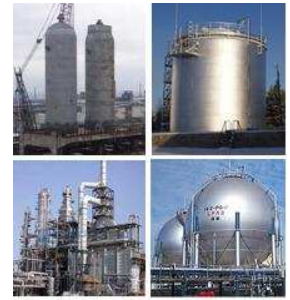


Стационарная система мониторинга состояния статического оборудования КОМПАКС®-АЭ

Система КОМПАКС®-АЭ является частью системы комплексного компьютерного мониторинга КОМПАКС®, которая может использоваться самостоятельно, и предназначена для непрерывного мониторинга и оценки технического состояния опасных производственных объектов, в частности, коксовых камер, реакторов, трубопроводов и другого статического оборудования без вывода их из эксплуатации. Мониторинг осуществляется по параметрам вибрации, акустической эмиссии (АЭ), температуры, давления, напряженно-деформированного состояния и другим, с обнаружением процессов трещинообразования и отклонений в ведении технологического процесса.

В последнее время одним из наиболее эффективных методов контроля технического состояния признан акустико-эмиссионный (АЭ) контроль.

К достоинствам акустико-эмиссионного метода неразрушающего контроля можно отнести: интегральность (объект контролируется полностью), универсальность (контролировать можно любые конструкции и материалы в практически любых условиях, в том числе и находящиеся в эксплуатации), дистанционность (не требуется подготовка всей поверхности объекта, например, снятие теплоизоляции, за исключением мест установки датчиков). Его возможности при минимальных инструментальных и людских затратах позволяют не только обнаруживать и регистрировать развивающиеся дефекты, но и классифицировать их по степени опасности. Из акустико-эмиссионного сигнала с каждого датчика выделяется множество параметров, характеризующих состояние оборудования. Помимо датчиков акустической эмиссии, в системе применены уникальные оптоволоконные преобразователи, которые измеряют температуру поверхности сосудов и трубопроводов и деформацию по осям X-Y.

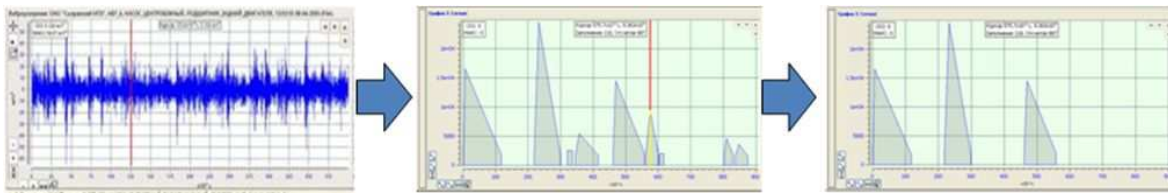


Объекты АЭ-мониторинга

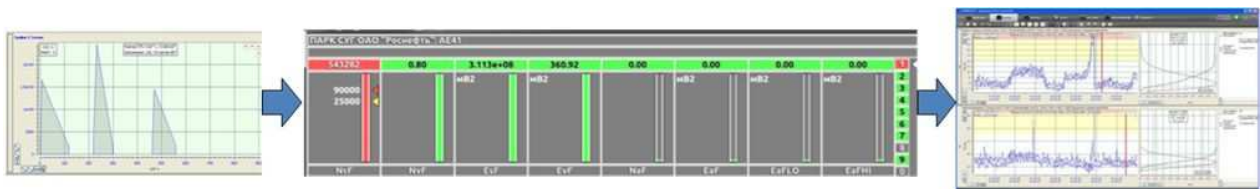
Система КОМПАКС®-АЭ позволяет в технологическом режиме контролировать состояние материала, определять наличие, местоположение и категорию источников акустической эмиссии. Система визуализирует состояние колонно-емкостного оборудования и трубопроводов на развертке по зонам локации. При зарождении и развитии дефекта система указывает его расположение, характер дефекта, скорость его развития и степень опасности. Персонал получает возможность своевременно принимать меры, планировать ремонтные работы, предотвращать аварийные ситуации. При проведении ремонта нет необходимости производить осмотр всей поверхности сосудов или трубопроводов: работу проводят в автоматически указанных системой местах.

Преимущества системы КОМПАКС®-АЭ

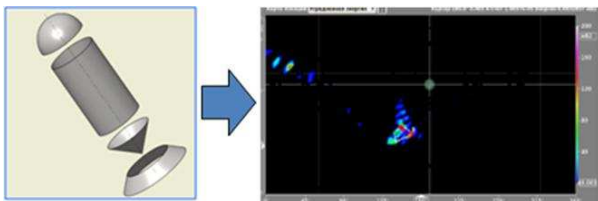
- Отображение результатов мониторинга на мониторе в виде **цветных пиктограмм** (зеленый цвет – норма, желтый – требует принятия мер, красный – недопустимо) и диаграмм с цифровыми значениями параметров в интуитивно понятной персоналу форме.
- Надежная регистрация сигналов в условиях высокого уровня промышленных помех, интегральная оценка состояния объектов в процессе эксплуатации, обеспечение локализации источников акустической эмиссии - областей возникновения и/или роста дефектов.
- Использование данных, полученных из системы КОМПАКС®-АЭ, в качестве материала инструментального контроля при расчете ресурса оборудования, что позволяет продлевать его ресурс без вывода из эксплуатации.
- Многостадийная обработка сигналов, включающая предварительную фильтрацию, обработку сигналов и выделение акустико-эмиссионных импульсов на аппаратном уровне. Фильтрация импульсов в процессе дискриминации событий.



- Формирование вектора диагностических признаков по каналам в соответствии с РД 03-299-99.



- Локация АЭ-событий в условиях априорной неопределенности свойств материалов, конструкций стенок объектов и особенностей распространения акустических волн. Она производится на основе 3D-модели объекта с использованием статистических данных на заданном интервале наблюдения, в зависимости от особенностей эксплуатации объекта и с учетом его технологического цикла.



- Автоматическое распознавание источников акустической эмиссии путем выделения кластеров с повышенной активностью на карте локации событий, с использованием адаптивных критериев на основе вероятностных моделей.



- Мониторинг состояния источников акустической эмиссии, оценка степени опасности источников по динамике активности на основе

экспоненциальной модели развития дефектов, встроенная экспертная система с автоматической выдачей предписаний персоналу.

- Полная самодиагностика системы, начиная от измерительного тракта, контроля целостности кабеля датчика, исправности самого датчика, контроля наличия акустического контакта датчика с объектом, правильности установки датчика, то есть геометрического расположения датчика на объекте, и заканчивая оценкой погрешности локации и мертвого времени системы.

Многоканальная цифровая аппаратная платформа системы КОМПАКС®-АЭ

Все аппаратные средства системы КОМПАКС®-АЭ размещаются в непосредственной близости от объекта диагностики. Датчики АЭ размещаются на объекте и подключаются к модулям акустических сигналов коаксиальным кабелем. Все модули соединяются в единую сеть либо по топологии цепи, либо в кольцо стандартным UTP-кабелем. Синхронизация модулей реализуется по тому же кабелю.

С помощью взрывозащищенных медиаконвертеров диагностическая информация передается по волоконно-оптической линии связи в диагностическую станцию. Питание аппаратной части производится стандартным напряжением 220 В от ближайшей подстанции.

В системе обеспечена **взрывозащита по классу 1ExibIIBT4**.

Основные преимущества

- Интеллектуальный датчик АЭ с токовым интерфейсом обеспечивает высокий динамический диапазон (более 80 дБ), а также выбор подходящего коэффициента усиления.
- Переключение датчика по команде системы в режиме излучателя импульсов АЭ обеспечивает контроль акустического контакта с объектом, а также контроль размещения датчика.
- 8-канальные модули акустических сигналов обеспечивают параллельную регистрацию, фильтрацию и обработку сигналов, включая амплитудно-временную селекцию.
- Возможность синхронизации модулей между собой обеспечивает масштабируемость системы. Несколько модулей работают как один многоканальный модуль (до 64 каналов).
- Функции контроля линии и входного тракта, предусмотренные в модуле, обеспечивают полную самодиагностику системы.
- Высокий класс взрывозащиты, вандалоустойчивость и промышленное исполнение для широких климатических условий всех компонентов системы позволяют размещать аппаратную часть в непосредственной близости от объекта мониторинга.
- Применение волоконно-оптических линий связи обеспечивает надежное высокоскоростное соединение полевой сети с диагностической станцией.
- Детальная конструкторская проработка компонентов системы обеспечивает короткие сроки и высокое качество монтажа системы на объекте.

Программное обеспечение системы КОМПАКС®-АЭ

Функционально программное обеспечение (ПО) разделено на две основные части: серверная часть, выполняющая всю обработку и хранение диагностической информации, и клиентская часть (терминал), осуществляющая отображение диагностической информации и реализующая пользовательский интерфейс.

Многоплатформенная реализация ПО позволяет использовать серверную часть под управлением ОС Linux, что обеспечивает бесперебойность и стабильность работы, а клиентскую часть - под управлением ОС Windows, что обеспечивает пользователям привычный интерфейс.

Распределенная модульная архитектура ПО позволяет сочетать в единой системе различные методы диагностики как статического, так и динамического оборудования, а также подключать одновременно несколько терминалов.

Многопоточная обработка сигналов обеспечивает высокую производительность системы.

Реализация интерфейса ПО с применением 3D-графики на основе технологии OpenGL обеспечивает высокое качество представления результатов диагностики и мониторинга.

ПО поддерживает широкую масштабируемость: от встраиваемых систем, персональных и промышленных компьютеров (в т.ч. панельных) до многопроцессорных серверных платформ.

В режиме работы «МОНИТОР» отображается карта локации оборудования, которая позволяет определить местоположение источника акустико-эмиссионного сигнала.

Поле секций показывает общее состояние всех объектов, диагностируемых системой. При установке курсора на выбранный объект секции в правой части экрана отображается развернутое состояние данного объекта по параметрам акустической эмиссии. Состояние объекта отображается в виде условного изображения объекта, разбитого на зоны, с указанием мест расположения датчиков (в левой части экрана) и области локации (справа).

Область локации представляет собой развертку объекта (колонны, реакторы, резервуары, трубопроводы) с разбитием на зоны локации и указанием уровня акустической активности зон. Цифрами на карте локации обозначено количество импульсов акустической эмиссии в зоне локации.

В верхней части экрана отображается набор диагностических признаков АЭ, используемых для мониторинга технического состояния объекта: мгновенные и накопленные значения энергии, число импульсов АЭ, амплитуда импульсов АЭ, интенсивность потока импульсов АЭ и др.

Курсор автоматически устанавливается на наиболее опасную зону, и, в случае опасности, система выдает диагностическое сообщение в текстовом, графическом и речевом виде.

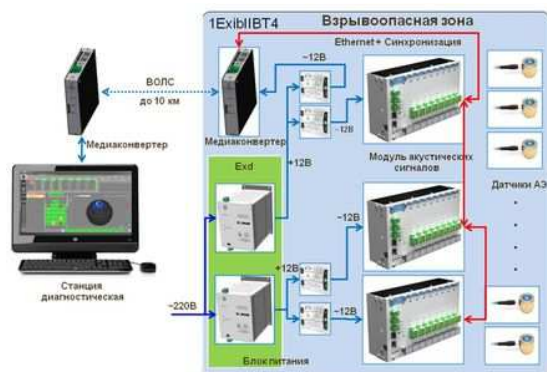
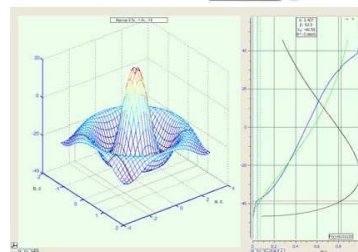
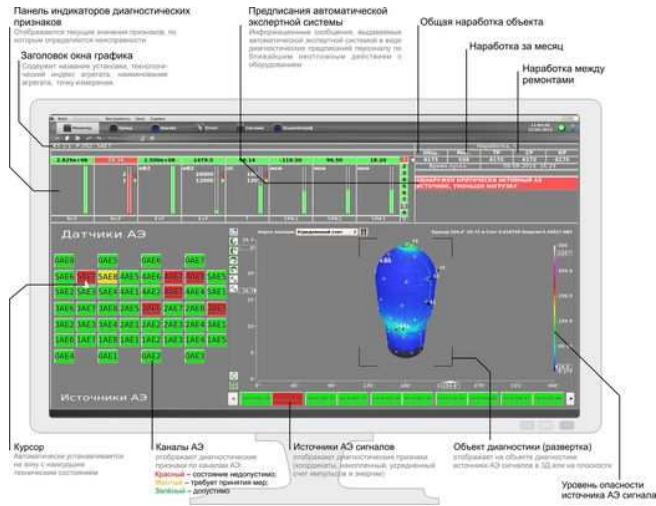


Схема системы КОМПАКС®-АЭ





Режим «МОНИТОР» ПО системы мониторинга КОМПАКС®-АЭ

Режим работы «ЖУРНАЛ МЕХАНИКА-ЭЛЕКТРИКА» автоматически формирует следующие протоколы:

- состояние оборудования;
- история ремонтов оборудования;
- общее состояние оборудования установки;
- планирование ремонтов, история ремонтов;
- оборудование установки, находящееся в определенном состоянии;
- события, зафиксированные в журнале событий системы;
- таблица возможных причин ремонтов, ремонтных работ и замен.

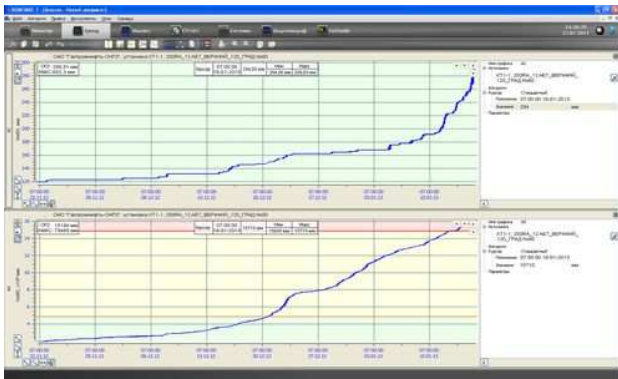
| Идентификатор агрегата | Состояние | Направление движения | Скорость | Наработка | Дата начала/окончания | Причина |
|------------------------|----------------|----------------------|----------|-----------|-----------------------|----------|
| 1-20 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |
| 1-21 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |
| 1-22 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |
| 1-23 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |
| 1-24 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |
| 1-25 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |
| 1-26 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |
| 1-27 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |
| 1-28 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |
| 1-29 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |
| 1-30 | Идет по режиму | Ав. режим | 0,17 | 4415 | 25.11.13 | Исправно |

Режим «ЖУРНАЛ» ПО системы мониторинга КОМПАКС®-АЭ

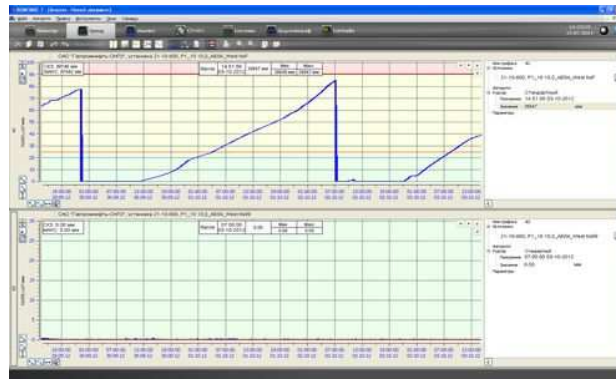
В режиме «ТРЕНД» отображаются тренды количества импульсов, накопленной энергии импульсов, температуры и скорости ее изменения, линейного расширения и скорости его изменения, локальной деформации и температуры в месте локальной деформации.

Тренды локальной деформации в различных точках позволяют оценить величину напряженно-деформированного состояния материала стенки сосуда или трубопровода. Тренды по температуре и линейной деформации, а также их скоростям роста характеризуют режимы эксплуатации. И, если по абсолютным значениям параметров зачастую нет превышения уровней, заданных регламентом эксплуатации сосуда или трубопровода, то градиенты контролируемых параметров довольно часто превышают заданные пороги, что свидетельствует о повышенных деструктивных нагрузках на оборудование.

Накопленная величина энергетического параметра акустико-эмиссионного сигнала является адекватным показателем правильности ведения технологического процесса – равномерные пики свидетельствуют о равномерности ведения процесса. Неравномерные пики свидетельствуют о нарушениях ведения технологического режима в отдельных циклах.



Тренды накопленного числа импульсов АЭ при появлении инородных тел в верхней части реактора установки изомеризации



Тренды накопленного числа импульсов АЭ реактора установки коксования, где система имеет циклический режим работы, определяемый циклом работы реактора

Экспертная система проводит анализ информации о текущих значениях признаков, их временных трендах и спектральных характеристиках сигналов и автоматически интерпретирует результаты анализа в термины технического состояния оборудования.

Сетевые возможности системы обеспечиваются встроенной поддержкой коммутируемых (телефонных) сетей, использующих модемы для передачи данных, и поддержкой сетевых протоколов. Имеется возможность публикации данных на встроенном Web-сервере, что обеспечивает доступ к данным системы любых пользователей, оснащенных стандартным программным обеспечением для работы в Интернет.

Технические решения, реализованные в системе, защищены патентами РФ на различные объекты интеллектуальной собственности и Свидетельствами об официальной регистрации программ для ЭВМ.

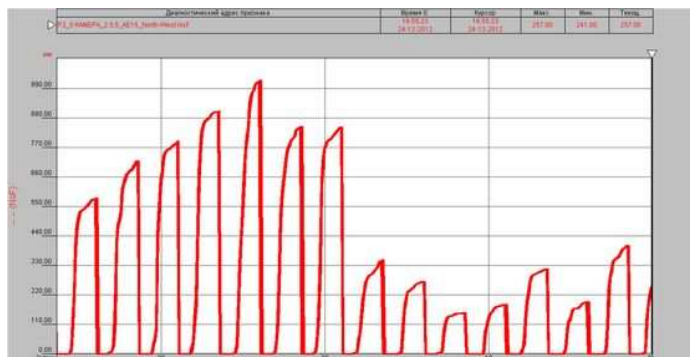
Примеры применения системы КОМПАКС®-АЭ

Комплексный мониторинг состояния коксовых камер установки замедленного коксования

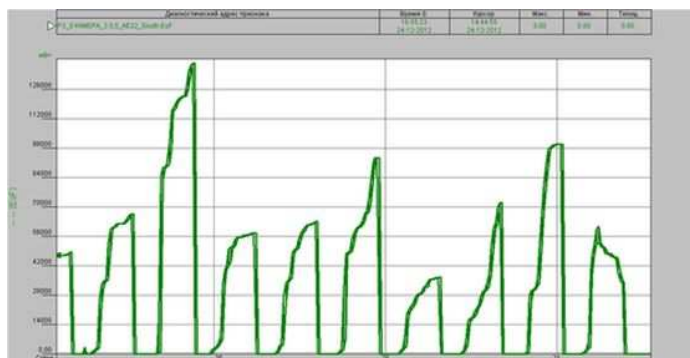
Автоматическая диагностика коксовой камеры обычно осуществляется по каналам:

- акустической эмиссии, которые осуществляют мониторинг процессов развития дефектов в рабочем режиме;
- линейных перемещений, которые обеспечивают мониторинг линейного удлинения и вектора наклона реакторов;
- деформации;
- температуры, которые показывают температурное поле стенок реактора и его градиент.

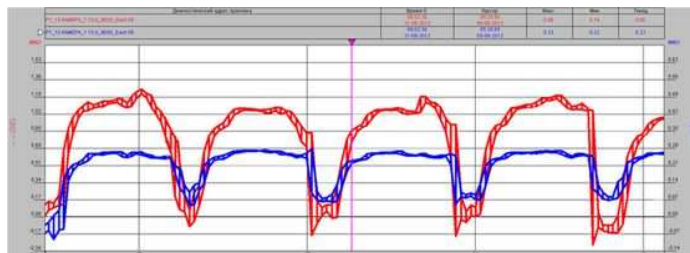
Опыт применения систем: регенераторы в составе оборудования реакторно-регенераторного блока секции каталитического крекинга, а также резервуары хранения сжиженных углеводородов.



Суммарное количество импульсов акустической эмиссии свидетельствует о неравномерности ведения технологического процесса коксования



Суммарная энергия импульсов акустической эмиссии свидетельствует о неравномерной нагруженности корпуса камеры от цикла к циклу



Локальная деформация по осям X и Y показывает изменение напряженно-деформированного состояния стенки камеры от цикла к циклу



Температура в месте измерения локальной деформации отражает изменение термонапряженности локальных участков стенки камеры

Экономический эффект от применения системы КОМПАКС®-АЭ

Анализ затрат на внедрение и эксплуатацию системы мониторинга состояния статического оборудования КОМПАКС®-АЭ на четырех коксовых камерах установки 21/10-3М показывает, что при двухгодичном цикле эксплуатации между капитальными ремонтами и нормированном простое за это время длительностью 64 суток при сокращении времени простоя на ремонте наполовину за счет проведения целенаправленных ремонтов и эксплуатации по фактическому техническому состоянию ежегодно можно получать дополнительно продукцию на сумму более 1,2 млн. долларов. При этом внедрение системы КОМПАКС®-АЭ окупается при сокращении времени простоя установки на ремонт всего лишь на три дня и позволяет в четыре раза увеличить межремонтный пробег установки.

Внедрение системы комплексного мониторинга КОМПАКС® на опасных производствах позволяет не только значительно повысить безопасность эксплуатации оборудования, но и за счет мониторинга состояния динамического оборудования (насосы, электродвигатели, компрессоры и др.) и статического оборудования (реакторы, печи, трубопроводы и др.) перейти на эксплуатацию всего оборудования технологического комплекса по фактическому техническому состоянию, что существенно **повышает его капитализацию**.

Технические характеристики

| | |
|---|------------------------|
| Соответствие вектора диагностических признаков согласно РД 03-299-99 | да, превышает |
| Диапазон частот, кГц | 80...120 |
| Диапазон амплитуд, мкВ | 35...5x10 ⁵ |
| Динамический диапазон измерения амплитуды АЭ сигнала, дБ, не менее | 80 |
| Динамический диапазон измерения энергии АЭ сигнала, дБ, не менее | 165 |
| Неравномерность АЧХ, дБ, не более | 3 |
| Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения амплитуды АЭ сигнала, дБ, не более | ± 2 |
| Диапазон измерения длительности импульса АЭ, мкс | 3...1x10 ⁶ |
| Погрешность измерения временных параметров, мкс, не более | 3 |
| Аппаратное мертвое время, мкс, не более | 20 |
| Максимальная скорость обработки импульсов АЭ на канал, с ⁻¹ , не менее | 7000 |
| Максимальная длина линий от станции диагностической до полевой сети, км, не менее | 10 |
| Класс взрывозащиты | 1ExibIIBT4 |

Технические характеристики изменяются без уведомления