

АКУСТИКО-ЭМИССИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Методические особенности акустико-эмиссионной диагностики объектов использования атомной энергии

Применение АЭ-диагностики на объектах использования атомной энергии. Метод АЭ используется как при эксплуатационном мониторинге, так и периодических технических инспекций объектов использования атомной энергии (ОИАЭ).

Его рекомендуется применять в сочетании с другими методами НК и испытаниями материалов конструкций на прочность. Метод АЭ применяют для предупреждения возможного разрушения конструкций и оборудования.

На ОИАЭ его рекомендуется использовать в качестве сопровождающего метода контроля при прочностных испытаниях несущих конструкций и гидроиспытаниях сосудов давления, трубопроводов и арматуры специального оборудования.

Если в конструкциях или оборудования штатными методами НК обнаружены дефекты, которые могут привести к отказу или аварии на ОИАЭ, АЭ-метод применяется для наблюдения за развитием таких дефектов.

Совместно с расчетами на прочность и долговечность данные АЭ-контроля используются для оценки остаточного ресурса оборудования и решения вопроса о возможности его дальнейшей эксплуатации. В этом случае применяются специальные верифицированные методики, утвержденные руководством эксплуатирующей организацией ОИАЭ, надзорными, административными и управляющими органами.

Разработка методики и программы диагностического обследования конструкций и оборудования ОИАЭ. При разработке методики акустико-эмиссионной диагностики необходимо:

1. Проанализировать проектную и конструкторскую документацию, условия и режимы эксплуатации объекта контроля, а также изучить информацию о его техническом состоянии за предыдущее время эксплуатации.

На этом этапе по результатам анализа документации и данным о темпах деградации свойств конструкционных материалов определяются слабые места и зоны конструкции, в которых возможно образование и развитие очагов разрушения.

2. Выполнить ранжирование выбранных элементов и оборудования по показателям надежности, риска или иным критериям, которые зависят от предполагаемой дефектности материала ОИАЭ.

Для этого используют экспертные оценки, показатели риска и иные характеристики безопасности и надежности конструкции. По результатам ранжирования определяется перечень элементов конструкций, участков трубопроводов и потенциально опасных зон оборудования, которые следует подвергнуть АЭ-испытаниям.

3. Провести расчеты и определить уровень нагружения диагностируемых элементов, который обеспечит акустико-эмиссионную активность потенциально опасных для будущей эксплуатации дефектов.

4. Составить программу или специальный регламент проведения контроля ОИАЭ методом АЭ.

В подготовке программы принимают участие как исполнители-специалисты по АЭ-контролю, так и представители ОИАЭ. При необходимости привлекаются также и независимые эксперты.

При разработке программы учитываются условия контроля — будет ли это обследование разовым, периодическим с применением переносных измерительных средств, или предполагается постоянное слежение за акустико-эмиссионной активностью контролируемых объектов с использованием стационарных аппаратно-программных комплексов, входящих в состав контрольно-измерительного оборудования ОИАЭ.

В программе определяются обязанности участников, перечень организационных и технических мероприятий, необходимых для выполнения контроля, в том числе по метрологическому и техническому обеспечению, а также меры по обеспечению техники безопасности при проведении работ. В частности, определяются действия персонала при возможных авариях и инцидентах в ходе диагностики.

В программе работ по АЭ-контролю приводятся следующие сведения:

- физико-механические свойства материала диагностируемой конструкции;
- условия и временные режимы нагружения конструкции;
- параметры шумов, сопровождающих работу объекта;
- тип и характеристики АЭ-преобразователей, включая данные о сертификате соответствия;
- схема расположения АЭ-преобразователей, способы их крепления и обеспечения стабильности акустического контакта;
- схема размещения линий связи и контрольно-измерительной аппаратуры;

- средства АЭ-контроля и порядок их калибровки;
- перечень регистрируемых параметров акустической эмиссии;
- система классификации АЭ-источников по степени опасности;
- критерии оценки состояния объекта по результатам АЭ-контроля;
- требования к квалификации персонала для выполнения работ по диагностике.

Разработанная и утвержденная программа является основным документом для проведения работ на ОИАЭ. Ростехнадзор России может потребовать изменения программы работ по диагностике ОИАЭ на любой стадии исполнения.

Классификация источников акустической эмиссии. Идентифицированные в процессе диагностики источники АЭ-сигналов классифицируют по степени опасности в соответствии с рекомендациями нормативных документов. Для характеристики источников используют суммарный счет АЭ, амплитуда импульсов, амплитудное распределение, энергетические параметры АЭ-импульсов, скорость счета, активность, а также концентрацию источников. Учитываются также параметры нагружения объекта и длительность его эксплуатации.

Прежде всего, согласно рекомендациям, среди обнаруженных выделяют две группы источников.

К **первой** относят источники, которые в силу своих характеристик позволяют сделать однозначный вывод, что диагностируемая конструкция содержит дефекты, опасные для ее дальнейшей эксплуатации. Такие дефекты могут привести к инциденту или аварии на ОИАЭ за время эксплуатации до следующей плановой инспекции.

Ко **второй** группе относят источники, параметры которых позволяют сделать заключение, что диагностируемая конструкция не содержит дефектов, опасных для ее эксплуатации.

Далее проводится более детальная классификация, в соответствии с которой обнаруженные источники АЭ относят к одному из **четырёх классов**:

- источник I класса — пассивный источник;
- источник II класса — активный источник;
- источник III класса — критически активный источник;
- источник IV класса — катастрофически активный источник.

В зависимости от класса установленных источников различны и действия персонала, проводящего диагностику. Соответствующие рекомендации приведены в табл. 3.

Если анализ данных контроля не позволяет сделать однозначное заключение о степени опасности обнаруженных источников АЭ, рекомендуется провести дополнительные испы-

тания с применением штатных, предусмотренных регламентом эксплуатации ОИАЭ, методов неразрушающего контроля.

При обнаружении источников акустической эмиссии высокого класса и локации их месторасположения проводят дополнительный контроль одним или несколькими методами неразрушающего контроля, например методами ультразвуковой дефектоскопии, рентгенографии и др. Такой порядок обязателен при диагностике объектов, эксплуатирующихся длительное время.

Окончательное решение о степени опасности обнаруженных с помощью АЭ-метода и дополнительных видов НК дефектов принимается после проведения расчетов на прочность с применением методов механики разрушения с учетом расположения, размеров и ориентации этих дефектов.

Рекомендуемые действия при обнаружении источников различного класса

Класс источника	Рекомендуемые действия
Источник I класса (пассивный)	Зарегистрировать источник и сделать документированную запись для архивирования и анализа динамики его последующего развития
Источник II класса (активный)	Зарегистрировать источник, сделать документированную запись, следить за развитием источника в процессе контроля и изменением состояния диагностируемого объекта; в отчетных документах записать рекомендации по проведению дополнительного обследования с использованием других методов НК или указать перечень иных мероприятий для компенсации обнаруженного дефицита безопасности
Источник III класса (критически активный)	Зарегистрировать источник, сделать документированную запись, следить за развитием источника в процессе контроля и изменением состояния диагностируемого объекта; предпринять меры для возможного снижения нагрузки или выполнения других превентивных мероприятий для предупреждения и смягчения последствий возможных отказов и инцидентов, связанных с возможным развитием дефекта
Источник IV класса (катастрофически активный)	Немедленно уменьшить нагрузку до минимально возможного значения либо значения, при котором класс источника АЭ снизится до уровня II или I; после сброса нагрузки провести осмотр диагностируемого объекта и, при необходимости, выполнить контроль другими методами НК

Оформление результатов диагностического обследования. По результатам работ оформляют отчет или техническую справку о выполнении программы диагностического обследования ОИАЭ. В отчете приводят

- программу работ;
- сведения о сертификации используемых средств АЭ-контроля;
- метрологическом обеспечении измерений;
- программах обработки данных;
- сведения об общей и специальной квалификации (аттестации) персонала, непосредственно выполнявшего работы по диагностики на ОИАЭ;
- сведения о технических мероприятиях, выполненных на этапе подготовки и проведения АЭ-диагностики;
- результаты контроля в виде актов, протоколов испытаний и заключений о состоянии диагностируемого объекта.

При необходимости в отчет включают данные других методов НК.