не превысило 60 шт. в год. Это свидетельствует о высоком техническом и организационном уровне неразрушающего контроля рельсов на российских железных дорогах. Тем не менее, в условиях роста скоростей движения поездов и объемов перевозок задача минимизации и предотвращения изломов рельсов по-прежнему остается актуальной.

Отдельной проблемой являются изломы сварных стыков рельсов. Актуальность ее вызвана тем, что из года в год доля изломов рельсов по сварным стыкам составляет около 30 % от общего числа изломов. В связи с ежегодным ростом протяженности бесстыковых путей количество изломов, вероятно, не будет уменьшаться.

Анализ дефектов сварных стыков, приведших к излому, показывает, что подавляющее большинство из них (88 %) вызваны дефектами шейки и подошвы (дефекты 56.3 и 66.3 соответственно) и лишь 12 % — дефектами в зоне головки (дефекту 26.3). Объясняется это тем, что в настоящее время головка рельса достаточно полно дефектоскопируется при сплошном контроле съемными и мобильными средствами.

Можно предположить, что среди причин, вызывающих изломы рельсов, определенную долю занимают нарушение режимов сварки и недостаточно надежный приемочный контроль сварных стыков на рельсосварочных предприятиях (РСП).

Приемочный контроль сварных стыков

Приемочный контроль сварных стыков рельсов был введен на всех рельсосварочных предприятиях СССР в 1961 г. В 70-е годы прошлого века методика контроля была окончательно сформирована и с тех пор не изменялась. В настоящее время приемочный контроль сварных стыков на РСП выполняется по

типовой методике, описанной в Технологической инструкции по ультразвуковому контролю сварных стыков рельсов в рельсосварочных предприятиях и в пути ТИ 07.42-2004, предусматривающей тщательную проверку рельса в зоне сварки сканированием ручным преобразователем по всему периметру.

При добросовестном выполнении дефектоскопистами указанной методики большинство дефектов в сварных стыках при приемочном контроле должны быть обнаружены. Это означает, что происходящие изломы сварных стыков по дефектам вызваны или несоблюдением технологии контроля, или его невыполнением.

На полноту проведения ручного контроля негативно влияют следующие факторы:

трудоемкость самой процедуры контроля, обусловленная необходимостью сканирования дефектоскопистом поверхностей рельса с шагом, не превышающим 3 мм в течение всей рабочей смены изо дня в день. При этом находят 1—3 дефекта на 10 000 сварных стыков. Другими словами в ряде случаев дефектоскопист может проработать несколько месяцев, но так и не обнаружить ни одного дефекта! Очевидно, что такая ситуация может снизить бдительность даже у добросовестного работника;

отсутствие документирования результатов контроля, что также не способствует соблюдению технологии.

Это означает, что необходима разработка и внедрение новой технологии и средств контроля сварных стыков, реализующих максимально возможную автоматизацию.

Повышение качества контроля сварных стыков рельсов ОАО «Радиоавионика» проводило в два этапа.

Первый этап — повышение информативности действующей технологии контроля. На нашем предприятии еще в 2002 г. разработан портативный дефектоскоп «Авикон-02Р», предназначенный для проверки электроконтактных и алюминотермитных сварных стыков рельсов как в пути, так и на РСП в соответствии с действующей НТД. В до-

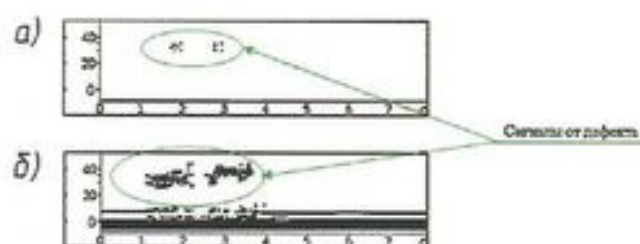


Рис. 1. Фрагмент протокола сварного стыка с дефектом, трудно выявляемым на номинальной чувствительности:
 а — номинальная чувствительность ($K_s = 24$ дБ);
 б — повышенная чувствительность ($K_s = 36$ дБ)

полнение к типовой методике предложена технология формирования документа по каждому проконтролированному сварному стыку. В соответствии с Временными инструктивными указаниями по ультразвуковому контролю сварных стыков рельсов, выполненных ПРСМ, с получением объективного документа контроля (утверждены Департаментом пути и сооружений ОАО «РЖД» 12 декабря 2005 г.) в рамках указанной технологии выполняется дополнительное сканирование стыка при перемещении преобразователя по поверхности катания вдоль оси рельса на повышенной (на 12 дБ) чувствительности с записью сигналов на В-развертку дефектоскопом «Авикон-02Р». Время, требуемое для выполнения такого перемещения ПЭП и внесения результатов озвучивания в память дефектоскопа составляет всего 8 с. При необходимости можно выполнить дополнительное сканирование еще по четырем поверхностям (боковым

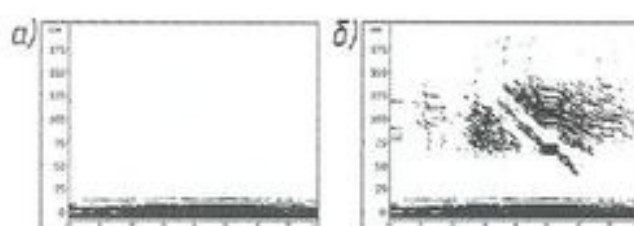


Рис. 2. Фрагмент протокола бездефектного сварного стыка:
 а — номинальная чувствительность ($K_s = 24$ дБ);
 б — повышенная чувствительность ($K_s = 36$ дБ)

граням шейки и перьям подошвы с двух сторон). Естественно, время дополнительного сканирования при этом возрастает до 1 мин.

При реализации рассмотренной технологии достигается следующий результат:

повышается вероятность обнаружения дефектов, не фиксируемых при контроле на номинальной чувствительности (рис. 1);

на каждый стык формируется документ контроля, свидетельствующий о факте проверки стыка и отсутствии дефекта на номинальной чувствительности в пределах зоны проекции шейки рельса (рис. 2).

В стационарных условиях РСР имеется возможность проверять сварные стыки и одновременно получать документ контроля за счет интеграции дефектоскопа для ручного контроля «Авикон-02Р» со стационарным компьютером. На базе данного дефектоскопа нами разработан дефектоскопический комплекс «Авикон-02Р/ПК» (рис. 3).

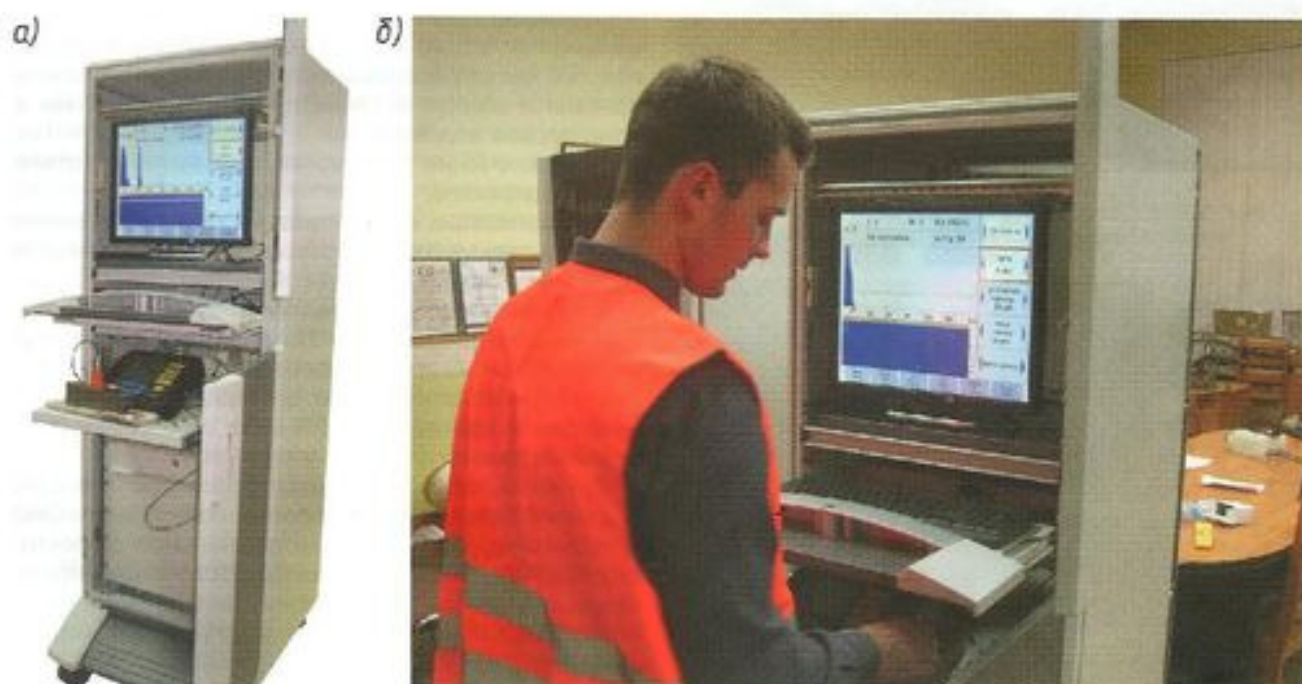


Рис. 3. Дефектоскопический комплекс «Авикон-02Р/ПК»:
 а — внешний вид; б — работа на комплекс



Рис. 4. Многоканальный дефектоскоп МИГ-УКСМ (путевой вариант)



Рис. 5. Пост дефектоскопии на РСП Московского метрополитена в электродепо «Печатники»



Рис. 6. Дефектоскоп МИГ-УКСМ в Азербайджано на РСП-24

Отличительные особенности данного комплекса:
 одновременное и раздельное отображение сигналов в виде А- и В-разверток;
 измерение условных размеров дефектов по А- и В-разверткам;
 цветовая градация амплитуд регистрируемых сигналов;
 запись амплитуд сигналов на нескольких уровнях;
 автоматическое формирование базы протоколов контроля на ПК (с записью всех выполненных операций);
 ввод данных электронного журнала непосредственно с клавиатуры или экрана;
 передача протоколов контроля в общую базу предприятия (на сервер РСП).

При проверке сварного стыка рельсовой плети сигналы контроля отображаются на большом (19") цветном сенсорном экране. Управлять комплексом, вводить данные можно как с экрана, так и с клавиатуры.

Протоколы контроля передаются на сервер РСП и могут быть распечатаны.

Второй этап — механизация и автоматизация процесса контроля сварки рельсов. При всех достоинствах изложенной выше технологии формирования документа контроля сам процесс поиска дефекта не является автоматизированным, что обуславливает влияние «человеческого фактора» на результаты.

С целью повышения качества и объективности проверки сварных рельсов нами сформулированы требования к средству автоматизированного контроля сварных стыков:

1) обеспечение озвучивания зоны сварки рельсов по всему поперечному сечению в пределах ± 60 мм от середины сварного стыка в области головки и шейки, а также в пределах ± 250 мм в зоне перьев подошвы;

2) исключение ручного сканирования на этапе поиска дефектов;

3) реализация прозвучивания рельса по эхо- и зеркальному методам в области головки, шейки и подошвы рельса;

4) обеспечение получения документа контроля, реализующего: формирование протокола контроля на каждый проверенный стык, создание ведомости контроля на каждую проверенную плеть, фиксацию GPS-координаты прибора при контроле уложенных в путь рельсов.

С учетом перечисленных требований, в 2011 г. по заданию Департамента пути и сооружений ОАО «РЖД» нами разработан многоканальный дефектоскоп МИГ-УКСМ для автоматизированного контроля сварных стыков в пути по всему поперечному сечению рельса с формированием документа контроля (рис. 4).

Для эксплуатации данного средства в условиях технологического потока рельсосварочного предприятия выполнена его адаптация.

С этой целью на МИГ-УКСМ установлены специальные приводы:

пневматический — для установки на рельс и подъема акустических блоков;

электромеханический — для перемещения прибора по рельсу при контроле в пределах ± 360 мм относительно центра сварного стыка.

В дефектоскопе реализована возможность передачи протоколов контроля в режиме реального времени на специальный сервер РСП. В данный момент дефектоскопы МИГ-УКСМ в указанном исполнении эксплуатируются на РСП Московского метрополитена (электродепо «Печатники») (рис. 5), а также в Азербайджане (РСП-24, г. Сальяны) (рис. 6).

В 2009 г. более ранние модификации дефектоскопа были поставлены в Ливию (г. Рас-Лануф) на РСП, созданное силами ОАО «Зарубежстройтехнология» для строительства железной дороги Сирт-Бенгази (рис. 7) (Будни и перспективы путевого комплекса «РЖД» // Евразия-Вести, 2010. № 8).

Дефектоскоп МИГ-УКСМ реализует четырехэтапный контроль (рис. 8) сварного стыка по эхо- и зеркальному методам с двух сторон от центра сварного стыка.

При этом результаты контроля по зеркальному методу (этапы 1 и 3) отображаются на мнемоническом изображении рельса посредством индикации зон сечения, в которых находится отражатель (рис. 9).

Результаты контроля по эхо-методу (этапы 2 и 4) отображаются в виде привычной опытным операторам развертки типа «В» при многопороговой регистрации (рис. 10).

Сигналы от возможных дефектов можно также просматривать на экране дефектоскопа как на повышенных (-6 дБ; -12 дБ), так и на пониженных (на +6 дБ; +12 дБ) чувствительностях.

Дефектоскоп МИГ-УКСМ является средством автоматизированного контроля, реализующим этап поиска возможных дефектов. При фиксации эхо-сигналов от отражателей в зоне сварки окончательное решение о качестве сварного стыка принимается после его сканирования ручным преобразователем по действующей технологии ТИ 07.42-2004. При этом ручной преобразователь уже подключен к электронному блоку МИГ-УКСМ.

Для анализа сформированных дефектоскопом протоколов контроля и оценки качества соблюдения технологии дублирования реализована возможность повторного просмотра результатов на персональном компьютере также на различных (повышенных и пониженных) чувствительностях.

Входной контроль старогодных рельсов

Не стоит также на месте и технология входного ультразвукового контроля старогодных рельсов.

В связи с проводимой ОАО «РЖД» политикой использования ресурсосберегающих технологий значительная часть рельсов, свариваемых в плети,



Рис. 7. Контроль сварного стыка рельсовой плети на РСП в г. Рас-Лануф

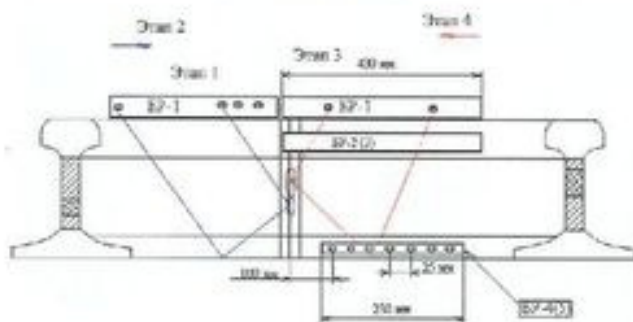


Рис. 8. Этапы контроля сварного стыка дефектоскопом МИГ-УКСМ

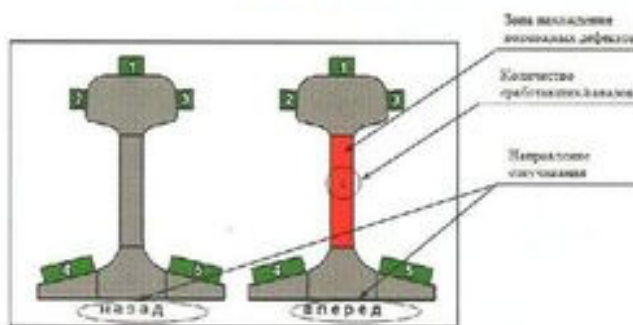


Рис. 9. Отображение результатов контроля при озвучивании сварного стыка по зеркальному методу дефектоскопом МИГ-УКСМ

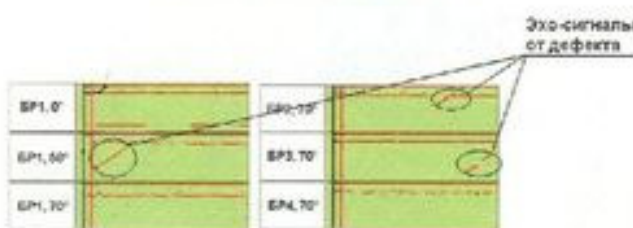


Рис. 10. Отображение сигналов контроля при озвучивании сварного стыка по эхо-методу дефектоскопом МИГ-УКСМ



Рис. 11. Дефектоскопический комплекс контроля старогодных рельсов на РСП-21



Рис. 12. Установка контроля старогодных рельсов «Авикон-11РСП/ВС» на РСП-31



Рис. 13. Установка контроля старогодных рельсов «Авикон-11РСП/ВС» на РСП-29

является старогодной, т.е. сварные плети формируются зачастую не только из новых, но и из уже пролежавших значительное время к пути рельсов.

По причине массового использования старогодных рельсов для сварки в плети на РСП введен их входной контроль при поступлении с дистанций пути.

Еще несколько лет назад на большинстве РСП для входного контроля старогодных рельсов использовали двухниточные дефектоскопы «Авикон-01МР» и РДМ-2, т.е. те же средства дефектоскопии, которые применяются на пути.

В период с 2004 по 2008 гг. на ряде рельсосварочных предприятий (РСП-8, РСП-21, РСП-29 и РСП-31) прошло техническое перевооружение парка дефектоскопических средств, в рамках которого путевые дефектоскопы были заменены на специализированные установки. Данные установки состоят из электронного и акустических блоков дефектоскопа «Авикон-11», интегрированных с промышленным компьютером. В отличие от контроля в пути, на РСП дефектоскопические комплексы «Авикон-11РСП/ВС» проверяют все поперечное сечение рельса, используя дополнительные искательные системы, сканирующие перья подошвы.

Впервые для входного и выходного контроля старогодных рельсов ОАО «Радиосавионика» в 2004 г. по заказу РСП-21 (г. Лодейное Поле) разработало дефектоскопический комплекс (рис. 11) на базе дефектоскопа «Авикон-001МР», интегрированного с портативным компьютером. Сигналы контроля, принимаемые дефектоскопической частью комплекса, отображаются в режиме реального времени в виде развертки типа «В» на экране ноутбука, установленного непосредственно на дефектоскопической тележке.

Известно, что на разных РСП входной контроль старогодных рельсов организован по-разному. Так, на РСП-31 (г. Тихорецк) рельс, поданный на контроль, в процессе дефектоскопирования лежит неподвижно на рольганге на высоте примерно 70 см от уровня пола. Во время проверки относительно неподвижного рельса по специальному направляющим движется небольшая платформа, на которой размещены все элементы «Авикон-11РСП/ВС» (рис. 12).

На РСП-29 (станция Промышленная) рельс лежит неподвижно на специальном проверочном стенде, расположенном на полу. Контроль старогодных рельсов также выполняется установкой «Авикон-11РСП/ВС». При этом управление акустическими блоками осуществляется посредством пневматического привода. Сама же тележка перемещается по уложенному на стенде рельсу (рис. 13).

В 2014 г. дефектоскопический комплекс «Авикон-11РСП» поставлен и внедрен на РСП Московского метрополитена (рис. 14).

За время эксплуатации данных установок на РСП проконтролировано более 2500 сварных стыков рельсов типов Р65 и Р50.

Таким образом, ОАО «Радиоавионика» разрабатывает и поставляет дефектоскопические комплексы с учетом специфических особенностей каждого конкретного РСП.

Все установки контроля старогодных рельсов серии «Авикон» вне зависимости от их технического исполнения реализуют один и тот же принцип — отображение сигналов на мониторе промышленного компьютера в виде развертки типа «В» в режиме реального времени. Это позволяет совместить процедуру поиска дефектов и анализ сигналов контроля, индицируемых на развертке типа «В». Более того, на РСП-8 старогодные рельсы дважды подвергаются проверке установками «Авикон-11РСП/ВС»: до репрофилирования и после выполнения указанной операции (рис. 15). Вызвано это тем, что отдельные дефекты «раскрываются» именно после операции репрофилирования. По просьбе РСП-8 специалистами ОАО «Радиоавионика» разработано специальное программное обеспечение, позволяющее выполнять сравнительный анализ результатов обоих этапов непосредственно на одном мониторе.

Перспективы развития средств НК рельсов и сварных стыков на рельсосварочных предприятиях

Учитывая состояние поверхности зоны сварного стыка после обработки шлифовкой, целесообразным является переход с систем ввода ультразвуковых колебаний, базирующихся на скольжении ПЭП по поверхностям рельса, на систему качения («ультразвуковые колеса»). При этом резко сократятся эксплуатационные расходы на замену ПЭП и повысится надежность контроля. Одной из перспективных является разработанная ОАО «Радиоавионика» по заданию Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» установка для приемочного контроля рельсов на РСП «Комплекс автоматизированного контроля сварных стыков Автокон-С» (рис. 16).

В данной установке контроль сварного стыка на РСП максимально автоматизирован. Дефектоскописту достаточно совместить лазерный луч установки с серединой стыка и нажать кнопку для запуска процесса автоматического поиска дефектов. Благодаря использованию колесных преобразователей обеспечивается стабильный акустический контакт и решается проблема с износом преобразователей. Большое количество акустических преобразователей, установленных под разными углами внутри восьми колесных искательных систем, позволяет



Рис. 14. Установка контроля старогодных рельсов «Авикон-11РСП/ВС» на РСП Московского метрополитена (электродоц «Печатники»)

прозвучивать все сечение рельса под разными углами и повышает вероятность обнаружения дефектов. Дополнительно измеряются твердость металла в зоне сварки и прямолинейность рельса (электронной линейкой). Результаты измерений вводятся в электронный паспорт плиты.

В дальнейшем установку подобного типа с колесными преобразователями планируется использовать также для входного контроля старогодных рельсов на РСП.

Выводы

Как следует из изложенного, задачи неразрушающего контроля рельсов на РСП являются весьма актуальными. Количество изломов рельсов по сварным стыкам в последние 8 лет остается на уровне 28—35 % от общего числа изломов. В значительной степени они вызваны нарушением



Рис. 15. Укрупненная схема технологического цикла

технологии сварки и недостаточно надежным приемочным контролем.

За последнее десятилетие разработан целый спектр приборов и установок как для входного контроля старогодных рельсов, так и для контроля сварных стыков. Многие из них внедрены и успешно работают на ряде предприятий России и стран СНГ.

Предложены новые технологии, повышающие достоверность обнаружения дефектов: контроль



Рис. 16. Комплекс «Автокон-С»

зоны сварного стыка многодатчиковой системой с вводом ультразвука с пяти плоскостей рельса; регистрация сигналов контроля на двух уровнях чувствительности (на номинальной и повышенной в четыре раза).

В действующих приборах и установках разработки ОАО «Радиоавионика» результаты ультразвукового контроля полностью пригодны для передачи на сервер РСР с целью формирования электронного паспорта плети. Разработчики программного обеспечения сервера хорошо знают, что поток информации, поступающей с приборов неразрушающего контроля, является наибольшим по сравнению с другими информационными потоками технологической цепочки изготовления рельсовой плети.

На постах дефектоскопии в электронном виде должны формироваться не только результаты ультразвукового контроля, но и результаты измерений прямолинейности рельса в месте сварки и твердости металла в зоне термического влияния. Это позволит формировать более достоверный, чем при ручном вводе, паспорт рельсовой плети.

Реализация разработанных технологий и установок позволит в будущем перейти к автоматизированной системе неразрушающего контроля рельсов на РСР (безлюдная технология контроля качества).