

Мобильный комплекс для контроля сварных соединений труб малого диаметра методом цифровой радиографии

В.И. Капустин¹
Т.М. Гурьева²
С.Б. Красильников³
И.В. Соколов²
А.В. Шмелев¹

¹ООО «АВКОНТ», Москва, Россия

²ОАО «НИИЭФА им. Д.А. Ефремова», Санкт-Петербург, Россия

³ООО «Синтез НПФ», Санкт-Петербург, Россия

Радиационный контроль сварных соединений труб малого диаметра (от 20 до 40 мм и толщиной стенки 1,5–3,0 мм) в условиях ограниченного пространства является трудоемким процессом. Традиционно в качестве излучения применяются радионуклидные источники Селен-75 и Иридий-192 с размером фокусного пятна 1,0–2,0 мм. Экспериментальные исследования и теоретическая оценка чувствительности контроля трубок малого диаметра с применением радионуклидных источников Селен-75 и Иридий-192 показали, что получить чувствительность согласно ГОСТ 7512-82 по 1 классу с применением проволочных эталонов чувствительности удается с большим трудом из-за низкого контраста изображений [1, 2].

Ситуация усугубляется тем, что для обеспечения такой чувствительности необходимо использовать высококонтрастную мелкозернистую радиографическую пленку типа «Структурикс» Д-2 [2] и рентгеновские аппараты с выносным анодом. В этом случае время контроля на один снимок составит порядка 20–30 мин, включая время на подготовку операции. Следует отметить, что в настоящее время также отсутствуют устройства для крепления рентгеновского аппарата и приемника в процессе позиционирования. Указанные факторы свидетельствуют о низкой производительности и большой трудоемкости контроля трубок малого диаметра.

Для решения этой актуальной задачи компанией ООО «АВКОНТ», совместно с ООО «Синтез НПФ» в интересах ОАО «НИИЭФА им. Д.А. Ефремова» разработан мобильный цифровой рентгеновский комплекс «Шелест-Д», предназначенный для рентгеновского контроля (далее по тексту цифровая радиография) сварных соединений труб малого диаметра в условиях ограниченного пространства.

Составные части комплекса: переносной пульт управления, перемещаемые защитные экраны для безопасности персонала от ионизирующего излучения, два штативных устройства для крепления преобразователя и рентгеновского аппарата, при этом каждый штатив позволяет перемещаться комплексу по семи осям в процессе контроля. Кабель длиной до 90 м.

В комплексе «Шелест-Д» в качестве детектора используются плоскочувствительные CMOS матрицы двух размеров — 100x50 мм и 50x25 мм.

В качестве излучателя впервые

разработан мобильный цифровой рентгеновский комплекс для контроля сварных соединений труб малого диаметра в условиях ограниченного пространства методом цифровой радиографии. Испытаны и подтверждены основные технические, эксплуатационные характеристики и функциональные параметры мобильного цифрового рентгеновского комплекса «Шелест-Д» требованиям, основным положениям стандартов: EN 13068-1:2000; EN 13068-2:2000; EN 13068-3:2002 [1–3].

использовался специально разработанный рентгеновский аппарат с выносным анодом со встроенной системой электромагнитного фокусирования и охлаждения, способный обеспечить размер фокусного пятна порядка 0,05±0,5 мм, а оригинальная система охлаждения — возможность длительной работы при анодной мощности до 120 Вт.

Технические характеристики комплекса «Шелест-Д» приведены в таб. 1.

Принцип работы комплекса «Шелест-Д» основан на получении информации об объекте путем преобразования энергии рентгеновского излучения при прохождении через объект и регистрацией фотонов КМОП матрицей. Информация от КМОП матрицы поступает в блок управления и обработки изображения (далее по тексту — блок управления), отображается на экране монитора и может быть сохранена в памяти компьютера.

Наименование	Величина
Толщина просвечиваемых материалов: - по стали до, мм - по алюминию до, мм	10,00 100
Рабочее поле контроля: - для плоскочувствительного детектора №1, мм - для плоскочувствительного детектора №2, мм	100x50 50x25
Размеры блока управления не более, мм	570x320x120
Качество отображения	FullHD
Вес блока управления не более, кг	7.5
Вес блока рентгеновского излучателя не более, кг	4.0
Размеры блока рентгеновского излучателя не более, мм	∅
Мощность дозы излучения при максимуме, кВ / мА:	не менее 10 мР / мин при 100 кВ и 1мА через 6 мм стали на 1000 мм от фокусного пятна
Диапазон плавного регулирования напряжения на трубке излучателя, кВ	от 50 до 120
Диапазон плавного регулирования тока на трубке излучателя, мА	от 0,1 до 1.2
Максимальная мощность излучателя на аноде, Вт	140
Длина излучателя анода до фланца трубки не менее, мм	100
Размер фокусного пятна по EN 12543, мм	0,1–1,0
Размер фокусного пятна с магнитной фокусировкой, мм	0,05 ÷ 0,5
Угол выхода излучения без коллиматора, град	360
Угол выхода излучения наклона плоскости диаграммы, град	20°от плоскости, перпендикулярной оси трубки
Температура отключения излучателя, °С	+70
Рабочий цикл: излучателя, %	100 при 20°С
Перемещаемая биологическая защита, обеспечивающая условия безопасной работы для персонала группы А	
Поле контроля при использовании плоскочувствительного детектора №1, мм	100x50
Поле контроля при использовании плоскочувствительного детектора №2, мм	50x25
Полный средний срок службы не менее, лет	7,0

Таб. 1 — Технические характеристики комплекса «Шелест-Д»

В процессе испытаний комплекса по методике Р Газпром 2-2.4-866-2014 [3] установлено следующее:

- внутренняя нерезкость детектора U_i составляла не более 0,4 мм;
- дифференциальное и интегральное искажение V_d, V_i составляли, не более 5%.
- дифференциальная и интегральная однородность H_d составляли не более 10%;
- выявляемость дефектов соответствовала классу В стандарту EN ISO 5817-1:2014 и классу 1 по ГОСТ 7512-82 [1];
- чувствительность контроля оценивалась по анализу образца по схеме через две стенки по двойной номинальной толщине стенки 1,65 мм и составляла по проволочному элементу эталона (IQI) 0,080 мм (W17) дуплекса № D12.

Согласно [4], параметры классификации комплекса МЦРК при испытаниях для классов SC-1, SC-2, SC-3 должны соответствовать [5], что соответствует полученным в процессе испытаний параметрам.

Таким образом, экспериментально подтвердили технические параметры мобильного цифрового рентгеновского комплекса в условиях ограниченного пространства «Шелест-Д» требованиям, основным стандартам: EN 13068-1:2000; EN 13068-2:2000; EN 13068-3:2002 [4, 6, 7], а также классу изображения SB, а по оценке качества контроля детекторов относится к классу системы детекторов SC1.

В качестве иллюстрации технического решения на рис. 1 представлено штативное устройство с установленным рентгеновским излучателем и преобразователем для контроля трубок малого диаметра в стесненных условиях.

Управление режимами «Шелест-Д» осуществляется посредством программы IpMatrix с блока управления. Внешний вид блока управления показан на рис. 2.

Собственно цифровой преобразователь с вынесенным чувствительным элементом показан на рис. 3.

Выводы

1. Экспериментально установлено, что радиографическая чувствительность комплекса «Шелест-Д» составляла по проволочному эталону (IQI) 0,080 мм (W17) дуплекса № D12 при контроле по схеме через две стенки.
2. Комплекс «Шелест-Д» обеспечивает класс изображения SB согласно требованиям стандарта EN 13068-3:2002. [3], а по оценке качества контроля детекторов

соответствует классу системы детекторов SC1.

3. Разработанный комплекс «Шелест-Д» может быть применен для контроля:
 - сварных соединений труб малого диаметра в условиях ограниченного пространства в труднодоступных местах при эксплуатации и монтаже оборудования химического и нефтяного машиностроения;
 - досок парогенераторов и оборудования АЭС;
 - сварных соединений трубок малого диаметра в условиях радиационного фона АЭС;
 - контроль изделий электроники, композиционных материалов при лабораторных исследованиях.
 4. Преимущества мобильного комплекса «Шелест-Д»:
 - цифровое изображение, полученное с применением плоскопанельного детектора, высокое разрешение, размер пикселя 96 и 48 мкм.
 - оригинальное программное обеспечение для получения и компьютерной обработки цифровых изображений;
 - специальная конструкция крепления излучателя и преобразователя позволяет их позиционировать в условиях пространственных ограничений при контроле труб малого диаметра, сборок и др.;
 - имеется сертификат соответствия РОСС RU. МЛ06. В00170 требованиям безопасности. Срок действия с 03.08.2016 по 02.08.2019.
- Разработка комплекса выполнена ООО «АВКОНТ», являющимся самостоятельным предприятием по разработке приборов, оборудования, оснастки, программного обеспечения для систем автоматизации радиационных цифровых методов контроля сварных соединений газопроводов, нефтепроводов, оборудования и трубопроводов АЭС. Предприятие осуществляет комплексную поставку цифровых радиационных систем, включая, методические документы, учитывающие специфику контроля Заказчика. «АВКОНТ» обеспечивает техническую поддержку и обслуживание поставленного оборудования в

течение всего времени его эксплуатации.

Список литературы

1. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Сварные соединения. Радиографический метод.
2. Капустин В.И., Рябов А.Н., Козин Ю.Н., Шведов Л.И., Максимова Т.Н. Оценка возможности применения гамма-дефектоскопов с источником излучения Селен-75 для контроля сварных соединений оборудования и трубопроводов АЭС до 40 мм по стали // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008 №4. С. 58–63.
3. Р Газпром 2-2.4-866-2014 Материалы, приборы, оборудование радиографического неразрушающего контроля качества сварных соединений газопроводов.
4. EN 13068-3, Неразрушающий контроль – Радиоскопический контроль – Часть 3: Общие принципы радиоскопического контроля металлических материалов посредством рентгеновского и гамма-излучения.
5. Р Газпром 2-2.4-865-2014 Радиографический контроль качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных магистральных газопроводов.
6. EN 13068-1, Неразрушающий контроль – Радиоскопический контроль – Часть 1: Количественные измерения характеристик изображения.
7. EN 13068-2, Неразрушающий контроль – Радиоскопический контроль – Часть 2: Проверка долговременной стабильности устройств формирования изображения.



ООО «АВКОНТ»
+7 (495) 971-68-84
avcont@avcont.ru
www.avcont.ru



Рис. 1 — Штативное устройство с установленными преобразователем и излучателем



Рис. 2 — Внешний вид блока управления



Рис. 3 — Цифровой рентгеновский преобразователь