

# Регистрация эха

**Сегодня ни одно промышленное предприятие в своей системе обеспечения качества не обходится без ультразвуковых методов контроля. Одним из ключей к высокой эффективности УЗК является конструкция и качество ультразвуковых пьезопреобразователей.**



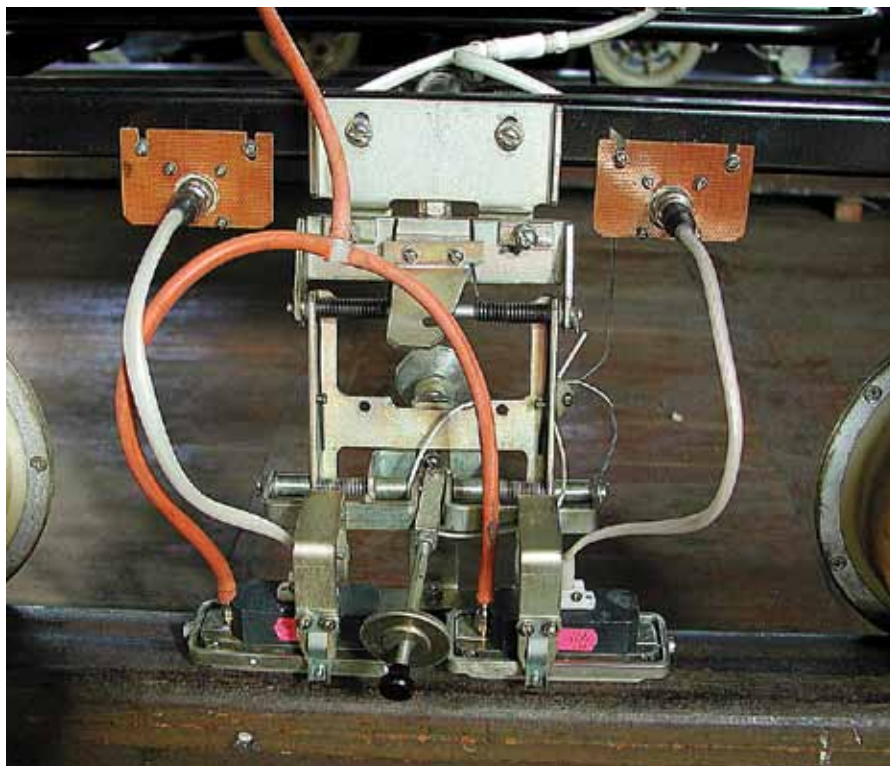
**БРОСАЛИН Андрей**  
руководитель Южного  
подразделения  
ООО «РДМ-контакт»,  
кандидат технических наук



**ПЕТРОНИУК Юлия**  
научный консультант  
ООО «РДМ-контакт»,  
кандидат физико-  
математических наук

**В** современной системе обеспечения качества необходимый ультразвуковой контроль производится на рельсосварочных предприятиях и в ходе эксплуатации рельсов, уложенных в пути. Преимуществом УЗ-метода по сравнению с другими является высокая скорость и неразрушающий способ контроля, и главное — возможность выявлять дефекты в объеме, определять их тип, расположение, размеры. В этой ситуации естественным является многообразие схем прозвучивания и конструкций датчиков, которые предлагают производители дефектоскопной техники для того, чтобы сделать процедуру контроля максимально эффективной.

В состав любого ультразвукового дефектоскопа входит ультразвуковой преобразователь — устройство, которое преобразует электрический (акустический) сигнал в акустический (электрический). Наиболее широко распространенные пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП) работают на принципе пьезоэлектрического эффекта. По общепринятой классифи-



Следящая система ультразвукового дефектоскопа-тележки УДС2-РДМ-22 для сплошного контроля рельсов. Сменные пьезоэлектрические преобразователи с разными углами ввода встраиваются в блоки следящей системы, на каждый рельс приходится два блока по три ПЭП в каждом

кации (ГОСТ 26266-90, [1]) ПЭП подразделяются на преобразователи общего назначения и специализированные, в зависимости от того, установлен или нет конкретный тип контролируемого изделия в технических условиях. Ультразвуковые пьезопреобразователи, используемые на предприятиях железнодорожной отрасли, относятся к специализированным и предназначены для работы совместно с ультразвуковыми дефектоскопами различных

типов. В связи с этим актуальным оказывается разделение ПЭП на ручные и сменные, встраиваемые в специализированные блоки дефектоскопов. При переходе к автоматизированным средствам контроля (РДМ-22, Авикон-11, АДМ) с целью обеспечения высокой скорости контроля и качества акустического контакта, из отдельных ПЭП формируется следящая система, обеспечивающая оптимальную схему прозвучивания, выполненная в виде блока

преобразователей со встроенной подачей иммерсионной жидкости, защитой от истирания и тому подобно.

По способу осуществления акустического контакта ПЭП подразделяются на контактные, иммерсионные и бесконтактные, в зависимости от наличия зазора между датчиком и объектом контроля и заполнения этого зазора иммерсионной (контактной) жидкостью. Как правило, пьезоэлектрические преобразователи, используемые для контроля рельсов, являются контактными. Такой способ ввода ультразвукового излучения обеспечивает высокую чувствительность контроля, меньший расход жидкости по сравнению с иммерсионными ПЭП, но требует чистой поверхности ввода (без грязи и коррозии).

По направлению ввода звуковых колебаний в исследуемый объект ПЭП подразделяются на прямые, наклонные и комбинированные. Прямые излучатели применяются в толщинометрии, при этом регистрируется эхо от донной поверхности, или для выявления дефектов, ориентированных параллель-

но поверхности ввода. Прямые преобразователи часто встраиваются в автоматизированные системы контроля, с их помощью можно с высокой точностью определять наличие акустического контакта между объектом и блоком преобразователей.

В рельсовой дефектоскопии почти всегда используются наклонные ПЭП, так как они позволяют выявлять наиболее опасные вертикальные плоскостные трещины и дефекты, расположенные под углом к поверхности ввода. Чем больше угол ввода, тем более близкие к поверхности дефекты можно выявлять, однако в контроле рельсов максимальный угол ввода наклонных ПЭП ограничивается 70°. Это ограничение определяется физикой распространения ультразвуковых волн на поверхности ввода. При вводе ультразвука в сталь возбуждаются как продольные, так и поперечные упругие колебания. Эффективность возбуждения того или иного типа волн зависит от угла ввода. Начиная с некоего «критического» угла ультразвуковая волна

определенного типа перестает распространяться в объеме. Так, с угла ввода в 70° в стальном рельсе почти вся ультразвуковая энергия отражается обратно в тело датчика, частично распространяясь вдоль поверхности ввода. Таким образом, угол наклонных ПЭП варьируется от 40 до 70°, при этом в объекте контроля распространяются поперечные упругие волны. ПЭП на продольных волнах — это датчики с нулевым и близким к нулю углом ввода, возбуждение поперечных волн при котором малоэффективно.

По конструктивному исполнению ПЭП могут быть совмещенные, раздельные и раздельно-совмещенные. Совмещенные ПЭП содержат в своей конструкции одну или две пьезоэлектрические пластины (резонаторы), каждая из которых выполняет функцию излучателя и приемника. В раздельно-совмещенных ПЭП используется два разделенных пьезоэлектрических элемента: один из них служит для передачи зондирующих импульсов, а другой — для приема эхосигналов.

## Датчики для рельсовой дефектоскопии серии РДМК

**Пьезоэлектрические преобразователи серии РДМК типа П111, П112, П121, П123** являются серийным продуктом фирмы ООО «РДМ-контакт» и предназначены для работы с ультразвуковыми дефектоскопами серии РДМ, совместимы также с другими рельсовыми дефектоскопами. В серию РДМК входят ПЭП для ручного и автоматизированного выявления дефектов в рельсах, сварных швах.

**ПЭП серии РДМК** отличают следующие эксплуатационные характеристики: высокая чувствительность, малая «мертвая» зона, низкий уровень шума в зоне контроля. Преобразователи изготавливаются по заливной технологии с применением рецептурных таблиц, рассчитанных для каждого угла ввода, при этом достигается повторяемость углов ввода для однотипных датчиков. Технология изготовления ПЭП предусматривает искусствен-



РОССИЯ, 107996, г. Москва  
Орликов пер. 5 оф. 840  
тел/факс +7-495-514-10-95  
ж.д. тел/факс 2-36-61  
www.rdm-kontakt.ru  
e-mail rdm@rdm-kontakt.ru  
rdm-kontakt@other.org.mps

ное старение заливочной массы, что обеспечивает их работоспособность во всем температурном диапазоне от -40 до +50°C. Корпуса ПЭП при необходимости могут быть выполнены из стали, что значительно повышает износоустойчивость преобразователей при работе с изделиями большой степени шероховатости. На боковых поверхностях расположены надписи с обозначением типа, заводского номера и даты выпуска.

**В пьезопреобразователях типа РС (П112-2,5)** в зависимости от типа прибора применяются разъемы типа СР50-74, РШ2Н, НР-10, длина кабеля составляет 2 метра. В преобразователях остальных типов устанавливаются разъемы СР50-73 или Лемо.

Датчики РДМК внесены в госреестр средств измерения.

Табл.1

Наименование типа ПЭП	Значение угла ввода и отклонение от номинального, $\alpha^\circ$	Эфф. частота импульса, $f_3$ , МГц	Коэфф-т двойного преобр-ния, $K_{ш}$ , дБ не менее	Уровень шумов $A_{\Delta t}$ , мВ (зона контр. $\Delta t$ , мкс), не более	Ширина диаграммы направленности, $Q$ , град.
П112-2,5-ПС	0	2,5 $\pm$ 0,25	-45...-55	—	—
П111-2,5-ПС					
П121-2,5-ПС	40...65 $\pm$ 2			80 (10-200)	7...10 $\pm$ 3
	70-2		8...11 $\pm$ 3		
П123-2,5-ПС	40/40...58/58 $\pm$ 2		-45...-50	50 (15-200)	7...11 $\pm$ 3
П121-2,5-ПР	40...65 $\pm$ 2		-42...-50	80 (10-200)	7...10 $\pm$ 3
	70-2				
П121-5,0-ПР	50...65 $\pm$ 2	5,0 $\pm$ 0,5	-60...-65		
	70-2				

Табл. 2

СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ ПЭП согласно ГОСТ 26266-90	
X	X X X X X XX XX XX XXX
X	Буква П — условное обозначение типа пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП)
Обозначение типа ПЭП	
X	Цифра: 1 — контактный; 2 — иммерсионный 3 — контактно-иммерсионный 4 — бесконтактный
X	Цифра: 1 — прямой 2 — наклонный 3 — комбинированный
X	Цифра: 1 — совмещенные 2 — раздельносовмещенные 3 — раздельные
X	Буква: Н — неплоский (для плоских ПЭП буква не пишется); Ф — фокусирующий (для нефокусирующих ПЭП буква не пишется).
Дополнительные характеристики ПЭП	
XX	Цифры: номинальная частота.
XX	Цифры: угол ввода для наклонных ПЭП.
XX	Буквы и цифры, указывающие специальную дополнительную характеристику ПЭП. Они не являются обязательными
XXX	Цифры: порядковый номер модели (модификации) ПЭП от 001 до 999.
Пример условного обозначения ПЭП: П121-2,5-45 пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП), контактный, наклонный, совмещенный номинальная частота 2,5 МГц, угол ввода 45°.	
Цвет маркировки ПЭП устанавливается в зависимости от номинальных значений частот $f_{УУ}$ , $f_3$ :	
$f_{УУ}$ ( $f_3$ ) < 0,9 МГц — серый/белый;	
0,9 МГц < $f_{УУ}$ ( $f_3$ ) < 1,25 МГц — красный;	
1,25 МГц < $f_{УУ}$ ( $f_3$ ) < 1,8 МГц — оранжевый;	
1,8 МГц < $f_{УУ}$ ( $f_3$ ) < 3,0 МГц — синий, фиолетовый;	
3,0 МГц < $f_{УУ}$ ( $f_3$ ) < 6,0 МГц — зеленый;	
6,0 МГц < $f_{УУ}$ ( $f_3$ ) < 14,5 МГц — коричневый;	
$f_{УУ}$ ( $f_3$ ) > 14,5 МГц — желтый.	
Для ПЭП с переменной частотой или имеющих несколько номинальных частот цвет маркировки должен соответствовать наибольшей из частот.	

Эти пьезоэлементы разделены акустическим экраном и установлены на отдельных линиях задержки. Благодаря высокой чувствительности раздельно-совмещенные ПЭП широко применяются для обнаружения коррозии или области локального уменьшения толщины на донной поверхности объекта контроля.

По форме рабочей поверхности ПЭП могут быть плоские и неплоские, в зависимости от того, какова поверхность ввода контролируемого объекта. Например, для контроля рельсов применяются датчики с плоской поверхностью, а для контроля осей колесных пар — притертые под радиус оси.

Тип ПЭП определяют сочетанием перечисленных выше признаков. Каждому типу ПЭП соответствует условное обозначение, структура которого приведена в табл. 2.

Все пьезоэлектрические преобразователи маркируются в установленном порядке (ГОСТ 26266-90); кроме того, все ПЭП проходят проверку на соответствие их характеристик установленным нормам (ТУ, РЭ к дефектоскопам). Для универсальных ПЭП измерения выполняются в соответствии с ГОСТом 23702-90 [2]; для специализированных — в соответствии с утвержденными методиками [3].

ПЭП, предназначенные для рельсовой дефектоскопии, калибруются по следующим параметрам — эффектив-

ной рабочей частоте, углу ввода и отклонению угла ввода, импульсному коэффициенту двойного преобразования, ширине диаграммы направленности, уровню шумов в зоне контроля и некоторым другим. В табл. 1 приведены характерные значения перечисленных параметров, полученные опытным путем в ходе эксплуатации и по результатам многолетнего тесного сотрудничества с представителями служб неразрушающего контроля железнодорожной сети.

В настоящий момент ультразвуковая техника, предназначенная для контроля металлоконструкций и сварных соединений, активно развивается. Разрабатываются совершенно новые системы НК, в которых ультразвуковой пучок формируется с помощью принципов фазированной решетки [4]. Эта технология распространена в медицинской диагностике, а теперь начинает успешно внедряться в области промышленного неразрушающего контроля [5,6]. Принципы, на которых основана такая техника, по-

зволяют электронным образом управлять ультразвуковым пучком — фокусировать на разном расстоянии, перемещать его в плоскости сканирования, поворачивать в широком диапазоне углов. Такая аппаратура становится все более востребованной, поскольку обладает рядом преимуществ и открывает широкие перспективы в будущем, такие как автоматизация процесса сканирования, процесса вторичного контроля и сбора информации для автоматической расшифровки результатов контроля; также оказывается возможным применять ПЭП одновременно в нескольких режимах. Очевидно, что применение новой техники, в том числе ПЭП, выполненных в виде фазированной решетки, ставит перед специалистами в области НК много вопросов, а также необходимость разработки совершенно новой метрологической документации. Несмотря на это, уже сейчас разработчики трудятся над тем, чтобы внедрить методы на основе фазированной решетки в практику железнодорожной отрасли. €

#### Использованная литература

- [1]. ГОСТ 23702-90. Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Методы испытаний.
- [2]. ГОСТ 26266-90. Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Общие технические требования.
- [3]. МК 07.56-2006. Преобразователи пьезоэлектрические для ультразвукового контроля объектов железнодорожного транспорта. Методика калибровки.
- [4]. Забродин А. Н., Кашин А. М. Пьезоэлектрическая фазированная решетка — это пьезопреобразователь с расширенными возможностями. Журнал «В мире НК», №2 (32) июнь, 2006, с. 46—49.
- [5]. Пасси Гарри. НК как компонент стратегии минимизации рисков и затрат на эксплуатацию и обслуживание потенциально опасных объектов. Журнал «В мире НК», №3 (37) сентябрь, 2007, с. 4—7.
- [6]. Портнов О. В., Зотов К. В., Прохоренко А. А. Опыт применения дефектоскопа X-32 на фазированной решетке. Журнал «В мире НК», №3 (37) сентябрь, 2007, с. 35—37.



РОССИЯ, 107996, г. Москва  
Орликов пер. 5 оф. 840  
тел/факс +7-495-514-10-95  
ж.д. тел/факс 2-36-61  
www.rdm-kontakt.ru  
e-mail rdm@rdm-kontakt.ru  
rdm-kontakt@other.org.mps



## Высокопроизводительный путевой гайковерт-автомат СДГ-05

Производительность — 600 м/час  
Момент затяжки — 12 ÷ 25 кгс/м  
Момент при отвинчивании — до излома болта  
Режим работы — непрерывный автоматический  
Габаритные размеры — 3650 x 3250 x 2650 мм (ДхШхВ)  
Вес — 10 т  
Разработчик — М. Д. Матвеевко  
Поставщик, изготовитель — ООО «РДМ-контакт»

**СДГ-05** — путевой дизельный гайковерт-автомат с уникальной системой трёхшпиндельных гайковертов предназначен для полного отвинчивания, а также завинчивания с необходимым моментом затяжки гаек клеммных и закладных болтов при замене рельсовых плетей бесстыкового пути со скреплениями типа КБ либо ЖБР в условиях перегона. Устанавливается на типовой четырехосной платформе в металлическом боксе с уравновешенной аппаратурой.