

**КОРРОЗИОННЫЙ МОНИТОРИНГ: БОРЬБА С ЗАБЛУЖДЕНИЯМИ****А. Чатурведи, С. Сринивасан, Л.К. Мхитарян (Корпорация Honeywell)**

Современное производство отличается высоким уровнем сложности, и задача постоянного повышения его эффективности зачастую является нетривиальной. Одним из инструментов повышения производительности и снижения затрат является технология контроля коррозии оборудования. Современные технологии позволяют в режиме реального времени проводить мониторинг процессов как общей, так и локальной коррозии. Наличие информации о коррозии в режиме *on-line* позволяет технологическому персоналу предприятий определять корреляции между основными технологическими параметрами и коррозией оборудования и, как результат, принимать меры для подавления коррозии и минимизации ее последствий.

**Ключевые слова:** мониторинг коррозии; надежность; прогнозирование коррозии; моделирование коррозии; ингибиторы коррозии; дозирование ингибитора; локальная коррозия; точечная коррозия; анализ гармонических искажений; электрохимический шум; подавление коррозии.

**Введение**

Необходимость наращивать производительность и снижать расходы заставляет компании обращаться к новым технологиям и бизнес-практикам. Предприятия используют системы производственного планирования, переводят производства в регионы с более дешевой рабочей силой, прибегают к концепции «шести сигм» как методу эффективной реализации бизнес-функций, необходимых для достижения поставленных целей.

В области управления ТП предприятиям становится все труднее находить новые ресурсы повышения производительности и снижения расходов, поскольку сложность современных производственных и технологических процессов затрудняет поиск решений для сокращения численности персонала и снижения высоких непроизводительных расходов. Коррозионный контроль является одной из таких сложных областей. Обладая высоким потенциалом повышения производительности и сдерживания роста затрат, управление ТП медленно, но верно продвигается к использованию для контроля коррозии новых инструментов измерения, позволяющих более точно оценивать и измерять коррозию в различных средах. Столь медленная реакция, по-видимому, обусловлена засильем расхожих заблуждений, включая, например, следующие:

- замена сильно поврежденного коррозией производственного оборудования — неотъемлемая часть эксплуатационных издержек;
- реагирование на уже возникшие проблемы, обусловленные коррозией, — единственно известный и самый простой подход среди представленных на рынке.

К сожалению, для производственников коррозия является привычным следствием технологических операций и частью эксплуатационных издержек. Специалиста по борьбе с коррозией приглашают только тогда, когда возникает проблема. И после того, как проблема решена, установка продолжает функционировать более или менее так же, как и раньше, пока не возникнет очередной сбой.

Многие инженеры рассматривают коррозию как фактор «линейной амортизации», проявляющийся

в ремонтах, обслуживании и замене деталей в периоды регулярных периодических проверок. Распространено также ошибочное мнение, что скорость коррозии относительно постоянная во времени величина. На самом деле, большинство случаев коррозии возникает в короткие периоды, в которых проявляются специфические нарушения ТП вследствие непредвиденных изменений в работе процесса.

Но как инженеры узнают об этом, если они не пользуются надлежащими измерительными приборами и инструментами для оценки подобных отклонений в ходе ТП? Сейчас благодаря новым технологиям предприятия могут проводить оценку коррозионного разрушения в реальном времени, используя для этого РСУ.

**Величина издержек, обусловленных коррозией**

Основное воздействие коррозии на работу предприятия проявляется в производственных потерях, опасности для здоровья, нарушении промышленной безопасности и загрязнении окружающей среды, а также в рисках юридической ответственности. Эти затраты называют «издержками за счет коррозии».

Новейшие технологии напрямую и непосредственно связывают возникновение коррозии с условиями протекания ТП. Они также позволяют анализировать воздействие коррозии за более короткие временные интервалы и предоставляют возможности для снижения ее скорости, а также более точного учета реальных экономических последствий коррозии для деятельности предприятия.

Эти технологии позволяют осуществлять коррозионный мониторинг с использованием РСУ, при этом результаты измерения коррозии в РВ сопоставляются со значениями ключевых переменных процесса. Такой подход способствует улучшению финансово-экономических показателей.

**Что нового в технологиях коррозионного мониторинга?**

Возможность автоматизировать коррозионный мониторинг и осуществлять его в РВ ведет к повышению точности коррозионных измерений, позволяет сократить трудозатраты и снизить расходы. Важно, что информация о коррозии может быть получена

быстро, иногда в течение нескольких минут, и при этом она будет согласована с ключевыми переменными ТП.

Коррозионный мониторинг может быть легко интегрирован в РСУ, сбор данных будет автоматизирован, а полученные результаты будут отображаться вместе с другими переменными ТП. Можно определить следующие преимущества данного подхода в сравнении с традиционным:

- повышение экономичности;
- снижение объема ручного труда при выполнении ключевых операций;
- высокая степень интеграции с имеющимися системами автоматизации в плане контроля, эффективного распространения информации по различным подразделениям, упрощения документооборота (данные о коррозии, рабочие инструкции, отчеты и пр.).

**Неавтоматизированные измерения.** Отбор коррозионных образцов является основой промышленного коррозионного мониторинга > 50 лет. При этом образцы предварительно взвешиваются, распределяются по площадкам предприятия, извлекаются, исследуются, очищаются и вновь взвешиваются перед обработкой. Как результат, существенная доля трудозатрат инженерного и технического персонала, занятого контролем коррозии, уходит на выполнение ручных и часто рутинных операций, а также на обработку и анализ усредненных и нерегулярно собираемых данных. Измерения с использованием образцов трудно автоматизировать, они отличаются высокой трудоемкостью и сложностью.

Освобождение персонала от ручного сбора данных позволит ему использовать время для исследования и понимания коррозионного состояния технологической системы.

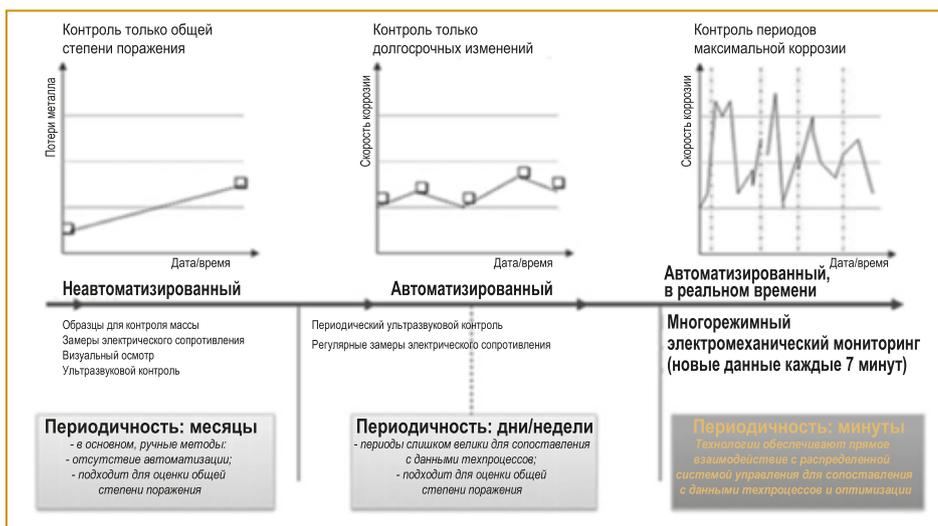
**Автоматизированные измерения.** В некоторых случаях коррозионные зонды, используемые для контроля коррозии на технологических установках и трубопроводах, подключены к регистраторам данных «по месту», которые фиксируют значения показателей коррозии с периодичностью в несколько недель или месяцев. Данный подход часто называют «оперативным мониторингом», хотя он не позволяет оперативно получать и просматривать данные и принимать соответствующие меры в РВ. Такая методика позволяет лишь задним числом оценить скорость и периоды максимальной коррозии.

Существующим методам коррозионного мониторинга свойственны большие за-

траты в расчете на точку измерения, что обусловлено, прежде всего, высокой стоимостью инфраструктуры и высокой трудоемкостью процедур. При этом ценность собираемых данных невысока, поскольку они отражают картину прошлого и анализируются спустя недели или даже месяцы после их получения. С учетом всего этого наметилась тенденция ограничивать ресурсы, выделяемые для коррозионного мониторинга, поскольку применяемые подходы чрезвычайно затратны, а ценность получаемых результатов ограничена. Вызывает также удивление, что многие предприятия прибегают к дорогостоящим усилиям, чтобы поднять эффективность и производительность на считанные проценты, но при этом не используют технологии, предлагающие им двухзначные показатели снижения затрат за счет применения коррозионного контроля, особенно, если учесть упущенную производственную прибыль.

**Автоматизированные измерения в реальном времени.** Анализ скорости коррозии и соответствующая корректировка дозировки химикатов в РВ могут обеспечить дополнительное повышение эффективности и снижение эксплуатационных расходов, а также увеличение срока службы оборудования. Эволюцию коррозионного мониторинга иллюстрирует рисунок.

Основной движущей силой такого превращения стало обеспечиваемое автоматизацией сокращение трудозатрат для сбора высоконадежных данных о коррозии. Когда сбор данных может осуществляться с большей частотой (с периодом в несколько минут), соизмеримой с частотой измерения технологических переменных, коррозионный мониторинг приобретает новую ценность. Большой объем данных обеспечивает более высокую статистическую достоверность и сокращение времени реакции на изменения, а также предоставляет более широкие возможности для понимания зависимости коррозии от контролируемых показателей ТП.



Коррозионный мониторинг: от малоэффективной ручной процедуры до автоматизированного сбора данных в РВ

Другим фактором указанной эволюции стала возможность мгновенного сопоставления данных о коррозии с данными о ТП, автоматически поступающих в РСУ. К таким переменным относятся температура, давление, расход, скорость подачи химических веществ, содержание влаги, срабатывание клапанов (открытие/закрытие), измерение уровня, а также аналитические параметры (такие, как рН, растворенный кислород и др.).

#### Датчики коррозии

В качестве примера рассмотрим многопараметрический датчик коррозии, во встроенной памяти которого реализован ряд взаимодополняющих автоматизированных электрохимических технологий. Датчик выдает данные об общей скорости коррозии, комбинируя методы линейного поляризационного сопротивления (LPR) и анализа гармонических искажений (HDA). За счет измерения электрохимического шума (ECN) датчик предоставляет также абсолютно новую информацию, связанную с локализованным характером коррозии. При объединении в автоматизированный цикл эти технологии предоставляют важные коррозионные переменные ТП:

- *скорость коррозии*, полученную по методу LPR и скорректированную на величину В (см. ниже), определяемую с помощью метода HDA,

- *коэффициент точечной коррозии*, получаемый по методам ECN и LPR и оцениваемый по 30-дневной логарифмической шкале (от общей коррозии через зону предупреждения до зоны локальной точечной коррозии).

РСУ предоставляет еще две переменные для анализа, диагностики и вмешательства в работу ТП:

- *величину В*, также именуемую постоянной Штерна-Гири, которая определяется методом анализа гармонических искажений при измерении в РВ анодного и катодного коэффициентов Тафеля. Эта величина используется для корректировки скорости коррозии по методу LPR с учетом особенностей электрохимических процессов в системе;

- *показатель механизма коррозии*, отражающий условия и тенденции пассивности в нержавеющих сплавах, замедление коррозии или образование накипи.

В дополнение к этим типам измерений в РСУ могут быть добавлены и другие автоматизированные измерения, если они необходимы для оценки надежности в системах управления активами и оценки состояния оборудования.

Сейчас описанные методы контроля и оценки коррозии в РВ стали еще более привлекательными, так как их можно легко объединить с технологиями беспроводной связи для получения прямого доступа к данным измерений с удаленных объектов. К таким методам можно отнести оценку коррозии на основе измерения электрического сопротивления, измерения толщины при помощи ультразвука, измерения

*Освободиться от заблуждения умнее,  
чем открыть истину.*

Карл Людвиг Берне

методом импульсной электроиндуктивной дефектоскопии, измерения напряжения оптоволоконного кабеля, а также вспомогательные методы, которые будут становиться доступными по мере развития сопутствующих технологий.

#### Преимущества новых антикоррозийных технологий

Интеграция технологий контроля коррозии с современными методами управления ТП открывает предприятиям новые возможности для повышения эксплуатационной эффективности и экономии затрат. Опрос персонала, занятого в процессах нефтепереработки и борьбы с коррозией, также указал на ключевые преимущества применения новых технологий:

- сокращение затрат, связанных с незапланированными остановами оборудования;

- сокращение расходов на техобслуживание (на 10%);

- улучшение работы технологических установок в результате более эффективного контроля коррозии, что может привести к увеличению производительности на 2% или потенциально обеспечить возможность обработать больше сырья более низкого качества;

- уменьшение вредного воздействия на здоровье, безопасность и окружающую среду за счет снижения незапланированных выбросов;

- улучшение показателей безопасности из-за сокращения частоты остановов оборудования;

- экономия, обусловленная оптимизацией расходов на химические материалы в результате более эффективного контроля (сокращение на 10%);

- повышение эффективности работы оператора за счет оперативной передачи данных о коррозии на консоль управления; это повышает эффективность принятия решений за счет доступа к более обширной информации и сокращения времени, затрачиваемого на устранение возникающих коррозионных проблем.

#### Дальнейшее развитие решений Honeywell по контролю коррозии

Для прогнозирования коррозии компания Honeywell разработала специализированное ПО Predict<sup>®</sup> Sour Water [1], интегрированное в среду моделирования UniSim<sup>®</sup> Design Suite, представляющую собой мощное средство для создания статических и динамических моделей ТП. Модели, построенные в среде моделирования ТП UniSim<sup>®</sup> Design Suite [2], основаны на точных физических соотношениях, описывающих аппараты и материальные потоки. Predict<sup>®</sup> Sour Water представляет собой пакет для расчета коррозионного воздействия сернистой водной среды. Он основан на данных лабораторных анализов по коррозионной стойкости многих конструкционных матери-

алов и позволяет рассматривать параметры коррозии в качестве переменных модели, созданной в UniSim® Design Suite. Такие модели могут использоваться для определения коррозионного воздействия в различных режимах работы оборудования. Необходимо отметить, что разработка и использование прогнозирующих моделей, основанных на многочисленных лабораторных исследованиях в сочетании с актуальными практическими данными и опытом — это перспективный, но непростой подход, так как каждая связанная с коррозией проблема уникальна.

Контроль коррозии в РВ дает значительные преимущества по сравнению со старыми методами неавтоматизированного контроля и помогает персоналу завода работать с коррозией как с еще одной переменной ТП. Однако перед отраслью все еще стоит ряд сложных задач, среди них — выбор критических точек контроля коррозии, что необходимо для любой программы контроля коррозии. Для определения этих мест традиционно используются практический опыт и отраслевые нормы, хотя эти методы могут быть как слишком консервативными, так и слишком агрессивными. В обоих случаях имеется высокая вероятность выбора неправильных точек, что увеличивает риск возникновения неполадок и внезапных непредвиденных ситуаций. Прогнозирующие модели помогают определить критические точки контроля коррозии путем имитации разных типов коррозионного поведения.

#### Выводы

Коррозионное поведение в технологических средах определяется рядом факторов, которые могут изменяться с течением времени и вызывать события,

провоцирующие возникновение коррозии. Большие интервалы контроля, характерные для подхода с использованием инспекций и ручных измерений, лишают оператора возможности соотнести данные по коррозии с эксплуатационными показателями и параметрами ТП, существенно затрудняя контроль коррозии.

Для повышения производительности коррозионный контроль должен стать частью обязанностей каждого работника подобно контролю качества или безопасности. В то же время специалист по борьбе с коррозией может осуществлять оперативную целевую поддержку в случае возникновения сложных ситуаций. Кроме того, посредством использования разнообразных прогнозирующих моделей могут быть отобраны наиболее подходящие и важные точки проведения коррозионного мониторинга, что позволит извлечь дополнительные преимущества из капиталовложений в коррозионный мониторинг.

Внедрение надлежащих и обеспечивающих требуемую оперативность средств оценки коррозии позволит химико-технологическим предприятиям лучше управлять производственными процессами и процедурами предотвращения коррозии, свести к минимуму нарушения, вызванные коррозией, и максимально повысить работоспособность ключевых производственных активов.

#### Список литературы

1. Honeywell Solutions for Corrosion as a Process Variable. Analytical Instrumentation. 2005. <http://www.lesman.com>.
2. Мхитарян Л., Бродкоб М., Росс М., Сластенов И.В. UniSim Design — эффективный подход к моделированию жизненного цикла ТП // Автоматизация в промышленности. 2015. №7.

*Амитабх Чатурведи — бизнес-менеджер подразделения Honeywell Corrosion Solutions в регионе Европа, Ближний Восток, Африка,*

*Сридхар Сринивасан — руководитель международного подразделения Honeywell Corrosion Solutions,*

*Мхитарян Лусине Кареновна — канд. юр. наук, руководитель группы продаж высокотехнологичных решений по России и странам СНГ корпорации Honeywell. Контактный телефон (903)120-03-04.*

#### Интуитивное управление наливными операциями

Многопоточный контроллер Honeywell Enraf Fusion4 предлагает метрологически аттестованный коммерческий учет нефтепродуктов при наливке и огромный набор опций, обладает самым простым и понятным интерфейсом оператора из существующих на мировом рынке. Он контролирует до 24 расходомеров, его большой цветной дисплей 8" WVGA, клавиатура и пиктограммный интерфейс обеспечивают интуитивно понятный мониторинг и управление. Идентификация водителей, ввод данных о цистерне, составление



составления расписания отгрузок, информация о рецептах по каждой партии и транзакции — вот далеко не полный перечень функций, которые легко настроить и осуществлять через этот контроллер. Быстрая наладка, мастер калибровок, панели диагностики и обновление ПО без вывода из эксплуатации. Масштабируемость, модульность конструкции обеспечивает расширение числа вх/вых, а большой выбор протоколов и сетевых

интерфейсов связи — простоту и минимальные затраты на интеграцию в систему управления.