

ООО «ДИАПАК»

В.Р. Ржевкин, Т.Б. Петерсен, В.В. Шемякин

Определение технических характеристик системы мониторинга оборудования завода

Оснащение опасных промышленных объектов системами мониторинга позволяет в режиме реального времени контролировать технические характеристики, отвечающие за безопасность функционирования объектов, и своевременно обнаруживать недопустимые развивающиеся дефекты. Увеличение сроков эксплуатации объектов, а также возрастание требований к соблюдению безопасности их работы, предусматривают развитие и внедрение новых эффективных методов и средств неразрушающего контроля и разработку соответствующих критериев прогнозирования работоспособности материала.

Одним из методов, позволяющим обеспечивать контроль процесса разрушения материала во всем объеме конструкции в реальном масштабе времени является метод акустической эмиссии (АЭ)ⁱ.

Возможность реализовать метод в условиях работающего оборудования, позволяют использовать метод АЭ в качестве основного в системах мониторинга статического оборудования опасных химических производств. Одновременно при компоновке системы мониторинга должны включаться при необходимости дополнительные методы неразрушающего контроля и средства измерения технических характеристик оборудования.

Внедрение систем мониторинга предполагает этапный подход с проведением некоторых предварительных экспериментальных работ для выяснения самой возможности и целесообразности установки мониторинговой системы на данный объектⁱⁱ. Ниже приведены основные этапы внедрения системы мониторинга:

- Выбор оборудования или его элементов для оснащения системами мониторинга:
 - Подход на основе анализа рисков;
 - Собственный опыт.
- Анализ причин, механизмов и вероятного местоположения дефектов в оборудовании.
- Выбор методов и средств мониторинга, необходимых для выявления дефектов.
- Проведение необходимых экспериментальных работ для определения эффективности и оптимальных характеристик выбранных средств (если необходимо).
- Подготовка технико-экономического обоснования.
- Разработка технического задания.
- Разработка проекта.
- Приобретение системы и монтаж.
- Проведение опытной эксплуатации системы и адаптация ее элементов к условиям предприятия.
- Сопровождение системы.

Объекты завода содержат чрезвычайно активное соединение - фтористый водород (плавиковую кислоту), который взаимодействуя с металлом оборудования способен создавать внутренние водородные расслоения. Так, в реакторе R-401, эксплуатировавшемся с 1996г., в 1999г. были обнаружены такие расслоения. После их ремонта реактор проработал до 2003 года, после чего был заменён на новый из-за наличия новых дефектов в виде расслоений.

Согласно анализу технических характеристик указанных установок с учетом технологических процессов, происходящих в них, с учётом рекомендаций документа API-RP 571 («Механизмы повреждения в перерабатывающей промышленности»), и данных АЭ контроля этих объектов, были определены основные типы дефектов, характерные для данных объектов, механизмы их возникновения и развития. Выявлены места их наиболее вероятного расположения и условия, влияющие на их возникновение и рост.

Для определения характеристик системы мониторинга на указанных объектах, были выполнены следующие экспериментальные работы:

1. Проведены лабораторные испытания образцов из стали 30Г2С и 9Г2 типа двух-консольной балки с трещиной, подвергнутые 3 степеням охрупчивания в сероводород-содержащей среде (Рис. 1 и 2).

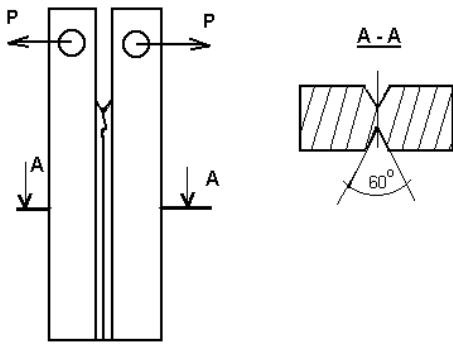


Рис. 1. Схема нагружения ДКБ образца

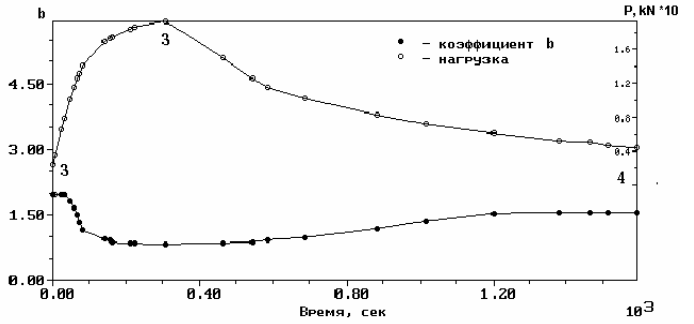


Рис. 2. Кривая нагружения и временная зависимость b-параметра для неохрупченного материала

В результате экспериментов выделены 3 класса АЭ сигналов, соответствующие трём основным механизмам разрушения материала (Рис. 3). Установлены количественные связи параметров АЭ сигналов, сопровождающих дефектообразование, с параметрами механики разрушения. Разработаны акустические критерии безопасной эксплуатации конструкций.

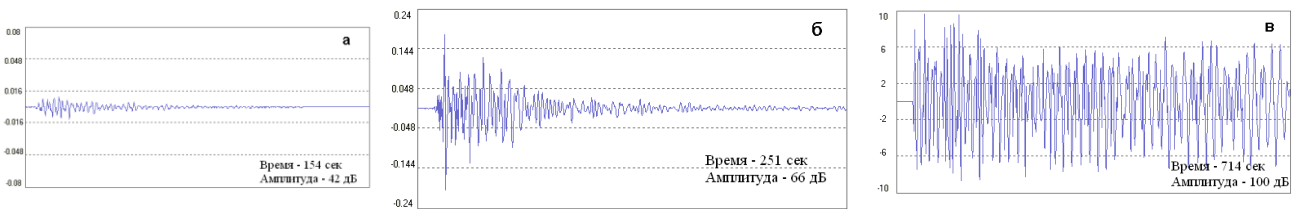


Рис. 3. Типичные сигналы, соответствующие различным классам источников АЭ: а) пластическая деформация; в) микротрещина; в) скачок магистральной трещины

2. Измерено затухание сигналов АЭ при распространении в стенках сосудов и реактора. Для измерений использовался имитатор АЭ (источник Нилсена-СУ). Пример функции затухания представлен на рис. 4. На рис. 5 построены графики затухания сигналов от микро и макротрещин вместе с пороговым значением. Пороговые значения оценивались с учетом измерения рабочих шумов установки.

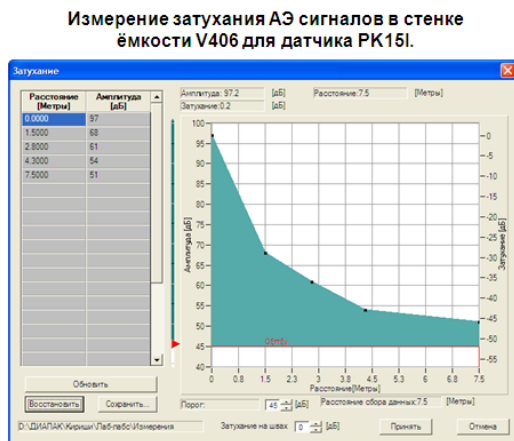


Рис. 4. График затухания сигналов АЭ

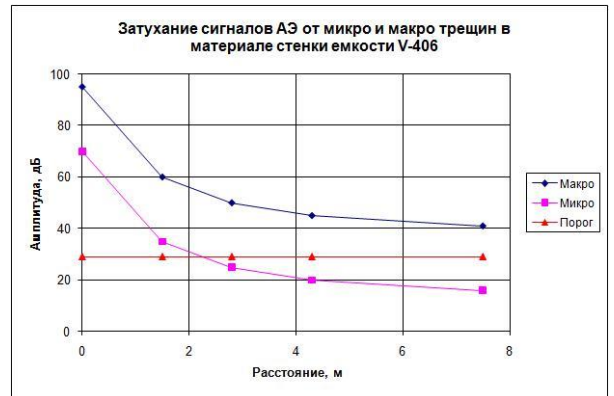


Рис. 5. Затухание амплитуды сигналов АЭ от макро и микротрещины

На рис. 6. приведены графики зависимости активности шумов в зависимости от установленного порога для 3 разных каналов регистрации АЭ.

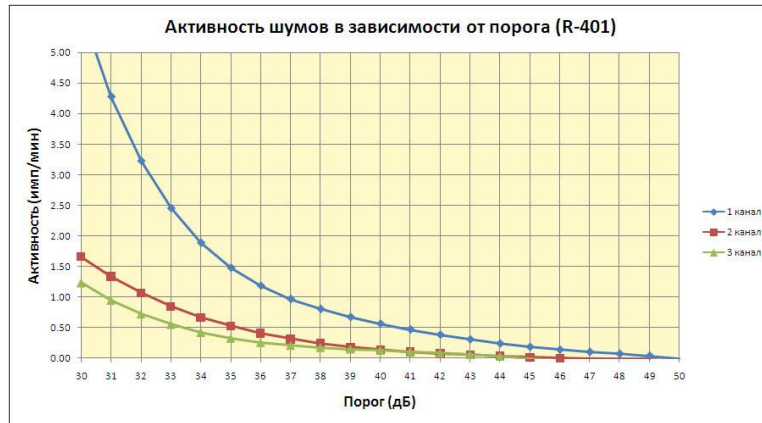


Рис. 6. Зависимости активности шумов от установленного порога.

На основе этих графиков можно определить, например, что при пороговом уровне 35 дБ активность шумов установки составит ~0.5-1.2 импульса в минуту, что приемлемо для начальной установки порога АЭ системы. Возвращаясь к рисунку 5 видно, что при пороге ~ 35 дБ расстояние регистрации сигналов от макротрещин составляет более 7 метров, а для микротрещин ~2 м.

Из соображений компромисса между стоимостью системы мониторинга (которая, в основном, зависит от числа каналов) и возможностью регистрации слабых сигналов, было выбрано треугольное расположение датчиков АЭ с расстоянием между ними ~ 3÷3.5 м. Кроме датчиков, располагающихся в форме равномерной сетки треугольников на поверхности цилиндра и на крышках, предусмотрена дополнительная установка датчиков около потенциально опасных мест – люков-лазов и вварок патрубков большого диаметра. Таким образом, общее количество каналов АЭ системы составило 130.

На рис. 7 приведена структурная схема системы мониторинга. Система состоит из автономно работающей стойки с аппаратурой сбора данных АЭ типа Samos, и станции управления, находящейся на удалении от завода и связанной со стойкой по локальной сети Ethernet завода. В стойку заведены также сигналы давления, температуры и расхода продукта от системы управления установкой.

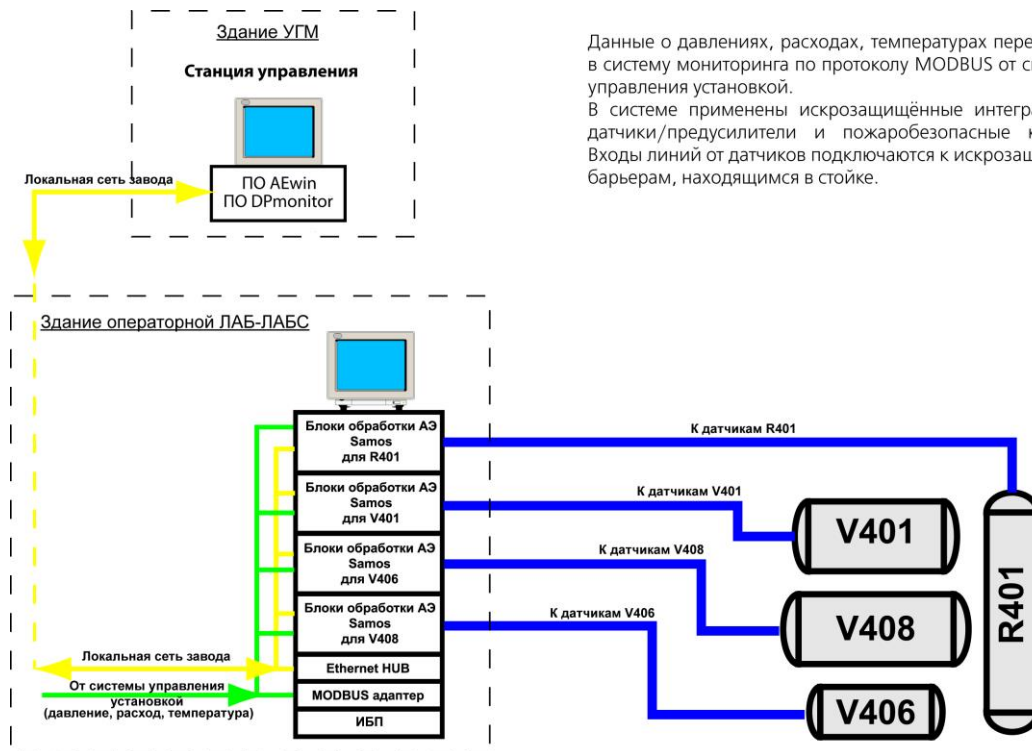


Рис. 7. Структурная схема системы мониторинга.

Из вышесказанного видно, что для определения числа каналов системы необходимо провести некоторые предварительные измерения, в том числе и на работающем объекте. Часто оценка числа каналов требуется в период проектирования установки, задолго до ее сооружения. В этом случае используются данные, полученные предварительно на аналогичных объектах.

Характеристики акустической эмиссии берутся из базы данных испытания аналогичных по свойствам материалов. Это же касается и данных по акустическим свойствам аппарата. При выборе аналогов, на которых работы уже были проведены, необходимо учитывать основные свойства, в наибольшей степени влияющие на акустику такие, как материал, толщина и плотность рабочего продукта.

Наиболее сложным с точки зрения прогнозирования является оценка уровня рабочего шума, который зависит от многих факторов таких, как движение продукта, работа насосов и т.д. От этого уровня зависит величина порога регистрации аппаратуры, который очень сильно влияет на величину радиуса регистрации и число необходимых каналов, как это видно из рисунка 5. Однако и здесь возможны аналогии с учетом функциональной специфики аппарата (резервуар для хранения, реактор и пр.).

Учитывая вышесказанное при оценке каналов, необходимых для контроля проектируемой установки, следует предусматривать некоторый резерв каналов в размере 5-10%.

ⁱ Применение метода акустической эмиссии для диагностики промышленного оборудования. В.В. Шемякин. Экспозиция Нефть Газ. 2/Н (59) апрель 2008.

ⁱⁱ Аспекты применения метода акустической эмиссии для мониторинга опасных промышленных объектов. В.В. Шемякин, С.А. Стрижков. Химическая техника. 7/2005, июль.