

**Н.Е.К а з а ч е к, С.В.К а з а ч е к** (Нижний Новгород, ННГУ им. Н.И.Лобачевского, Научно-исследовательский ун-т). **Кластеризация данных акустической эмиссии в прогнозировании разрушений на трубопроводах газа.**

Акустическая эмиссия — это явление генерации волн напряжения (упругих волн) при локальной перестройке структуры исследуемых объектов. В основе предлагаемого метода лежит возможность классифицировать дефекты не по размерам, а по степени их опасности. При этом некоторые дефекты, которые превышают браковочный уровень при использовании традиционных методов НК, могут попасть в класс не опасных, не требующих ремонта элементов конструкции. АЭ в этих случаях сигнализирует о развитии нежелательных процессов.

Метод АЭ обладает высокой чувствительностью к растущим дефектам, который позволяет выявить в рабочих условиях приращенные трещины порядка долей миллиметра.

Метод АЭ имеет ограничения в применении:

- 1) сложность выделения сигналов АЭ;
- 2) высокая стоимость аппаратуры;
- 3) дискриминация локализации;
- 4) многое другое.

Рассматривается статистический метод анализа результатов акустико-эмиссионного контроля, позволяющий анализировать всю совокупность измерительной информации, как параметры импульсов акустической эмиссии, так и временные реализации сигналов.

Данный метод основан на двухуровневой кластеризации данных — сигналов акустической эмиссии зарегистрированных отдельными измерительными каналами, и «групп сигналов», сформированных на основании первичной кластеризации.

Для обработки данных имеет место акустико-эмиссионный измерительный комплекс «Лель»/A-Line 32D (DDM) (далее комплекс «Лель»). Комплекс «Лель» предназначен для проведения неразрушающего контроля и оценки состояния ответственных объектов, подведомственных Ростехнадзору РФ. Целью акустико-эмиссионного контроля является выявление, определение координат и слежение (мониторинг) за источниками АЭ сигналов контролируемых объектов (трубопроводов). Полученная информация после обработки используется для выявления и локализации возможных дефектов в трубопроводе, которые могут привести к экологической катастрофе и человеческим жертвам при их разрушении.

Программа A-Line Stat является дополнительной программой анализа АЭ данных; она предназначена для автоматической кластеризации данных акустической эмиссии. Особенностью данной программы является возможность работы как с импульсами АЭ, так и с осциллограммами.

#### **Основные этапы работы программы.**

1. Кластеризация осциллограмм на основании схожести формы спектра.

Выделение «кластеров осциллограмм»: а. Разделение осциллограмм, зарегистрированных по разным каналам; б. Кластеризация осциллограмм по схожести формы и спектра.

2. Выделение «пачек» АЭ импульсов, зарегистрированных от одного АЭ события.
3. Кластеризация «пачек» импульсов на основании результатов предварительной кластеризации осциллограмм. Получение «кластеров источников АЭ».
4. Определение характеристик каждого кластера.

**Оценка результатов контроля.** После обработки принятых сигналов результаты контроля представляют в виде идентифицированных и классифицированных источников АЭ. При принятии решения по результатам АЭ контроля используют данные, которые должны содержать сведения обо всех источниках АЭ, их классификации и сведения относительно источников АЭ, параметры которых превышают допустимый уровень.

Классификацию источников АЭ выполняют с использованием следующих параметров сигналов: суммарного счета, числа импульсов, амплитуды (амплитудного распределения), энергии, скорости счета, активности, концентрации источников АЭ. В систему классификации также входят параметры нагружения контролируемого объекта и время. Окончательная оценка допустимости выявленных источников АЭ и индикаций осуществляется с использованием измеренных параметров дефектов на основе нормативных методов механики разрушения, методик по расчету конструкций на прочность и других действующих нормативных документов.

#### Параметры АЭ систем IV класса.

- 1–100 — независимых каналов АЭ,
- 25–500 кГц — полный диапазон частот,
- ФВЧ: 25, 50, 60, 100 кГц — частотные фильтры,
- Не более 5мкВ — напряжение (эфф.) шума, приведенное к входу,
- 120 ДБ — амплитудный динамический диапазон,
- 4000–10 000 с. — максимальная скорость регистрации в канале событий,
- 1–84 с шагом 0,1–1 ДБ — диапазон регулировки,
- 1–64000 мкс — диапазон установки ИКП, ИКД, ИКК,
- Автоматический контроль ПАЭ,
- Регистрация сигнала в каждом канале,
- От 4 на систему до 3-х на канал — число параметрических входов,
- Портативный, промышленный компьютер,
- Windows — программа сбора данных,
- Универсальная программа и шесть специальных программ обработки для разных объектов

Примеры параметров сигналов АЭ, полученные с помощью акустико-эмиссионного измерительного комплекса «Лель»/A-Line 32D приведены на рис. 1–6.



Рис. 1. Шкала АЦП

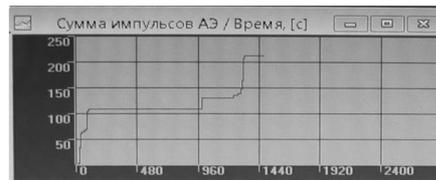


Рис. 2. Сумма импульсов АЭ

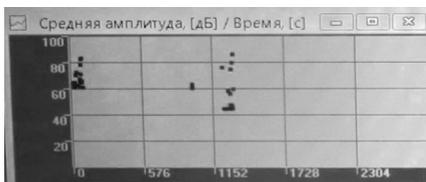


Рис. 3. Средняя амплитуда АЭ

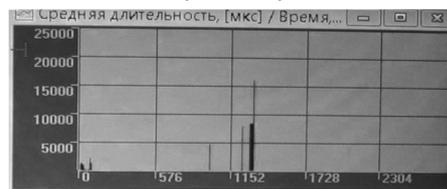


Рис. 4. Средняя длительность сигнала АЭ

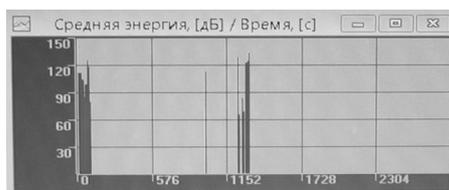


Рис. 5. Средняя энергия АЭ



Рис. 6. Амплитуда шума в первом канале

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дробот Ю. Б., Лазарев А. М., Рубинштейн В. Д., Тавер Е. И., Букатин О. В., Иванов В. И., Трипалин А. С., Буйло С. И. Государственный стандарт Российской Федерации «Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения» (ГОСТ 27655-88). Утвержден Постановлением Гос. комитета СССР по стандартам № 787 от 28.03.88. М.: Стандартиформ, 1988, 12 с.
2. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. РД 03-131-97. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 11.11.96 № 44. М.: НПО ОБТ, 2000.
3. A-Line 32 D. Руководство пользователя. М.: Интерюнис, 2013, 146 с.
4. A-Line Stat. Программа для автоматической кластеризации данных АЭ. М.: Интерюнис, 2011, 22 с.
5. A-Line OSC Processing. Программа обработки осциллограмм. М.: Интерюнис, 2013, 40 с.