



# Система комплексного коррозионного мониторинга установки первичной переработки нефти

*Анатолий Монахов, Павел Трофимов, Александр Алякритский, Сергей Елизаров*

Описываемая в статье система внедрена на установке первичной переработки нефти АВТ нефтеперерабатывающего завода ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка» и предназначена для оптимизации автоматической подачи химических реагентов, применяемых при защите оборудования установки от внутренней коррозии.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Система защиты от коррозии нефтеперерабатывающего оборудования во время его эксплуатации в основном построена на применении химико-технологических методов, таких как обессоливание и обезвоживание нефти (с применением деэмульгаторов), нейтрализация агрессивных компонентов, присутствующих в составе нефти (в нефтепродуктах), путём ввода щелочных реагентов в сырьё, а также за счёт применения водорастворимых и нефтерастворимых ингибиторов.

Как показывает мировой опыт, применяемые методы антикоррозионной защиты в нефтепереработке далеки от совершенства. Эксплуатация нефтеперерабатывающего оборудования часто сопровождается неритмичной загрузкой технологических установок, простоями в результате возникающих производственных отказов, нестабильной подачей химических реагентов и изменением состава сырья. Например, даже временное прекращение подачи химических реагентов (нейтрализатора и ингибитора) ведёт к катастрофическому росту скорости коррозии конденсатно-холодильного оборудования. Скорость коррозии металла может повышаться в сотни раз, а потеря металла за часы эквивалентна его потерям за несколько лет нормальной работы.

Методы и мероприятия по защите оборудования от коррозии разрабатываются на основе проведённых осмотров во время ППР (планово-предупре-

дительных работ), диагностических работ в рамках экспертизы промышленной безопасности и выборочных испытаний с применением образцов-свидетелей. Коррозионные повреждения фиксируются как свершившийся факт при проведении обследований на оборудовании, оставляя в области предположений причины их возникновения и условия начала коррозионной активности. Как следствие, антикоррозионные мероприятия, разрабатываемые по такой схеме, несут запоздалый характер, так как фиксируют уже произошедшие изменения и не позволяют оперативно влиять на зарождение интенсивной коррозии в результате изменения состава среды или технологических параметров.

Тем не менее, уменьшение затрат на защиту от коррозии является одной из важнейших задач при эксплуатации объектов, связанных с переработкой нефти.

Оптимизация защиты от коррозионных процессов во время эксплуатации технологического оборудования сопряжена с проблемой принятия решений.

В 80-90-е годы прошлого столетия наибольшее развитие получили автономные измерительные системы. Несмотря на гибкость монтажа и простоту запуска в эксплуатацию, такие системы выявили недостатки, связанные, прежде всего, с периодичностью съёма данных оперативного контроля и погрешностью измерений, определяемой человеческим фактором. Это приводит

ло к тому, что решения по оптимизации защиты от коррозионных процессов несли порой неточный или запоздалый характер. Самый существенный недостаток подобных систем – это отсутствие обратной связи в режиме реального времени, влияющее не только на своевременность принятия решений, но и на возможность оптимизировать подачу химических реагентов при антикоррозионных мероприятиях.

В последнее время получили развитие системы оперативного контроля и оптимизации защиты от коррозионных процессов, работающие в режиме реального времени, что существенно повлияло на достоверность получаемой информации о текущей скорости коррозии и дало возможность более точно определять причины, влияющие на протекание коррозии. При этом уменьшился неоправданный расход химических реагентов, а также реже стали отказы оборудования, что привело к увеличению его ресурса работы. Так, статистические данные по эксплуатации подобных систем показали снижение общего расхода химических реагентов, применяемых при антикоррозионных мероприятиях, на 20-45%, что по стоимости сопоставимо с общими затратами по внедрению таких систем.

Представленная система комплексного коррозионного мониторинга (ККМ) позволяет при изменении состава рабочей среды автоматически, в зависимости от показаний датчиков, регулировать подачу химических ре-

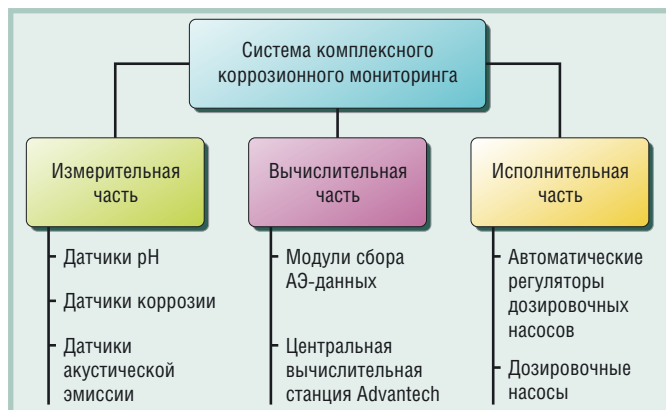


Рис. 1. Структурная схема системы комплексного коррозионного мониторинга

агентов, применяемых при защите оборудования от внутренней коррозии, а накапливаемые системой ККМ данные в любое время доступны инженеру-коррозионисту для последующего анализа и корректировки антикоррозионных мероприятий.

### Принцип функционирования системы комплексного коррозионного мониторинга

В основу системы ККМ заложен принцип непрерывного анализа данных, поступающих с датчиков коррозии, и уровня pH в режиме реального времени с последующим воздействием в автоматическом режиме на расход химических реагентов, применяемых для антикоррозионной защиты оборудования, а также накопления данных для долговременного прогнозирования коррозионного износа установки АВТ (атмосферно-вакуумная трубчатка — установка первичной переработки неф-

ти). С учётом комплексного подхода к проблеме коррозионного воздействия и его последствий в системе ККМ предусмотрены датчики акустической эмиссии (АЭ) для контроля за развивающимися дефектами (язвенная коррозия, трещины и т.д.) на коррозионно-опасных направлениях. Для

выявления корреляционной зависимости и контроля показаний датчиков коррозии (ЕР) используются купоны образцов-свидетелей, которые устанавливаются параллельно с датчиками ЕР.

Структурно система ККМ состоит из трёх основных частей: измерительной, вычислительной и исполнительной (рис. 1). Измерительная часть включает в себя датчики коррозии, датчики контроля pH, купоны и датчики АЭ. Вычислительная часть реализуется в модулях сбора АЭ-данных и центральной вычислительной станции, а исполнительная часть состоит из автоматических регуляторов дозирочных насосов, насосов и форсунок для подачи реагентов.

Функциональная схема системы ККМ для установки АВТ приведена на рис. 2.

Работу схемы можно описать следующим образом. Сигналы датчиков по токовой петле 4...20 мА или широкполосному аналоговому каналу поступают на модули управления, изме-

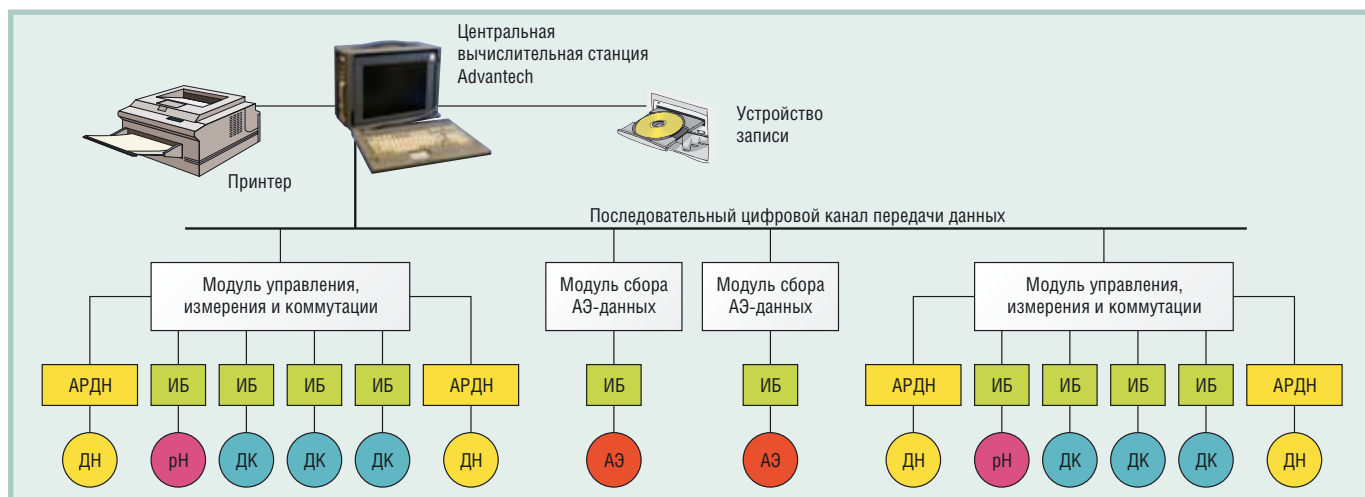
рения и коммутации или модули сбора данных, с которых после преобразования в режиме реального времени передаются на центральную вычислительную станцию по последовательному цифровому каналу. Вся поступающая информация накапливается и выводится на монитор (или принтер) в виде значений основных параметров, влияющих на протекание коррозионных процессов и динамично развивающиеся дефекты.

В зависимости от показаний датчиков программное обеспечение (ПО) системы ККМ в автоматическом режиме осуществляет регулирование подачи ингибитора (нейтрализатора) через блоки управления дозирочными насосами (ДН).

На рис. 3 представлена схема технологического процесса, отображаемая ПО системы ККМ. На схеме обозначены места установки датчиков pH, ЕР и АЭ, купонодержателей (рядом с датчиками ЕР), а также места ввода химических реагентов антикоррозионной защиты (из сосудов Е-4/1, Е-4/2 и Е-7 через насосы Н80/1, Н80/2, Н80/3 и Н33 соответственно). Схема размещения датчиков и купонодержателей была разработана на основании анализа технологического регламента установки АВТ, сложившейся на ней коррозионной ситуации, результатов аналитического контроля технологических потоков, фактического исполнения оборудования и принятой на установке схемы подачи химических реагентов.

### Аппаратные средства

Измерительная часть системы ККМ состоит из датчиков коррозии 3500НТ



Условные обозначения:

ИБ — искрозащитные барьеры; АЭ — датчики акустической эмиссии; pH — датчики pH; ДК — датчики коррозии; ДН — дозирочные насосы; АРДН — автоматические регуляторы дозирочных насосов.

Рис. 2. Функциональная схема системы комплексного коррозионного мониторинга установки АВТ

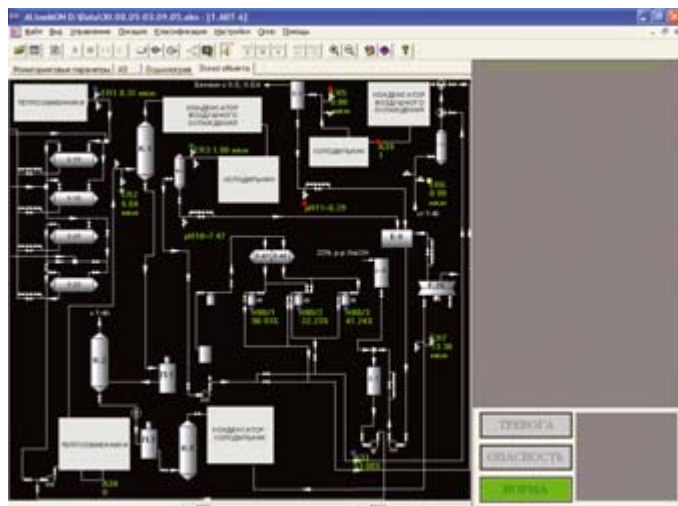


Рис. 3. Схема технологического процесса, отображаемая ПО системы ККМ



Рис. 4. Метрологический комплекс определения уровня pH

погружного типа в высокотемпературном исполнении фирмы Rohback Cosasco, метрологических комплексов EXA 202 для определения значения уровня pH компании Yokogawa Electric и преобразователей АЭ резонансного типа GT-200В фирмы «Глобалтест».

Датчики коррозии работают по принципу измерения электрического сопротивления чувствительного элемента. Сопротивление связано с геометрическими размерами элемента и увеличивается по мере его растворения. Коэффициент корреляции между изменением электрического сопротивления чувствительного элемента и скоростью коррозии определяется эмпирически с помощью образцов-свидетелей.

Для контроля значений уровня pH водной фазы технологической среды в системе ККМ используются метрологические комплексы проточного типа (рис. 4), которые работают по принципу измерения активности ионов водорода (величины pH) в водной среде.

Преобразователи АЭ в составе системы ККМ (рис. 5) служат для выявления зависимостей между коррозионной обстановкой на установке АВТ и поведением развивающихся (активных) дефектов в металле. Методом акустической эмиссии оцениваются интенсивность поступающих сигналов, их энергетические параметры и спектральные особенности.

В состав исполнительного оборудования входят дозирочные насосы плунжерного типа НПО «Диамаш» и автоматические регуляторы дозирочных насосов АРДН-3 фирмы «Цикл+».

Аппаратура регистрации данных датчиков и управления исполнитель-

ной частью системы ККМ выполнена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к устройствам автоматизации для использования на объектах нефтепереработки. В её состав входят модули управления, измерения и коммутации и модули сбора АЭ-данных фирмы «Интерюнис», двухканальные барьеры искрозащиты с гальванической развязкой серии Z компании Pepperl+Fuchs ELCON, источники питания и буферный блок Трасо Power. Для размещения и компоновки данной аппаратуры использованы шкаф для установки электрооборудования серии CONCEPTLINE (габаритные размеры 800×600×420 мм) фирмы Schroff и компоненты для монтажа фирм Vorpla и WAGO (клеммы, в том числе во взрывозащищённом исполнении, комплект заземления, рейки, скобы, держатели и т.п.). Фотография шкафа с размещённой аппаратурой регистрации данных датчиков и управления исполнительной частью системы представлена на рис. 6.

Модули управления, измерения и коммутации предназначены для измерения поступающих с датчиков аналоговых сигналов, формирования сигналов управления для внешних исполнительных устройств и переключения измерительных цепей и цепей управления. Каждый модуль управления, измерения и коммутации имеет в своём составе две платы коммутации, две двухканальные платы измерения, четыре платы управления и плату сбора и обработки данных.

Модуль сбора АЭ-данных предназначен для измерения поступающих с преобразователя АЭ широкополосных аналоговых сигналов и вычисления их параметров.



Рис. 5. Канал преобразователя АЭ

Платы измерения и управления, а также модули сбора АЭ-данных выполнены с гальванической развязкой.

Барьеры искрозащиты обеспечивают искробезопасность внешних цепей.

Источники питания формируют питающее напряжение 24 В постоянного тока для потребителей и обеспечивают гальваническую развязку от внешней сети ~220 В. Буферный блок необходим для исключения сбоев в работе модулей при кратковременных «просадках» напряжения внешней сети ~220 В.

Данная аппаратура поддерживает выполнение следующих функций:

- измерение поступающих токовых сигналов в диапазоне от 0 до 20 мА;
- формирование выходных управляющих токовых сигналов 0...20 мА;
- измерение аналоговых сигналов, поступающих с преобразователей АЭ, и вычисление их параметров;
- коммутирование измерительных и управляющих сигналов для реализации различных режимов работы.

Полученная в результате измерений и обработки информация передаётся в



Рис. 6. Размещение аппаратуры регистрации данных и управления в электротехническом шкафу

цифровом виде на центральную вычислительную станцию, где происходит общий анализ и накопление данных. Центральная вычислительная станция выполнена на базе индустриального компьютера PWS-1409TP фирмы Advantech (рис. 7). PWS-1409TP фактически является портативной переносной рабочей станцией, предназначенной для промышленного применения (алюминиевый корпус, диапазон рабочих температур от  $-8$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ), обладающей необходимыми вычислительными возможностями (эти возможности определяются процессорной платой Advantech PCA-6178 с производительностью Pentium III), имеющей 14,1" TFT ЖК-дисплей с разрешением 1028×768 точек и полноформатную клавиатуру с указательным устрой-



Рис. 7. Компьютер PWS-1409TP фирмы Advantech, используемый в качестве центральной вычислительной станции системы ККМ

вом. Выбор переносного варианта рабочей станции обусловлен требованиями заказчика, сформулированными исходя из особенностей размещения аппаратуры в операторской.

Все аппаратные средства, относящиеся к измерительной и исполнительной частям системы ККМ, которые монтируются непосредственно на установке АВТ, выполнены в соответствии с правилами взрывозащиты и имеют соответствующие сертификаты.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ПО системы ККМ, разработанное фирмой «Интерюнис», реализовано в среде Windows XP, обладает дружелюбным интерфейсом и высокой надёжностью функционирования.

На ПО системы ККМ возложены следующие задачи:

- приём и обработка информации, поступающей от аппаратной части комплекса в центральную вычислительную станцию;
- визуализация поступающей информации и результатов её анализа, отображение текущего состояния уста-

новки АВТ на дисплее центральной вычислительной станции;

- полнофункциональное управление системой ККМ, в том числе режимами работы АРДН и уровнем дозирования реагентов через дозировочные насосы;
- выдача тревожных звуковых сообщений, световой индикации и рекомендаций по действиям персонала в случае возникновения нештатных ситуаций той или иной степени опасности, автоматическая подача аварийных управляющих сигналов на технологическое оборудование.

Для решения поставленных задач ПО системы ККМ реализовано несколько информационных страниц, содержащих различные области вывода графиков и диаграмм. Основная информационная страница, приведённая на рис. 3, содержит технологическую схему установки АВТ с указанием местоположения датчиков и управляемых дозировочных насосов. В соответствующих местах схемы выводятся мгновенные показания датчиков рН, ER и АЭ, режимы работы АРДН и уровни подачи реагентов через дозировочные насосы.

В области вывода протокола фиксируются все события, имевшие место за период эксплуатации системы ККМ, тревожные сообщения, команды оператора и т.д. с указанием их точного времени. В случае возникновения нештатной ситуации той или иной степени опасности «загорается» соответствующая часть световой панели текущего статуса объекта и подаётся звуковой сигнал. Одновременно в области вывода рекомендаций персоналу установки АВТ появляется текст, соответствующий результату анализа ситуации системой принятия решений.

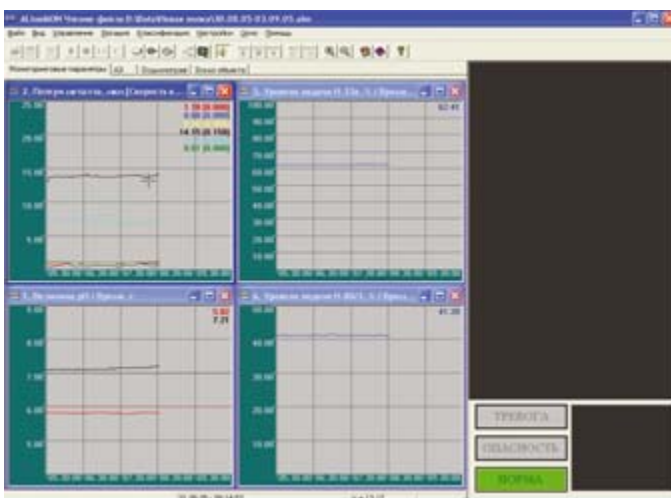


Рис. 8. Окна отображения временных трендов

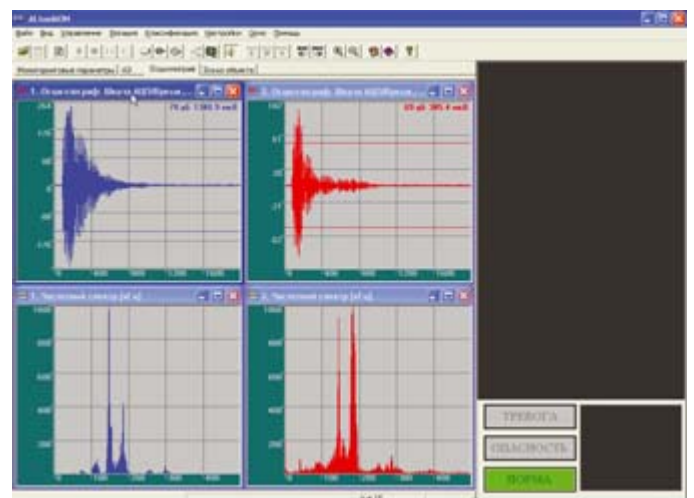


Рис. 9. Окна отображения характеристик импульсов АЭ

Для наблюдения временных трендов показаний датчиков рН, ЕR, АЭ и уровня подачи реагентов реализована система окон отображения временной информации (рис. 8). В соответствующих окнах отображаются накопленные статистические данные и детальные характеристики импульсов АЭ (рис. 9).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная в статье система КKM была разработана специалистами ООО «Кортехника» и ООО «Интерюнис» для организации мониторинга и автоматического регулирования подачи реагентов химико-технологической защиты (нейтрализатора и ингибитора) и успешно внедрена на установке первичной переработки нефти АВТ нефтеперерабатывающего завода ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка». В режиме эксплуатации установки АВТ система КKM позволила непрерывно контролировать скорость коррозии на коррозионно-опасных направлениях и, в зависимости от коррозионной агрессивности технологических потоков, в автоматическом режиме регулировать подачу химических реагентов, применяемых при антикоррозионных мероприятиях.

Далее приведены основные преимущества системы КKM.

- Автоматизированный мониторинг в режиме реального времени позволяет непрерывно получать информацию с датчиков контроля о происходящих изменениях скорости коррозии и о динамично развивающихся дефектах. Используя обратную связь, система позволяет при изменении состава среды или технологических параметров в автоматическом режиме оптимизировать подачу химических реагентов, применяемых при защите оборудования от коррозии.
- Оптимизация подачи химических реагентов приводит к существенной экономии дорогостоящих нейтрализаторов и ингибиторов, применяемых при антикоррозионных мероприятиях. Эксплуатация системы КKM в течение трёх месяцев подтвердила, что экономия нейтрализатора составляет порядка 25%, а экономия ингибитора – порядка 20%.
- Система КKM позволяет накапливать данные для выявления закономерностей и динамики разрушения металла корпусного оборудования под действием коррозии, а также проводить испытания с целью оцен-

ки экономической целесообразности и эффективности предлагаемых химических реагентов.

- Рациональная организация системы мониторинга коррозионной обстановки и управления подачей ингибитора обеспечивает достижение более чем 90-процентного уровня защиты системы и многократное снижение аварийности. По предварительным данным применение системы КKM повышает срок эксплуатации технологического оборудования в 1,5-2 раза, а также снижает экономические и экологические потери, связанные с выходом оборудования из эксплуатации.
- Разработанная система КKM имеет гибкую архитектуру построения и может быть дополнена различными датчиками контроля по ТЗ заказчика без существенных изменений и дополнительных финансовых затрат. ●

**Авторы — сотрудники  
ООО «Интерюнис»,  
телефон/факс: (495) 623-6705,  
и ООО «Кортехника»,  
телефон: (495) 928-5959,  
факс: (495) 925-6715**