

Цифровая радиография, обзор технологий и зарубежных стандартов

К.А. Багаев
(Санкт-Петербург, Россия)
kb@newcom-ndt.ru

к.-ф.-м.н., технический директор, «Ньюком НДТ»

В статье приведён обзор направлений цифровой радиографии. Описаны физические основы каждого из направлений, указаны преимущества и ограничения. Сделан обзор существующих международных, европейских и американских стандартов по цифровой радиографии. Сделаны выводы о применимости данных стандартов в России.

Материалы и методы

в качестве материала исследования были взяты существующие международные и российские стандарты.

Ключевые слова

цифровая радиография, компьютерная радиография, оцифровка рентгеновских плёнок, ГОСТ 7512

Digital radiography, technologies and foreign standards overview

Authors

Kirill A. Bagaev (St. Petersburg, Russia)

phD in Physics and Mathematics, technical director of Newcom-NDT LLC

Abstract

The article provides an overview of trends of digital radiography, describes the physical basis of each of the areas, their advantages and limitations. The existing international, European and U.S. standards for digital radiography were overviewed as well. Article contains conclusions about the applicability of these standards in Russia.

Materials and methods

A set of international, European and U.S. standards were used.

Results

The comprehensive overview of foreign standards and technology of digital radiography was performed.

Conclusions

Based on these studies it can be concluded that the standards for computer and digital radiography can be applied in Russia without any contradiction with the existing State

Введение

Цифровая радиография – это направление неразрушающего контроля, в котором в качестве источника используется ионизирующее излучение, а результатом контроля является изображение в цифровом формате, полученное с помощью различных детекторов, о которых будет сказано далее.

Цифровое изображение – это упорядоченный набор пикселей с определённым значением интенсивности, сохранённый в файле определённого формата. Такое изображение может быть показано на мониторе компьютера, обработано, сохранено в базе данных.

Можно выделить три основных

направления цифровой радиографии:

- Собственно цифровая радиография (ЦР). Зарубежное обозначение DR, что может быть расшифровано как Digital Radiography (цифровая радиография) или Direct Radiography (прямая радиография).
- Компьютерная радиография (КР). Зарубежное обозначение CR – Computed Radiography.
- Оцифровка рентгеновских плёнок.

Цифровая радиография (ЦР)

В ЦР излучение регистрируется плоскопанельным или линейным детектором. Линейные детекторы имеют массив детектирующих элементов, расположенных вдоль одной оси. Плоскопанельные детекторы представляют собой прямоугольную область с набором детектирующих элементов. Их координаты жёстко детерминированы. В зарубежных стандартах используется общее обозначение: DDA – Digital Detector Arrays (линейки цифровых детекторов).

ЦР представлена многообразием технологий и типов детекторов.

Системы ЦР различаются:

- По типу детектирующего слоя. Могут быть использованы полупроводники или сцинтилляторы. В случае полупроводников происходит прямое преобразование ионизирующего излучения в электронно-дырочные пары. В случае сцинтилляторов имеет место промежуточный шаг. Сцинтиллятор под воздействием радиации испускает видимый свет, тот попадает на фотодиод, где возникают электронно-дырочные пары. Полученный заряд собирается электроникой и оцифровывается.
- По типу детектирующей электроники: ПЗС, КМОП, тонкоплёночные транзисторы. Тип электроники влияет на диапазон регистрируемых энергий, радиационную стойкость детекторов, пространственное разрешение.
- По пространственному разрешению – от десятков до сотен мкм.

- По отношению сигнал/шум и по контрастной чувствительности.
- По скорости работы – от одного изображения за несколько минут до сотен изображений (кадров) в секунду.
- По времени послесвечения сцинтиллятора. Данный фактор особенно необходимо учитывать при контроле движущихся образцов (в динамике).
- По диапазону толщин материала, который может быть проконтролирован с качеством не хуже заданного за одну экспозицию, при заданных параметрах излучения. Этот параметр детектора необходимо соотносить с предполагаемой разнотолщинностью контролируемых объектов.
- По форм-фактору и размерам. Различают плоские панели и линейки. Их размеры колеблются от единиц до десятков сантиметров.
- По разрядности оцифровки. Обычно не меньше 12 бит.

Преимуществами данной технологии являются:

- Наивысшее соотношение сигнал/шум, а значит – наивысшая контрастная чувствительность.
 - Высокая скорость контроля, так как зачастую можно исследовать объект в режиме реального времени.
- К ограничениям можно отнести:
- Низкое пространственное разрешение большинства систем. Там, где разрешение высокое, скорость контроля существенно падает и ухудшается контрастная чувствительность.
 - Сложность использования в полевых условиях – высокая требовательность к условиям эксплуатации.
 - Невозможность установки в труднодоступных, узких местах.
 - Высокую стоимость.

Компьютерная радиография (КР)

Компьютерная радиография – это технология, в которой рентгеновская плёнка заменяется многократной «фосфорной» пластиной, проявочная машина и химикаты – сканером, негатоскопом – компьютером [1].

Система компьютерной радиографии – это совокупность запоминающей пластины, сканера и программного обеспечения. Системы различаются по следующим параметрам:

- Соотношению сигнал/шум.
- Пространственному разрешению.
- Разрядности оцифровки.
- Типу применяемой пластины – жёсткая в кассете или гибкая, без защитной кассеты.
- Весу и габаритам.

Преимуществами систем КР перед плёночной технологией являются:

- Возможность применения в полевых условиях.
- Отсутствие процедуры проявки и закрепления, то есть химической обработки.
- Возможность многократного использования пластины. Существуют системы, где пластину можно гарантированно использовать до 25 000 раз.
- Высокая чувствительность.
- Высокое пространственное разрешение.
- Широкий диапазон возможных экспозиций объекта контроля.

К ограничениям данной технологии можно отнести:

- Падение чувствительности контроля с ростом энергии рентгеновского излучения. Оптимальным диапазоном являются энергии до 300 кЭВ

Оцифровка рентгеновских плёнок

Здесь в качестве детектора выступает рентгеновская плёнка. В дальнейшем проявленная плёнка сканируется специальным сканером-оцифровщиком и таким образом информация с пленки переводится из аналогового в цифровой формат.

Оцифровщики различаются по следующим параметрам:

- Типу источника света. Это либо лазер специально подобранного спектрального диапазона, либо светодиодная или ксеноновая лампа.
- Детектирующей электронике: ПЗС матрица или ФЭУ.
- Типу усилителя: линейный или логарифмический.

Достоинством данной технологии является то, что она позволяет перевести аналоговый сигнал в цифровой формат, что открывает возможности просмотра изображений на компьютере, обработки и хранения.

К ограничениям можно отнести:

- Система при оцифровке вносит дополнительную погрешность, к уже имеющейся на проявленной плёнке.
- На рынке представлено весьма небольшое число качественных оцифровщиков. Это приводит к росту цен на данную продукцию.

Стандарты для цифровой радиографии

К сожалению, в данный момент в России не существует стандартов, регламентирующих применение цифровых радиографических систем. Это создаёт существенную проблему, так как системы ЦР находят у нас всё более широкое применение.

В связи с этим на данный момент единственно правильным решением видится базовое использование международного опыта и соответствующих зарубежных стандартов.

Можно выделить три группы наиболее авторитетных международных стандартов:

- ISO – международные
- ASTM – американские
- EN – европейские

Ниже представлена сводная таблица зарубежных стандартов по цифровой радиографии.

Стандарты по Компьютерной радиографии

Основным международным стандартом по компьютерной радиографии в данный момент является ISO 16371. Ему соответствует аналогичный европейский стандарт EN 14784.

Эти стандарты включают в себя:

- Термины и определения.
- Набор шаблонов для оценки качества систем.
- Определение классов КР и методику оценки систем КР на соответствие тому или иному классу.
- Практическое руководство для классификации систем КР для производителей и конечных пользователей. Руководство для периодической оценки качества систем в процессе эксплуатации.

Отметим, что стандарт вводит шесть классов систем КР, как и в аналогичных стандартах ISO для плёнки. Имеет место соответствие классов плёнки и систем КР по качеству изображений. Это позволяет конечным пользователям легко ориентироваться при переходе с плёночной технологии на КР.

Класс системы	Минимальное нормированное отношение сигнал/шум
1	130
2	117
3	78
4	65
5	52
6	43

Таб. 2 – Классы систем КР

Критерием принадлежности к тому или иному классу систем КР является нормированное отношение сигнал/шум.

standards. As for the standard for films digitization, it may be contrary to the direct transfer of Russian Standard num. 7512.

Keywords

Computed radiography, digital radiography, X-Ray film digitization, direct radiography

References

1. Bagaev K.A., Varlamov A.N. *Primenenie komp'yuternoy radiografii na osnove zapominayushchikh plastin dlya kontrolya svarnykh soedineniy nefte- i gazoprovodov [Using computed radiography based storage plates for testing of welded joints of oil and gas pipelines]. Exposition Oil. Gas, 2012, issue 2, pp. 69-73*
2. Standard 7512. *Non-destructive testing, welded connections, radiographic method.*

	CR	DR	Оцифровка
ISO	16371-1,-2 17636-2	17636-2 10893-7	14096
ASTM	E 2446-05 E2445-05 E 2007-10 E 2033-06	E 2597-07 E 2736-10 E 2698-10 E 2737-10	-
EN	14784-1,-2 1435	1435	14096

Таб. 1 – Международные стандарты по цифровой радиографии

При записи класса применяют следующую нотацию «IP X/Y». Здесь под буквой 'X' понимается номер класса от 1 до 6, под буквой 'Y' базовое пространственное разрешение в мкм. При записи класса системы также указывают, какую поглощённую дозу необходимо набрать для достижения требуемого соотношения сигнал/шум и пространственного разрешения (скорость работы системы).

Американская система стандартов практически ничем не отличается от международной. Там используется та же самая система классификации, система шаблонов, процедуры оценки. Однако эта информация записана не в одном документе, а в четырёх, см. таблицу 1.

Также стоит отметить новый международный стандарт ISO 17636. Недавно вышла его последняя предварительная редакция. В конце этого года или начале следующего выйдет окончательный вариант. В этом стандарте описаны принципы проведения радиографического контроля (РК) сварных соединений с помощью техники КР и ЦР.

Стандарт EN 1435 устарел и будет заменён на ISO 17636.

Стандарты Цифровой радиографии

Как уже было написано выше, стандарт ISO 17636 определяет принципы РК

для систем КР и ЦР. Вторым международным стандартом в области ЦР является ISO 10893-7. Этот стандарт посвящён РК сварных швов стальных труб. В стандарте вводятся термины и определения, требования к оборудованию, методика тестирования, методика определения качества снимков и их обработки. Также стандарт задаёт критерии отбраковки образцов по различным типам дефектов.

В американских стандартах приводится подробное практическое руководство по системам ЦР. В них описаны технические аспекты производства систем ЦР, вводятся критерии для оценки качества систем, предлагается руководство по выбору детектора конечным пользователям, приведены рекомендации по улучшению качества снимков, вводятся понятия «плохих пикселей» и методик для устранения их влияния. Также в стандартах описаны шаблоны для определения качества систем при производстве и эксплуатации.

Данная система стандартов без видимых препятствий может быть использована в России.

Стандарты по оцифровке плёнок

В американской системе стандартов подобные документы отсутствуют. Существует единственный совместный европейский

и международный стандарт ISO 14096. Этот стандарт вводит терминологию, эталон проверки качества оцифровщика, задаёт три класса оцифровщиков, определяет методики тестирования оцифровщиков на принадлежность к тому или иному классу.

Данный документ вводит весьма жёсткие требования к диапазону оптических плотностей (от 0,5 до 4,5 е.о.п) и пространственному разрешению оцифровщиков.

По ряду параметров ISO 14096 может войти в противоречие с принятым в России стандартом 7512-82 [2]. В частности, в ГОСТ 7512 записано: «6.1 ...Следует использовать негатоскопы с регулируемой яркостью и размерами освещённого поля. Максимальная яркость освещённого поля должна составлять не менее $10^{(D+2)}$ кд/м², где D – оптическая плотность снимка...».

Получается, что верхнюю границу оптических плотностей плёнок задают возможности негатоскопов, доступных на рынке. Исследования показали, что ни один из предлагаемых негатоскопов не может быть использован для просвечивания пленки с плотностью 3,7 и выше, так как максимальная яркость наиболее мощного негатоскопа (Wilnosol HI "Super") равна $4,7 \cdot 10^5$ кд/м².

В связи с этим дословный перенос требований данного стандарта в России вряд ли в данный момент является возможным.

Список использованной литературы

1. Багаев К.А., Варламов А.Н. Применение компьютерной радиографии на основе

запоминающих пластин для контроля сварных соединений нефте- и газопроводов // Экспозиция. Нефть. Газ. 2012. №2. С. 69-73

2. ГОСТ 7512. Контроль неразрушающий, соединения сварные, радиографический метод.

X СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ • ВЫСТАВКА •

«НЕФТЬ. ГАЗ. ЭНЕРГО.» 2013



**13 - 15
ФЕВРАЛЯ**

**ОРЕНБУРГ
С-КК «ОРЕНБУРЖЬЕ»
пр-т ГАГАРИНА 21/1**

- Переработка, транспортировка и хранение нефти, нефтепродуктов и газа
- Строительство объектов нефтяной и газовой промышленности
- Техника безопасности и противопожарная защита
- Охрана окружающей среды

ОАО «УралЭкспо»

г.Оренбург, тел./факс: (3532)67-11-01, 67-11-05, 560-560

e-mail: uralexpo@yandex.ru, www.URALEXPO.ru

