



# Рентгеновский контроль в режиме реального времени

**Сергей КОСЬЯНЕНКО,**  
генеральный директор, к.ф.-м.н.  
**Павел ЦВЕТКОВ,**  
технический директор  
ООО «РаДиаТех»

**В промышленном радиографическом контроле (РК) цифровые технологии стали использоваться сравнительно недавно, однако, несмотря на очевидные преимущества цифровой радиометрии перед пленочной радиографией, на практике отказываться от «пленки» контролирующие организации не торопятся в силу хорошо отработанной методики, устоявшейся законодательной базы и консерватизма. Наряду с этим широкомасштабное внедрение цифрового РК в режиме реального времени актуально и возможно уже сегодня, так как это скачок на новый качественный уровень за счет расширения технических возможностей, увеличения производительности труда и повышения безопасности персонала.**

## Цифровая радиометрия и пленочная радиография

Несоответствующее качество сварных соединений в изделиях и конструкциях вызывает их преждевременный износ и разрушение, вследствие чего своевременный контроль качества сварки особенно важен для соблюдения прочностных и коррозионных характеристик при их эксплуатации.

Среди всех прочих неразрушающих методов контроля наиболее точным, достоверным и универсальным остается радиографический метод. Необходимость транспортирования необработанной пленки после экспозиции в специализированное помещение лаборатории с неактивным безопасным светом для проведения операций по фотохимической обработке – это лишние временные и человеческие затраты, которые можно исключить, не говоря о том, что сама пленка – это одноразовый расходный материал, который также стоит денег и требует хранения в особых условиях. Единственное преимущество пленки перед компьютерной радиографией и цифровой радиометрией заключается в ее более высоком пространственном разрешении. Однако и задачи, при которых требуется высокое пространственное разрешение, – единичные и эксклюзивные.

Раз уж мы затронули тему компьютерной радиографии, использование многократной запоминающей пластины хотя и исключило так называемые «мокрые» процессы фотообработки, одна-

ко не намного облегчило в целом работу на объекте в связи с необходимостью оцифровки пластины после каждой экспозиции. Где же тогда ее неоспоримое преимущество, если цена сканирующего устройства для запоминающей пластины сопоставима со стоимостью цифрового детектора?

Обратимся к истокам: история фотоиндустрии однажды наглядно и убедительно показала, как цифровые фотоаппараты на рынке практически полностью вытеснили пленочные. И, наверное, все помнят революционный фотоаппарат Polaroid, появившийся в начале 90-х годов XX века. Делать и сразу же распечатывать фотографии не мог до этого ни один фотоаппарат, и это казалось чем-то удивительным и невероятным! С приходом цифровых фотоаппаратов в начале 2000-х годов Polaroid не выдержал конкуренции и был полностью снят с производства. Оригинальная технология, сломавшая стереотипы, благами и удобствами которой могли бы пользоваться по сей день, оказалась в конечном итоге не востребована.

И, проводя параллели, вполне ожидаемо, что компьютерная радиография может оказаться лишь ступенью к широкомасштабному переходу на цифровые системы в промышленном рентгеновском контроле.

## Преимущества цифровой радиометрии

С отсутствием необходимости в обработке рентгеновской пленки и сканировании запоминающей пластины использование цифрового детектора существенно сокращает время контроля. Это, безусловно, его главное преимущество, следствием которого является повышение производительности. Кроме того, в случае неправильной экспозиции, например, из-за сбоя работы рентгеновского источника, с помощью цифрового детектора можно проводить повторное просвечивание, не покидая рабочего места, а при получении должного изображения – производить его качественную обработку при помощи встроенных в программное обеспечение функций обработки изображений.

Выявленные дефекты можно также измерять программным образом. Мало того, в сочетании со специальной методикой использование цифрового детектора позволяет производить с высокой точностью измерения высоты и глубины залегания обнаруженного дефекта при позиционировании на заданное расстояние источника ионизирующего излучения прямо на объекте. До этого высоту дефекта определяли по потемнению на радиографическом снимке и в сравнении с эталонами-имитаторами, однако точность таких измерений оставляла желать лучшего.

Высокая чувствительность цифрового детектора к рентгеновскому излучению дает возможность использо-

### Использование цифровой радиометрии позволяет:

- получать результаты контроля в режиме реального времени
- проводить цифровую обработку рентгеновских снимков
- не требуются расходные материалы
- снижается радиационная нагрузка на персонал



вать гораздо меньшие энергии источника для получения изображения того же качества, как и на пленке или пластине. Это в конечном итоге приводит к тому, что на объектах можно применять источники гораздо меньших мощностей, чем требовалось для работы с пленкой. А использование меньших мощностных характеристик источника – это возможность применения более легких и компактных источников, что удобнее при монтаже, особенно в труднопроходимых условиях строительства промысловых и магистральных трубопроводов. Кроме того, радиационную безопасность тоже никто не отменял: в открытых полевых условиях безопасность обеспечивается только удалением от источника на несколько десятков метров, а чем меньше энергия источника, тем короче радиус действия радиационного фона. На примере можно рассмотреть, какие энергии источника требуются для просвечивания стали толщиной 21 мм (табл. 1).

Цифровой детектор энергетически эффективней по отношению к рентгеновскому аппарату более чем в 70 раз, нежели рентгеновская пленка. Однако он не способен обогнуть всю трубу за од-

Таблица 1. Энергии источника, требуемые для просвечивания стали толщиной 21 мм

Вид источника	Напряжение, кВ	Экспозиция, мА•мин.
Пленка AGFA D7	220	3
Цифровой детектор	130	0,07 (на один кадр)

ну экспозицию, следовательно, для того, чтобы получить изображение всего сварного шва, необходимо перемещать детектор и каждый раз в новом положении набирать экспозиции. А по мере повышения диаметра трубы будет расти время контроля за счет увеличения количества кадров, необходимых для охвата всей траектории сварного шва, вследствие чего энергетическое равенство возникнет только на большом диаметре трубы (приблизительный – 1000 мм). Но следует отметить, что использование повышенных анодных напряжений на рентгеновском аппарате приводит к его ускоренному износу, и в этом еще одно преимущество использования цифрового детектора.

Выдержанный зазор между детекторным модулем и сварным швом позволяет проводить контроль нагретого после сварки объекта, в то время как для того, чтобы установить пленку или запомина-

ющую пластину, необходимо дожидаться полного его остывания.

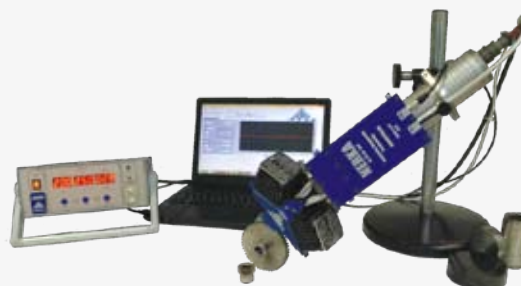
При использовании цифровой системы также можно производить вычитание фоновой засветки в условиях повышенного радиационного фона, например, вблизи активной зоны ядерного реактора.

Что касается возможности использования цифровых детекторов на объекте, то помимо ГОСТа 7512-82 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод», применимого преимущественно к пленочной радиографии, в настоящее время действуют такие нормативные документы, как ГОСТ ISO 17636-2-20 «Рентген и гаммография с цифровыми детекторами», ГОСТ Р ИСО 10893-7-2016 «Цифровой радиографический контроль сварных швов для обнаружения дефектов» для добровольного применения», а также внутренние стандарты организаций, которые позволяют производить работу с цифровыми детекторами. P



**Универсальная беспленочная автоматизированная рентгенометрическая системы «БАРС»** предназначена для проведения автоматизированного радиометрического контроля кольцевых сварных соединений труб диаметром от 150 мм и более фронтальным и панорамным способами с отображением на экране переносного компьютера результатов контроля в режиме реального времени.

- Управление системой с помощью Wi-Fi до 100 м.
- Скорость контроля составляет в среднем 0,6 м/мин. и зависит от экспозиции
- Вес каретки с детекторным модулем составляет 6 кг, а блока питания - 14 кг
- Температурный диапазон работы системы от -40°C до 45°C.
- Автокорректировка движения по траектории сварного шва.
- Возможность качественной обработки изображения и измерение линейных размеров.



**Портативный универсальный кристалл-дифракционный анализатор «НЕРКА»** предназначен для измерений механических напряжений в различных металлах, который фиксирует деформацию кристаллической решетки при растяжении или сжатии исследуемого образца и анализирует данные, полученные на компьютер, в режиме реального времени. По результатам измерений также можно судить об усталостных характеристиках исследуемого материала и прогнозировать его остаточный ресурс.

**Режим аналитического измерения.** Весь процесс измерения и анализа полученной информации занимает от 2 до 5 минут. Точность измерений 2,0 кг/мм<sup>2</sup> (~20 МПа).

**Режим обнаружения опасных зон.** Анализ контролируемой зоны занимает от 30 секунд до 3-х минуты.

Рентгеновское облучение присутствует только в месте контакта головки анализатора с исследуемым образцом.

