

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭ-СИГНАЛОВ КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

*В.Н. Костюков, А.П. Науменко, С.Н. Бойченко, Ал.В. Костюков,
Научно-производственный центр «Динамика», г. Омск*

Проблема обеспечения безопасной эксплуатации и эффективности работы сложных технических систем и оборудования опасных производственных объектов приобретает в настоящее время особое значение [1-4].

Целью работы является исследование сигналов акустической эмиссии (АЭ), возникающих в результате имитации и роста локального коррозионного дефекта [3, 4] на образце стали в лабораторных условиях. Полученные закономерности могут послужить основой для создания критерия оценки степени опасности коррозионных повреждений на объектах различного назначения.

Исследование коррозионных процессов занимает много времени, поскольку такие процессы являются медленнопротекающими, при этом в реальных условиях коррозионные процессы могут развиваться в течение от нескольких месяцев до нескольких лет. Для ускорения исследований влияния различных факторов на параметры процесса коррозии используют повышенные концентрации агрессивной среды и температуры, наложение поляризирующего напряжения и другие факторы.

Для исследования химической коррозии с помощью метода акустической эмиссии использовался стержень, изготовленный из стали Ст3, длиной 500 мм, наружным диаметром 50 мм. В нем просверливалось 6 отверстий, с последующим заливанием в него раствора. Для инициирования процесса коррозии проводилось два эксперимента с разной концентрацией веществ. В первом случае был выбран 50-процентный раствор азотной кислоты, а во втором случае был взят 20-процентный раствор.

В процессе роста дефекта было обнаружено, что коррозионный процесс на поверхности образца протекал неодинаково: в первом опыте процесс быстро прекратился, а во втором – процесс длился несколько суток. Испытания проводились при нормальных условиях. Для получения экспериментальных данных было использовано штатное оборудование подсистемы акустико-эмиссионных измерений стационарной системы КОМПАКС. Система при этом работала в режиме регистрации сигналов АЭ. Внешний вид экспериментальной установки приведен на рис. 1.

В процессе проведения эксперимента получены такие данные, как суммарное число АЭ-импульсов по всем каналам (рис. 2), распределение амплитуды импульсов АЭ со всех каналов за время испытаний (рис. 3), распределение длительности импульсов АЭ со всех каналов за время испытаний (рис. 4), зависимость длительности импульсов АЭ от амплитуды (рис. 5), распределение энергии импульсов АЭ со всех каналов за время испытаний и другие зависимости и взаимозависимости.

С целью выявления закономерностей соответствия характеристик АЭ-сигналов особенностям их возникновения в процессе корродирования металлов проведена статистическая обработка данных.

В основе статистической обработки данных [5, 6] лежит группирование результатов наблюдений по интервалам: определение размаха изменений параметра x ; выбор количества интервалов и их величины; подсчет для каждого i -го интервала $[x_i - x_{i+1}]$ частоты n_i или относительной частоты (частотности v_i) попадания вариантов в интервал. В результате формируется представление экспериментальных данных в виде интервального или статистического ряда. По рассчитанным данным строится гистограмма параметра, а затем производится расчет описательной статистики исходных данных.

В результате получены следующие данные:

1. Гистограмма амплитуд АЭ-сигналов, полученных по всем каналам, в диапазоне (44...74) дБ с интервалом 3 дБ. С помощью стандартных средств Excel проведен расчет описательной статистики данных, из которой следует, что среднее значение амплитуд составляет $(47,9 \pm 2,6)$ дБ (рис. 6).
2. С целью уточнения среднего значения для диапазона амплитуд АЭ-сигналов (44...56) дБ произведен расчет статистики с интервалом 1 дБ, среднее значение и стандартное отклонение амплитуд составляют $(47,5 \pm 2,6)$ дБ.
3. В диапазоне (44...49) дБ с шагом 0,5 дБ, среднее значение и стандартное отклонение составляют $(46,5 \pm 1,4)$ дБ.
4. Произведен расчет по длительности, выраженный гистограммой импульсов АЭ-сигналов по всем каналам, в диапазоне (2...2882) мкс (рис. 7), среднее значение и стандартное отклонение составляют $(250,5 \pm 50,3)$ мкс.
5. Получена статистика и гистограмма энергии по всем каналам, среднее значение и стандартное отклонение составляют $(29744,6 \pm 10563,4)$ мкВ \times мкс.

Зависимость длительности от амплитуды по всем каналам (рис. 5) показывает, что имеются два локальных максимума распределений сигналов по длительности с примерно одинаковой амплитудой. Одна область более короткая до 50 мкс, вторая иначе более длинная от 100 мкс до 104 мкс. Отсюда следует, что коррозионный процесс протекает двумя путями.

Рассмотрим полученные данные по первой группе сигналов (до 50 мкс).

На рис. 8 изображена гистограмма амплитуд по первой группе сигналов (до 50 мкс) в диапазоне (44...74) дБ с шагом 2 дБ. Для нее рассчитана описательная статистика, из которой следует, что среднее значение и стандартное отклонение составляют $(48,6 \pm 2,3)$ дБ.

С целью уточнения среднего значения для диапазона амплитуд АЭ-сигналов построены гистограммы с разными интервалами: в диапазоне (44...56) дБ с шагом 1 дБ (рис. 9) среднее значение и стандартное отклонение составляют $(45,3 \pm 2,4)$ дБ; в диапазоне интервалов (44...48,5) дБ с шагом 0,5 дБ среднее значение и стандартное отклонение составляют $(44,4 \pm 1,4)$ дБ.

Расчет статистики для длительностей в диапазоне интервалов (2...58) мкс (рис. 10) показал, что среднее значение и стандартное отклонение составляют $(4,9 \pm 2,1)$ мкс.

Для длительностей АЭ-сигналов в диапазоне (2...16) мкс среднее значение и стандартное отклонение составляют $(2,7 \pm 1,5)$ мкс.

Рассмотрим полученные данные по второй группе сигналов (от 100 мкс до 104 мкс).

С целью уточнения среднего значения диапазона амплитуд АЭ-сигналов (45...53) дБ произведена оценка с шагом 1 дБ. В этом случае среднее значение и стандартное отклонение составляют $(46,7 \pm 2,1)$ дБ.

Расчеты статистики длительностей АЭ-сигналов в диапазоне интервалов (100...3220) мкс показали, что оценки среднего значения и стандартного отклонения составляют $(600,8 \pm 232,4)$ мкс, а в диапазоне (100...1790) мкс (рис. 11) среднее значение и стандартное отклонение составляют $(435,7 \pm 215,4)$ мкс.

Таким образом, по совокупности всех данных можно констатировать, что при протекании коррозионных процессов генерируются АЭ-импульсы со следующими параметрами амплитуды импульсов – $(47,9 \pm 2,6)$ дБ; длительность импульсов – $(250,5 \pm 50,3)$ мкс; энергия импульсов – $(29744 \pm 10563,4)$ мкВ × мкс.

Уточненный анализ данных выявил, что АЭ-сигналы можно охарактеризовать двумя группами параметров:

- в пределах длительности АЭ-импульсов до 50 мкс оценка среднего значения амплитуд импульсов в диапазоне составляет $(44,4 \pm 1,4)$ дБ; оценка среднего значения длительности импульсов в диапазоне $(2...58)$ мкс – $(4,9 \pm 2,1)$ мкс; оценка среднего значения длительности импульсов в диапазоне $(2...16)$ мкс – $(2,7 \pm 1,5)$ мкс;
- в пределах длительности от 100 мкс до 104 мкс оценка среднего значения амплитуд импульсов составляет $(46,7 \pm 2,1)$ дБ; оценка среднего значения длительности импульсов в диапазоне $(100...1790)$ мкс – $(435,7 \pm 215,4)$ мкс.

В результате обработки данных получены параметры амплитуд и длительностей АЭ-сигналов, соответствующие коррозионным процессам, которые используются в системе комплексного мониторинга КОМПАКС® для классификации АЭ-процессов.

Библиографический список

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. / под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 1: В.И. Иванов, И.Э. Власов. Метод акустической эмиссии. – М.: Машиностроение, 2005. – 829 с.
2. Иванов В.И. Оценка дополнительного времени эксплуатации объектов с применением акустико-эмиссионного контроля // Дефектоскопия. – 1982. – № 11. – С. 60-64.
3. Баранов В.М., Губина Т.В. Применение акустической эмиссии для исследования и контроля коррозионных процессов. – М.: МИФИ, 1990. – 72 с.
4. Акустико-эмиссионная диагностика коррозионных дефектов трубопроводов / А.Н. Кузьмин, А.В. Жуков, Н.Ф. Стюхин, В.Г. Харебов, В.Г. Аксельрод // ТехНАДЗОР. – 2007. – № 7.
5. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1991. – 304 с.
6. Науменко А.П. Методика статистического анализа диагностических признаков // Наука, образование, бизнес: докл. и тез. докл. регион. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию РТФ ОмГТУ. – Омск. – 2011. – С. 188-195.

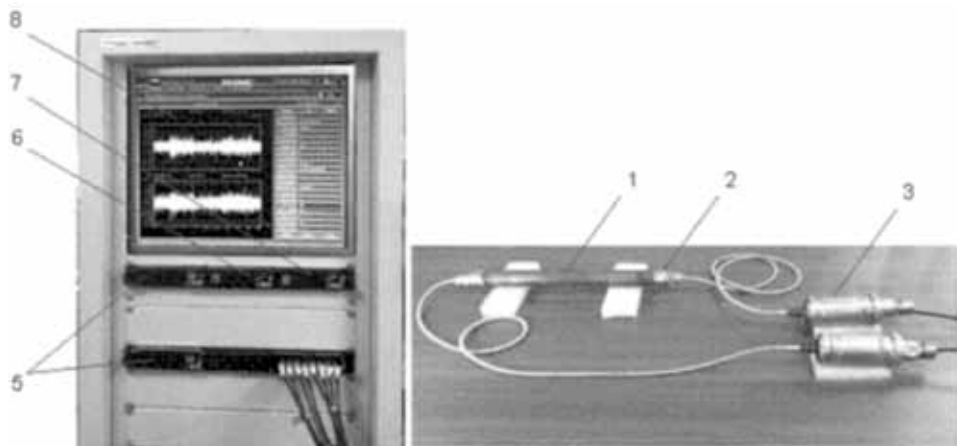


Рис. 1. Экспериментальная установка

- 1 – стальной стержень с 6 отверстиями; 2 – датчики АЭ; 3 – адаптеры 4106;
4 – модуль гальванической развязки 3234; 5 – модули питания 3622; 6 – модуль обработки АЭ-сигналов 3541; 7 – процессорный модуль 3003; 8 – дисплей

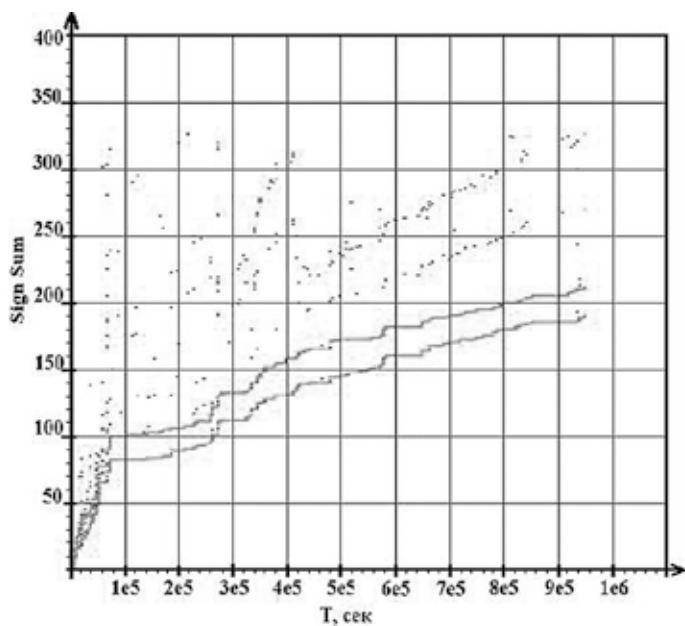


Рис. 2. Суммарное число АЭ-импульсов по всем каналам

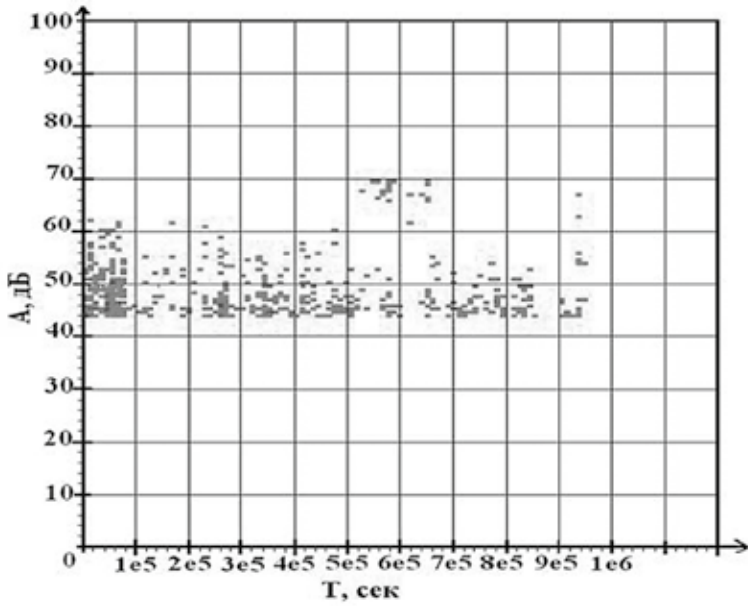


Рис. 3. Распределение амплитуды импульсов АЭ со всех каналов за время испытаний

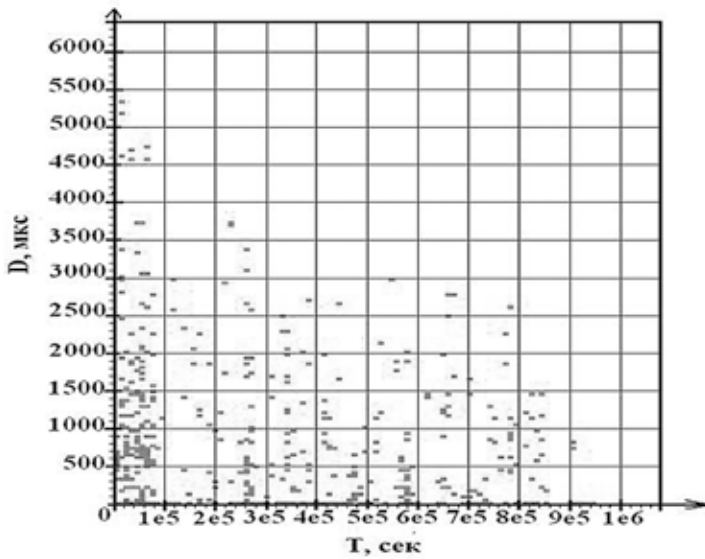


Рис. 4. Распределение длительности импульсов АЭ со всех каналов за время испытаний

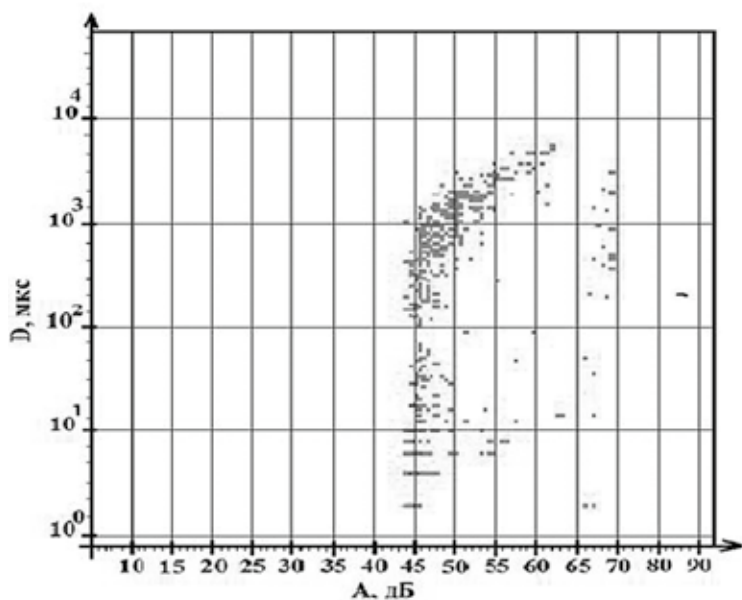


Рис. 5. Зависимость длительности импульсов АЭ от амплитуды

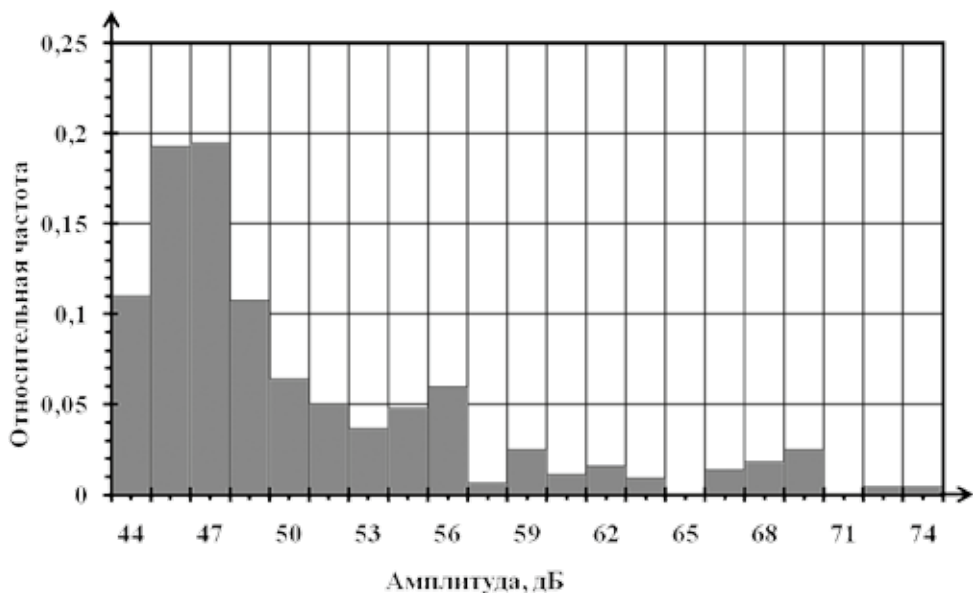


Рис. 6. Гистограмма амплитуд импульсов по всем каналам

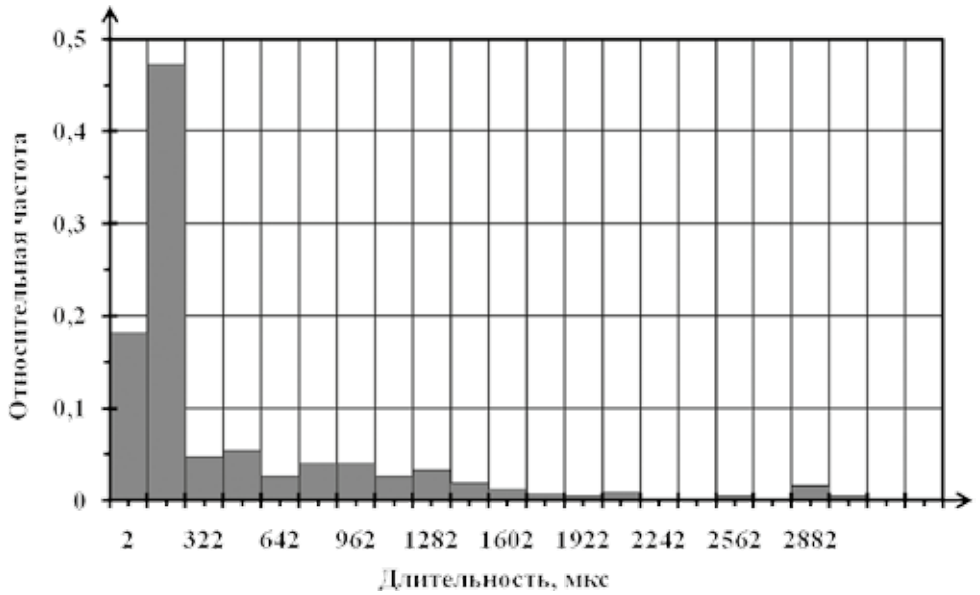


Рис. 7. Гистограмма длительности по всем каналам

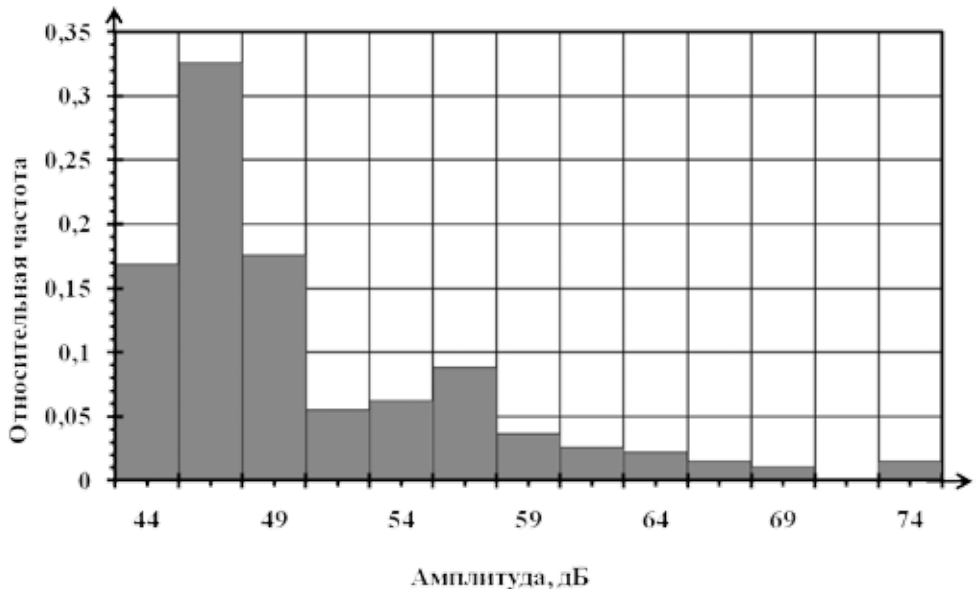


Рис. 8. Гистограмма амплитуд импульсов по первой группе сигналов

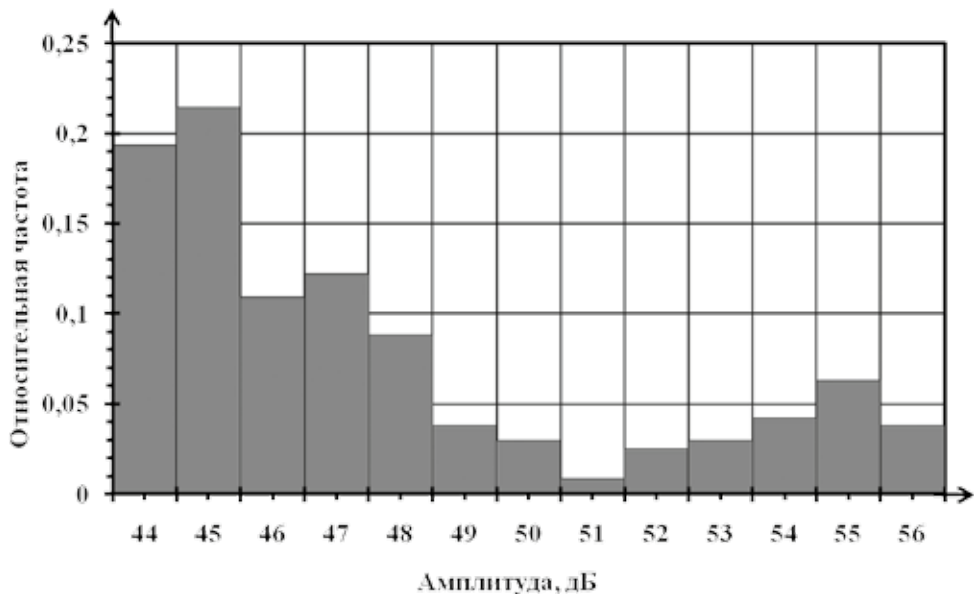


Рис. 9. Гистограмма амплитуды в диапазоне (44...56) дБ

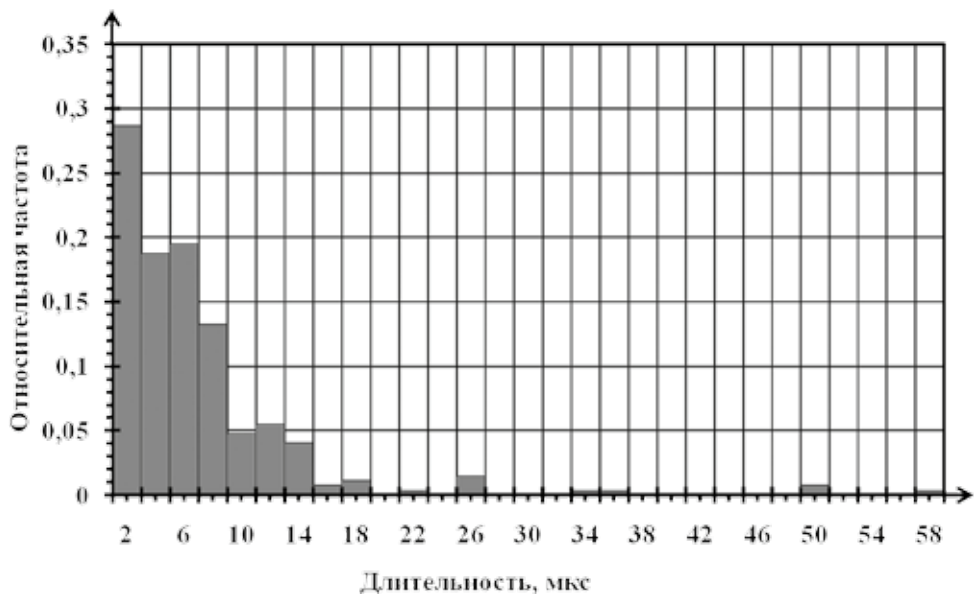


Рис. 10. Гистограмма длительности в диапазоне (2...58) мкс

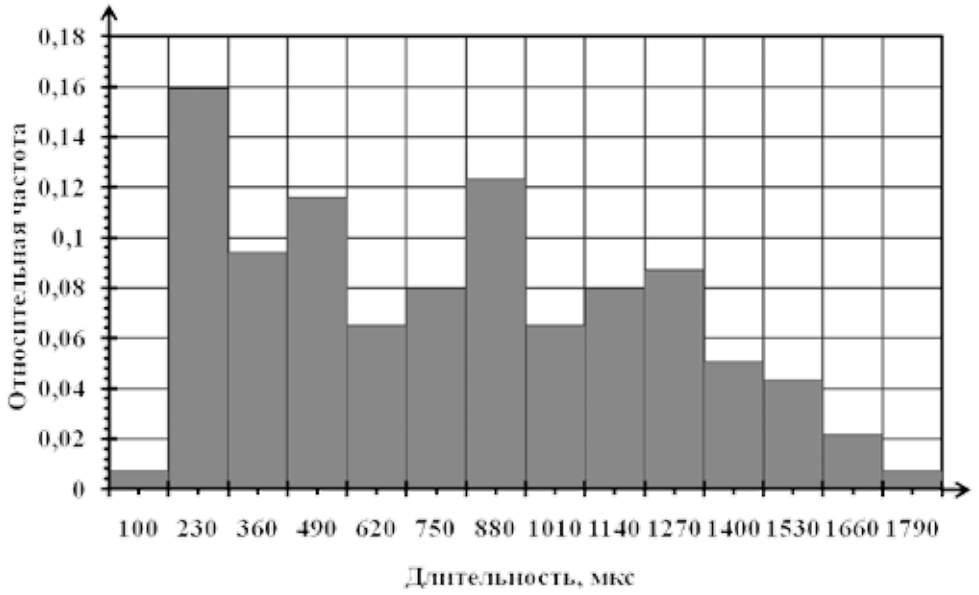


Рис. 11. Гистограмма длительности в диапазоне (100...1790) мкс

ТРУДЫ И ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

12-16 ноября 2012



ГРУППА КОМПАНИЙ «ИНТЕРЮНИС»

III Международная научно-техническая конференция
«Акустическая эмиссия. Роль метода в системах
комплексного мониторинга технического состояния опасных
производственных объектов»



НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ СОЮЗ «РИСКОМ»

II научно-практический семинар
«Оценка и управление индустриальными
рисками в промышленной безопасности.
Мониторинг рисков объектов
нефтепереработки
и нефтехимии»

Москва, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

II научно-практический семинар

«Оценка и управление индустриальными рисками в промышленной безопасности. Мониторинг рисков объектов нефтепереработки и нефтехимии»	7
<i>Г.П. Воронин</i> Техническое регулирование спустя десять лет.	8
<i>Н.А. Махутов</i> Категорирование объектов, опасностей и рисков в проблемах промышленной безопасности	19
<i>Н.А. Махутов</i> Основы анализа рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах техносферы	28
<i>М.М. Гаденин</i> Научные основы комплексного анализа рисков и обеспечения безопасности	46
<i>А.М. Лепихин, А.П. Черняев</i> Методические аспекты анализа риска аварий технических систем	67
<i>В.Г. Харебов, В.И. Эльманович, В.С. Едигаров, Т.А. Сурина</i> Стандарты ООО «ИНТЕРЮНИС» в области анализа безопасности, управления и мониторинга рисков	75
<i>В.Н. Костюков, А.П. Науменко, Ан.В. Костюков</i> Оценка риска принятия решения в системах мониторинга	87
<i>А.А. Дубов, Ал.А. Дубов</i> Оценка остаточного ресурса и риска на опасных производственных объектах (ОПО) с использованием экспресс-методов НК	97
<i>В.Р. Ржевкин, А.Б. Самохвалов</i> PCMS – Программное обеспечение управления состоянием оборудования на базе оценки рисков	104

III международная научно-техническая конференция

«Акустическая эмиссия. Роль метода в системах комплексного мониторинга технического состояния опасных производственных объектов»	106
<i>В.А. Барат, Д.А. Терентьев</i> Обзор материалов конференции Европейской рабочей группы по акустической эмиссии EWGAE 2012	107

<i>А.Н. Мисейко, А.В. Шведков</i> Изменение напряженно-деформированного состояния участка магистрального трубопровода в результате скачка трещины	221
<i>Ю.С. Попков, Е.А. Марков, М.В. Черных</i> Перспективы применения метода акустической эмиссии в системах коррозионного мониторинга оборудования нефтеперерабатывающих предприятий	229
<i>Н.А. Махутов, А.В. Фомин, В.И. Иванов, И.Е. Васильев, В.Н. Пермяков</i> Исследование напряженно-деформированных состояний с использованием методов хрупких покрытий и акустической эмиссии	239
<i>В.Н. Костюков, А.П. Науменко, С.Н. Бойченко, Ал.В. Костюков</i> Исследование АЭ-сигналов коррозионных процессов	249
<i>В.И. Эльманович</i> Гармонизация российских норм и правил в области акустической эмиссии с международными стандартами	258
<i>В.И. Эльманович, В.С. Едигаров, Т.А. Сурина</i> Технический аудит организационно-технической готовности технологических установок нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий к переводу на увеличенные межремонтные пробеги.	260
<i>Ю.П. Бородин, Д.А. Терентьев</i> Опыт проведения в условиях города АЭ-диагностирования газопровода высокого давления	274
<i>А.Н. Мисейко, А.В. Шведков</i> Достоверность результатов акустико-эмиссионного контроля магистральных трубопроводов	281
<i>А.М. Лепихин, А.П. Черняев</i> Методические аспекты анализа риска аварий технических систем	283