

**УДК 620.179.16**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СТЫКОВЫМ СВАРНЫМ СОЕДИНЕНИЯМ БАСЕЙНА ВЫДЕРЖКИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Анна Сергеевна Евдокимова

*Студент 6 курса*

*кафедра «Технологии сварки и диагностики»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Н.А. Щипаков,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

Вопрос хранения отработанного ядерного топлива (ОЯТ) является одним из приоритетных направления атомной энергетики. Для обеспечения первого этапа хранения и последующей утилизации тепловыделяющих сборок (ТВС) в реакторах типа ВВЭР используют бассейн выдержки (БВ). Последние представляют собой железобетонную конструкцию, в которой облицовка выполнена из листов стали аустенитного класса 12Х18Н10Т толщиной 4 мм. Нарушение целостности такой облицовки и разгерметизация БВ может привести к утечке радиоактивной борной воды, обнажению ТВС и радиационному загрязнению окружающей среды.

Как было показано в [4], одним из способов оценки технического состояния БВ является ультразвуковой контроль (УЗК) сварных соединений БВ. Однако, как показано в [7], применение УЗК ограничено такими параметрами объекта контроля (ОК), как: толщина, средний размер зерна металла и др., а также связанными с этим ограничениями в выборе параметров УЗК: чувствительностью, частотой и номинальным углом ввода пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП), вопрос выбора которых в [4] не рассматривался.

Выполненный анализ требований НТД показал, что в [1] параметры контроля для ОК толщиной стенки 4,0 мм не указаны, при этом минимальный порог отсутствуют, в то время как они регламентированы для объектов с толщиной стенки более 4,5 мм. В то же время в [6] параметры контроля для ОК с указанной толщиной присутствуют, однако они распространяются для объектов, выполненных из перлитной стали и вопрос их применения для аустенитных материалов ранее не рассматривался.

В связи с этим целью настоящей работы стало исследование и подбор параметров УЗК ОК толщиной 4 мм применительно к сварным соединениям облицовки бассейна выдержки (БВ) на атомных электростанциях (АЭС).

При проведении исследований, в качестве исходных параметров контроля, учитывая результат [4], была использована комбинация параметров по [1] и [6], а именно величина угла ввода в диапазоне от 70° до 75° и частота в диапазоне от 4,0 до 6,0 МГц. Параметры используемых ПЭП приведены в таблице 1.

В начале, исследования проводились на образцах СО-2 из перлитной и аустенитной стали по [3]. На них экспериментально было установлено действительное значение номинального угла ввода луча. Было получено на НО-СО-2Ау (из аустенитной стали) происходит смещение в среднем на 5°. Вероятно, что такой эффект обусловлен структурной неоднородностью исследованного образца НО-СО-2Ау и различием коэффициента преломления «призма ПЭП – ОК», связанного с различием скоростей акустических волн.

Таблица №1 – Характеристики используемых преобразователей. Преобразователи №1 и 6 был использованы в качестве дополнительных для расширения исследуемого диапазона.

№	№ ПЭП	Угол ввода, °	Частота, МГц
1	П121-5-65°	65	5
2	П121-5-70°	70	5
3	П121-5-73°	73	5
4	П121-5-75°	75	5
5	П121-4-70°	70	4
6	П121-10-75°	75	10

Обнаруженное смещение на  $5^\circ$  может привести к тому, что значение коэффициента рассеяния углового отражателя, монотонно возрастающее к 1 [5] в промежутке от  $70$  до  $75^\circ$  сместится в область минимума на диапазоне от  $60$  до  $65$  градусов и соответствующему уменьшению амплитуды регистрируемого эхо-сигнала. Поэтому на искусственных отражателях в образце толщиной  $4$  мм была экспериментально получена соответствующая корректировка чувствительности.

Далее, исходя из выбранных параметров, была вычислена погрешность оценки условной протяженности несплошностей. Измерения выполнялись на экспериментальном образце, в котором были выполнены  $3$  искусственные протяженные несплошности плоскостного типа. Результаты измерений методом УЗК были сопоставлены с полученным изображением на радиографическом снимке.

Исходя из проведенных исследований, были сделаны следующие предварительные выводы:

1. Выбор параметров контроля допускается осуществлять в рамках регламентированного [1] и [6] диапазоне.

2. Из-за наличия смещения на  $-5^\circ$  на исследованном НО-СО-2Ау при контроле в заявленном по [1] и [6] диапазоне параметров контроля необходимо выполнять соответствующую корректировку чувствительности при использовании углового отражателя в качестве настроечного. При этом требуется учитывать различие скоростей в ОК, связанное со степенью анизотропии материала и соответствующего изменения скорости

3. Возможное изменение величины угла ввода от номинального может быть учтено при конструировании и изготовлении ПЭП.

## Литература

1. ГОСТ Р 50.05.04-2018 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Ультразвуковой контроль сварных соединений из сталей аустенитного класса. М.: Издательство Стандартиформ, 2018.
2. ПНАЭ Г 10-032-92 Правила контроля сварных соединений элементов локализирующих систем безопасности атомных станций. М.: Издательство Стандартиформ. 2000.
3. ГОСТ Р 55724-2013 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. М.: Издательство Стандартов, 2013
4. Дегтярев М.Н. Исследование особенностей ультразвукового контроля аустенитных сварных соединений малой толщины. Студенческая научная весна: Машиностроительные технологии. 2020.

5. Данилов, В.Н. К вопросу о моделировании акустического тракта наклонного преобразователя при ультразвуковом контроле сварных соединений малой толщины / В.Н. Данилов, В.М. Ушаков, В.В. Михалев // Дефектоскопия. -2012. - №10. - С. 28-39.
6. РД ЭО 27.28.05.049-2011 Методика ультразвукового контроля сварных соединений стальных труб с толщиной стенки 2 – 6 мм. М. 2012.
7. Диссертация. Михалев В.В. Исследование особенностей метода и разработка методики ультразвукового контроля тонкостенных сварных соединений объектов атомной энергетики. 146 стр. 2018.