

2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов.

3. Торочешиков Н.С., Родионов А.И., Кельцев Н.В., Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды.- М.:Химия, 1981.-370 с.

## **МЕТОДИКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕНАЛОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ОЯТ**

*Абрамец В.В., Салчак Я.А., Седнев Д.А., Лидер А.М.*

*Томский политехнический университет*

*Научный руководитель: Седнев Д.А., ассистент кафедры физико-энергетических установок*

Обеспечение высокого уровня качества выпускаемой продукции и увеличение производительности являются наиболее важными задачами для любого предприятия. Для их решения необходимо в первую очередь обеспечить высокий уровень контроля. Более того, от степени совершенства уровня контроля качества зависит эффективность производства в целом.

При определении качества продукции необходимо с точностью определять соответствуют ли показатели качества установленным требованиям. Особенно это важно в критических областях промышленности, таких как атомная энергетика (АЭ).

В 2012 году Горно-химический комбинат (ГХК) запустил производство пеналов для сухого хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) реакторов типа РБМК-1000, а к концу 2015 года начнется производство пеналов для хранения ОЯТ реакторов типа ВВЭР-1000 [1].

Согласно требованиям нормативных документов АЭ для контроля качества ответственных компонентов, таких как пеналы для ОЯТ, необходимо применять методы неразрушающего контроля (НК). Так как сварные соединения пенала наиболее подвержены возникновению нарушений, то следует руководствоваться документами, регулирующими процедуру контроля сварных конструкций.

Несмотря на то, что достоверный контроль может обеспечиваться различными методами НК, зачастую применяются рентгенографические технологии. Это связано с высокой точностью результатов рентгеновского контроля. Но не менее перспективным методом является ультразвуковой контроль (УЗК). Более того, он имеет ряд существенных преимуществ перед рентгеном.

Для успешного внедрения методов УЗК в производственные процессы АЭ необходимо обеспечить их соответствие требованиям атомной отрасли и организовать эффективный процесс контроля качества. Использование ультразвуковой диагностики должно проходить согласно унифицированной методики, которая на данный момент отсутствует. В данной работе разработана методика ультразвукового контроля сварных швов компонентов АЭ.

### **Методы контроля качества компонентов АЭ**

В области атомной энергетики большое внимание уделяется обеспечению технологической безопасности. Для каждого объекта АЭ, в зависимости от предъявляемых к нему требований безопасности, существует регламент по определению его технического состояния. Например, для компонентов со сварными соединениями, регулирующим документом является ПНАЭ Г-7-010-89. Согласно этому документу, при контроле сварных соединений предприятие обязательно применяет визуальный и измерительный контроль, но может выбрать между радиографическими и ультразвуковыми методами [2].

Рентгенографический контроль обладает рядом недостатков: неэкспрессность метода, высокая стоимость расходных материалов, необходимость обработки пленок для получения конечных результатов, чувствительность к внешнему фону и опасность облучения персонала. Данные недостатки отсутствуют у методов УЗК, а кроме того, применение современных систем позволяет проводить визуализацию и реконструкцию объектов контроля, что значительно облегчает работу оператора. Именно поэтому возникает необходимость применения УЗК.

Контроль каждым методом следует проводить по государственным стандартам на соответствующие методы контроля или методическим отраслевым стандартам, конкретизирующим методики контроля сварных соединений. При отсутствии указанных стандартов допускается проведение контроля по методическим инструкциям, разработанным организацией. Согласно ПНАЭ Г-7-008-89 и ГОСТ 14782-86 на примере унифицированных методик была разработана общая методика УЗК для объектов со сварными соединениями [3, 4].

Применение шаблона общей (унифицированной) методики, представленного на рисунке 1, в отношении имеющегося оборудования и объектов контроля позволяет разработать методику УЗК для конкретных компонентов. Поскольку общая методика разработана на основе нормативных документов АЭ, то результаты частной методики будут удовлетворять высоким требованиям безопасности в критических

областях промышленности.

Как видно на рисунке 1, методика предполагает выполнение нескольких этапов. При процедуре УЗК наиболее важными являются этапы «Оборудование контроля» и «Настройка системы контроля», поскольку от качества их выполнения зависят полученные результаты. На первом этапе происходит выбор стандартного образца предприятия (СОП), который должен быть изготовлен из аналогичного по акустическим свойствам материала и иметь соответствующие размеры относительно объекта контроля. Также важным на первом этапе является выбор пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП) в зависимости от свойств контролируемого объекта.



Рисунок 1 – Унифицированная методика контроля объектов АЭ

Этап «Настройка системы контроля» включает в себя настройку чувствительности, определение разрешающей способности системы и настройку скорости А-развертки, что обеспечивает высокую достоверность результатов измерений.

### **Методика контроля сварных швов пенала для хранения ОЯТ**

Разработка методики контроля пенала для хранения ОЯТ, осуществлялась на основе общей методики. Адаптация реализовывалась на фрагментах листового проката, предназначенных для изготовления пенала. Экспериментальные образцы представляют собой пластины из аустенитной стали, имеющие прямые стыковые швы, выполненные аргоно-дуговой сваркой.

Для проведения измерений в качестве оборудования выбран мобильный комплекс автоматизированного ультразвукового контроля (АУЗК), предназначенный для контроля листового проката. Мобильный комплекс АУЗК обладает возможностью 2D/3D визуализации и в том числе позволяет реализовывать контроль в режиме Digital Focus Array. В состав комплекса АУЗК входит блок электроники и автоматики УЗК,

включающий несколько модулей, программное обеспечение и сканирующее устройство, преимуществом которого является возможность автоматического сканирования по заданному пути. На самом сканере устанавливается пьезоэлектрический преобразователь, выбранный с необходимой частотой. Комплекс АУЗК для целей работы использовался в одноканальном режиме.

Результаты контроля качества сварки одного из образцов приведен на рисунке 2. В ходе исследования обнаружен дефект – непровар сварного соединения. Этот же дефект был обнаружен с помощью рентгенографии. Сравнение полученных результатов подтвердило достаточный уровень точности ультразвуковой диагностики, проведенной согласно разработанной методике.

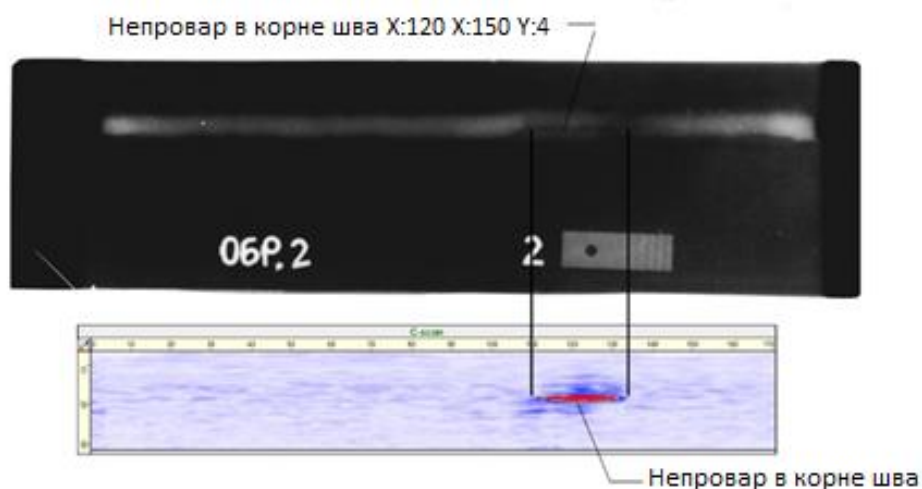


Рисунок 2 – Сопоставление результатов УЗК и рентгенографии

### **Заключение**

Ультразвуковой контроль является перспективным методом НК, сочетающий экспрессность, простоту и экономичность. Качество проведения контроля, а также необходимая на производстве унифицированность процедуры контроля достигается применением методики, определяющей порядок действий оператора контроля.

Методика, созданная для проверки заготовок для пеналов, используемых в сухом хранилище на ГХК, после апробации может быть использована на предприятии. Успешное внедрение на производстве будет способствовать распространению акустического метода неразрушающего контроля на предприятиях ГК «Росатом».

\*Выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325.2014.

### **Список информационных источников**

1. Пат. 2500045 РФ: МПК G21F5/008, G21C19/06. Герметичный

пенал хранения ампул с пучками отработавших тепловыделяющих элементов / Гаврилов П.М., Гамза Ю.В., Бараков Б.Н., Кравченко В.А., Ильиных Ю. С.; патентообл. ФГУП «ГХК». – № 2012123112/07, заявл.: 04.06.2012; опубл.: 27.11.2013, Бюл. № 33. – 11 С.

2. ПНАЭ Г. 7-010-89 Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок //Сварные соединения и наплавки. Правила контроля. – 1989.

3. ПНАЭ Г-7-008-89. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. – 1989.

4. ГОСТ 17782 – 86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.– 1986.

## **ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НАНОБЕТОНА**

*Акимбекова С.Т.*

*Павлодарский государственный университет*

*им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан*

*Научный руководитель: Саканов К.Т., к.т.н., профессор кафедры  
промышленного, гражданского и транспортного строительства*

В настоящее время нанотехнологии в производстве бетона позволяют осуществлять локальную стимуляцию химических реакции на молекулярном уровне, изменять свойства традиционных конструкционных материалов за счет их модификации наноструктурами, увеличивать прочность, водо- и коррозионную стойкость.

Один из самых важных в технологии нанобетонов – это направленное использование процесса самоформирования цементного камня (в цементных бетонах), запускаемого специально вводимыми в состав бетона наночастицами-наноинициаторами, либо содержащими какие-то соединения, инициирующие особый рост цементного камня, либо обладающими устойчивой анизотропией электрофизических свойств, также вызывающей направленное развитие цементного камня при созревании бетона. Нанобетон обладает теми, или иными преимуществами благодаря своей особой структуре, задаваемой на наноуровне.

Структура и свойства бетона, в первую очередь, определяются качеством цементного камня. Что соответственно ведет к необходимости формировать такую структуру цементного камня, которая будет обладать большой плотностью, малой