

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МЕХАНИЗИРОВАННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ МЕТОДАМИ ФАР И ДВМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕФЕКТОСКОПА УСД-60ФР-16/128

© 2023 г. Д.А. Аджибай^{1,2,*}, М.П. Савичев^{1,2,**}, В.В. Атрощенко^{1,2,***}

¹Уфимский университет науки и технологий, Россия 450076 Уфа, ул. Заки Валиди, 32

²Головной аттестационно-сертификационный центр Республики Башкортостан, Россия 450001 Уфа, ул. Пархоменко, 155/1

E-mail: *danno23@mail.ru; **savichevmax@mail.ru; ***91250@mail.ru

Поступила в редакцию 29.05.2023; после доработки 21.06.2023

Принята к публикации 27.06.2023

Разработана и апробирована методика выбора схемы сканирования и способа фокусировки при проведении механизированного ультразвукового контроля кольцевых сварных швов трубопроводов толщиной до 16 мм методом фазированных антенных решеток. Разработаны критерии идентификации и интерпретации дефектов на сканах дифракционно-временного метода в виде атласа дефектов. Исследование выполнено с применением нового отечественного дефектоскопа УСД-60ФР-16/128.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, магистральные трубопроводы, сварные соединения, дефекты, фазированная антенная решетка (ФАР), дифракционно-временной метод, TOFD.

DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR APPLYING PA AND TOFD METHODS FOR MECHANIZED ULTRASONIC TESTING OF WELDED JOINTS OF MAIN PIPELINES USING THE USD-60FR-16/128 FLAW DETECTOR

D.A. Ajibay^{1,2,*}, M.P. Savichev^{1,2,**}, V.V. Atroshenko^{1,2,***}

¹Ufa university of science and technology, Zaki Validi street, 32, Ufa, 450076, Russia

²The Main attestation and certification centre of the Republic of Bashkortostan, Parkhomenko street, 155/1, Ufa 450001, Russia

E-mail: *danno23@mail.ru; **savichevmax@mail.ru; ***91250@mail.ru

Abstract: a technique was developed and tested for selecting beam steering and focusing methods for mechanized ultrasonic testing of circumferential welds of pipelines up to 16 mm thick using phased antenna arrays. Criteria for the identification and interpretation of defects on the time-of-flight diffraction scans in the form of an atlas of defects were developed. The study was carried out using a new domestic flaw detector USD-60FR-16/128.

Keywords: ultrasonic testing, main pipelines, welded joints, defects, phased array antenna (PA), time-of-flight diffraction method, TOFD.

DOI: 10.31857/S0130308223100068, **EDN:** ХАААСР

В нефтегазовой отрасли РФ для контроля магистральных трубопроводов активно внедряются методы ультразвукового контроля, основанные на применении цифровых средств: контроль фазированными антенными решетками (ФАР) и дифракционно-временной метод (ДВМ) [1]. Метод ДВМ также имеет зарубежную аббревиатуру «TOFD». Но с практической реализацией этих методов возникают сложности, связанные с отсутствием методик их применения. В настоящее время в действующих нормативных документах [2—5] представлено пять различных схем настройки фазированной решетки, однако нет достаточных сведений об эффективности выявления сварочных дефектов разного типа каждой из настроек.

Целью работы является разработка методических рекомендации по выбору схемы сканирования и способа фокусировки антенной решетки при проведении механизированного ультразвукового контроля кольцевых сварных швов магистральных трубопроводов толщиной до 16 мм методами ФАР, а также разработка критериев идентификации и интерпретации дефектов на сканах ДВМ.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**:

1. Изготовлены контрольные сварные соединения (КСС) со всеми типами характерных дефектов сварных швов магистральных трубопроводов (рис. 1).

2. По результатам цифровой радиографии и ручного ультразвукового контроля составлены дефектограммы на каждый КСС и приняты в качестве эталонных при дальнейшем сопоставлении результатов контроля.

3. Произведена настройка всеми способами сканирования и фокусировки, предусмотренными нормативной документацией для ФАР (12 настроек, рис. 8) а также настройка по методу ДВМ. Описан алгоритм настройки и необходимые стандартные и настроечные образцы. Проведен контроль КСС методами ФАР и ДВМ на каждой из настроек. При этом выполнялось по 5 повторных экспериментов. Допустимая разница в амплитудах от одних и тех же дефектов не должна была превышать 2 дБ.

Эксперименты проводились на **оборудовании** УСД-60ФР-16/128 с 32-элементной ФАР, преобразователями ДВМ частотой 10 МГц и углом 60 град и ручным универсальным сканером. Также применялся ультразвуковой дефектоскоп А1212 «MASTER» и комплекс цифровой радиографии «Цифракон». В качестве исследуемых КСС применялись трубы марки К56 диаметром 426 мм и толщиной 16 мм, сваренные встык ручной дуговой сваркой плавящимся электродом.



Рис. 1. Изготовление КСС с характерными дефектами: 1 — непровар в корне; 2 — несплавление по разделке; 3 — цепочка внутренних пор.

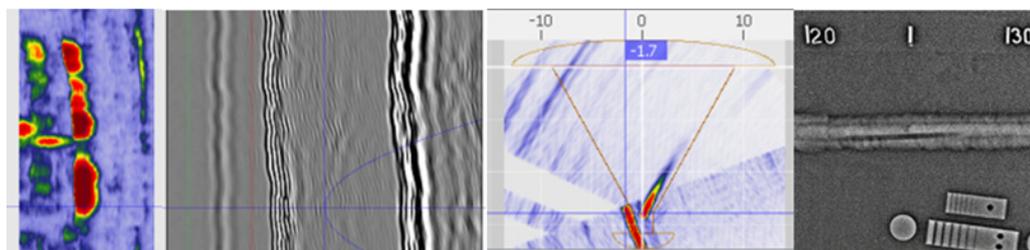


Рис. 2. Акустическое изображение несплавления по разделке кромок длиной 65 мм (полученное при секторном сканировании с фокусировкой по расстоянию) и его радиографический снимок.

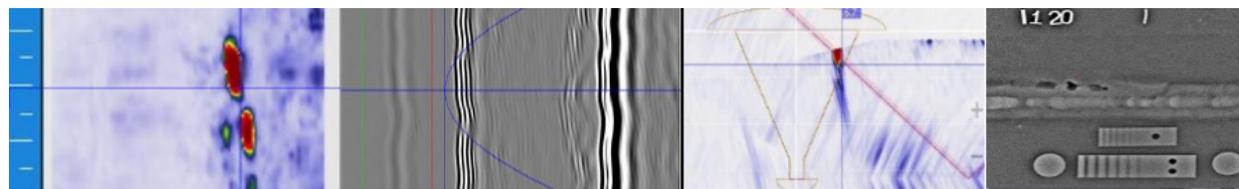


Рис. 3. Акустическое изображение цепочки пор длиной 25 мм (полученное при линейно-секторном сканировании с фокусировкой по расстоянию) и его радиографический снимок.

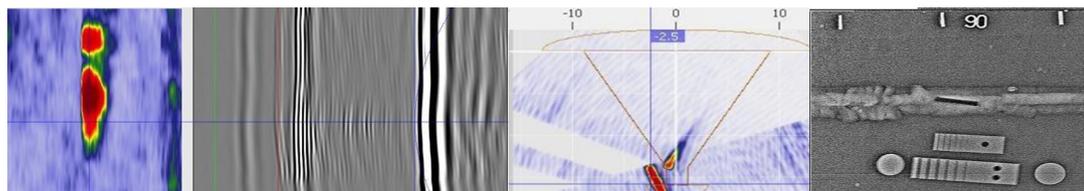


Рис. 4. Акустическое изображение непровара в корне длиной 26 мм (полученное при секторном сканировании с фокусировкой по расстоянию) и его радиографический снимок.

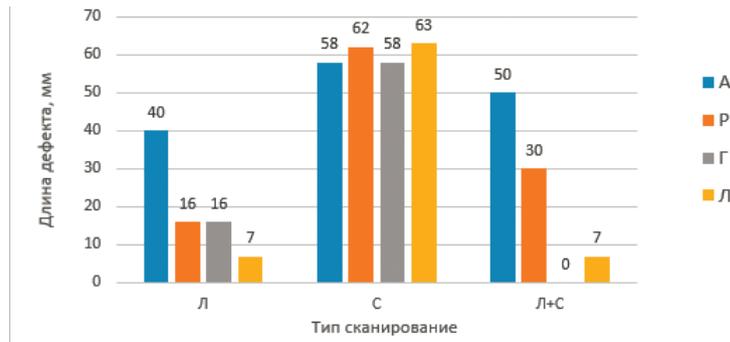


Рис. 5. Сравнение протяженности акустического изображения несплавления по разделке кромок длиной 65 мм, полученного на разных типах фокусировки (А — автоматическая; Р — по расстоянию; Г — по глубине; Л — по лучу) и разных схемах сканирования (Л — линейное; С — секторное; Л+С — линейно-секторное).

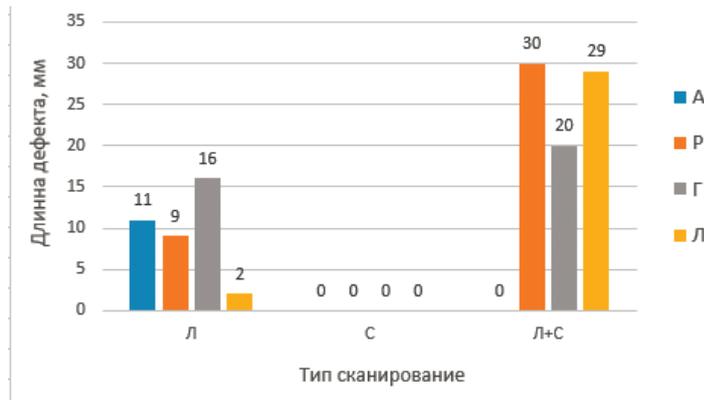


Рис. 6. Сравнение протяженности акустического изображения цепочки пор длиной 25 мм, полученного на разных типах фокусировки (А — автоматическая; Р — по расстоянию; Г — по глубине; Л — по лучу) и разных схемах сканирования (Л — линейное; С — секторное; Л+С — линейно-секторное).

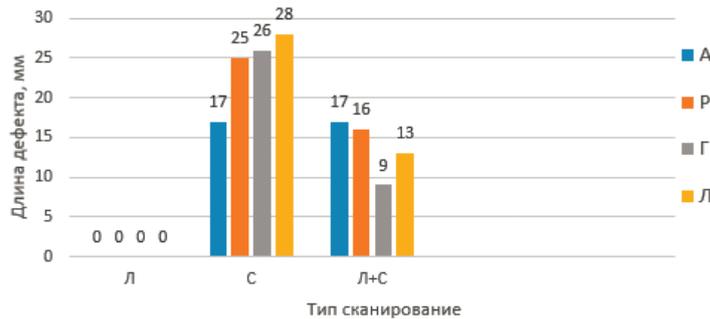


Рис. 7. Сравнение протяженности акустического изображения непровара длиной 26 мм, полученного на разных типах фокусировки (А — автоматическая; Р — по расстоянию; Г — по глубине; Л — по лучу) и разных схемах сканирования (Л — линейное; С — секторное; Л+С — линейно-секторное).

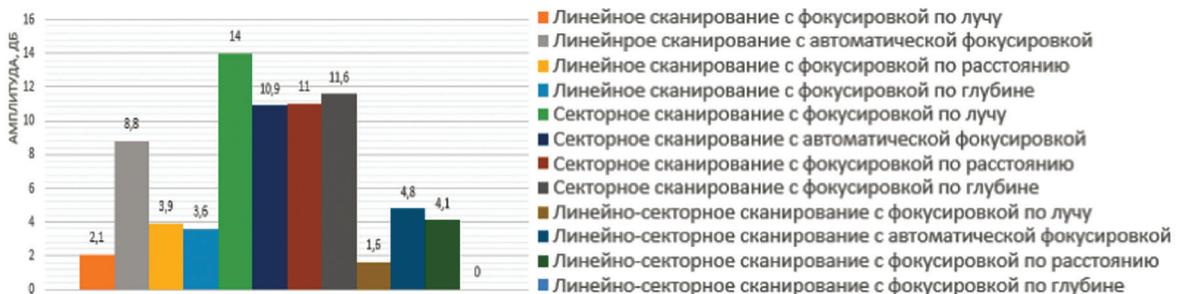


Рис. 8. Сравнение амплитуд эхосигналов от непровара при работе с ФАР на разных типах фокусировки и сканирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные методами ФАР и ДВМ акустические изображения дефектов и их размеры (рис. 2—4) сопоставлялись с эталонными дефектограммами и реальными размерами дефектов (рис. 5—7). По результатам анализа были разработаны рекомендации по выбору способа сканирования и фокусировки и их эффективности при обнаружении характерных дефектов сварки магистральных трубопроводов. Также сформулированы критерии идентификации и интерпретации дефектов на сканах ДВМ в виде атласа характерных дефектов сварных швов магистральных трубопроводов [6].

ВЫВОДЫ

1. При секторном сканировании эффективно выявляются плоскостные дефекты (см. рис. 5, 7). Их условная протяженность при фокусировке по расстоянию и по лучу соответствует реальной протяженности. Однако ввиду пропуска некоторых объемных дефектов (см. рис. 6) секторное сканирование допускается только с совместным использованием метода ДВМ. При этом (для исключения ложных дефектов от обратного валика шва) определение условных размеров и допустимость по амплитуде при секторном сканировании должны проводиться в режиме одного угла.

2. При линейном сканировании возможно пропускание вертикально ориентированных плоскостных дефектов (см. рис. 7). Поэтому вместо линейной схемы сканирования рекомендуется применять линейно-секторное сканирование с фокусировкой по расстоянию и по лучу. Это также обеспечит более точное определение условной протяженности дефектов (близкое к их реальной протяженности).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мендес-Монтеро Ф., Кантемиров И.Ф., Вальес-Лосано Дж. Перспективы и развитие нормативной документации по применению технологии фазированных решеток в РФ // Наука, техника и образование. 2020. № 5 (69). С. 16—19.
2. ГОСТ ISO 13588—20. Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой метод. Автоматизированная технология с применением фазированной решетки.
3. ГОСТ Р 50.05.13—2019. Система оценки соответствия в области использования атомной энергии ультразвуковой контроль сварных соединений с применением технологии фазированных решеток. Порядок проведения.
4. РД-25.160.10-КТН-016-15. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов.
5. ГОСТ ISO 10863:2022. Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль. Применение дифракционно-временного метода (TOFD).
6. Атрощенко В.В., Аджибае Д.А., Савичев М.П. Разработка методики механизированного ультразвукового контроля равнотолщинных стыковых сварных соединений дифракционно-временным методом / В сборнике: Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов. Сборник статей 8-й Международной научно-технической конференции. Могилев, 2022. С. 16—20.