



Фото 1

50 ПРОБЛЕМА ЛОКАЛЬНОЙ КОРРОЗИИ ТРУБОПРОВОДОВ и ее влияние на целостность трубопроводов

И. С. Сивоконь,
менеджер по управлению целостностью,
департамент проектов и инфраструктуры, ОАО «ТНК-ВР Менеджмент»

В настоящей работе представлена важность серьезного отношения к проблеме локальной коррозии при эксплуатации трубопроводов.

Показан несколько нетрадиционный подход к мероприятиям по управлению целостностью трубопроводов, основанный на оценке полноты информации о техническом состоянии трубопроводов.

Аналогичное представление может быть распространено и на другие объекты.

Необходимо дальнейшее развитие системы управления целостностью, особенно в таких областях, как:

- материаловедение, старение материалов;
- взаимодействие объекта с персоналом, социальный фактор, т. е. объект по мере старения перестает соответствовать на-

выкам обслуживающего персонала, обученного в условиях другого, более современного технического окружения;

- влияние корпоративной культуры, экономики на эксплуатацию объектов (трубопроводов) и системы принятия решений о ремонте, ликвидации или замене;
- система стандартизации и государственного регулирования;
- прочее...

Результатом могут служить рекомендации по совершенствованию мероприятий по продлению срока эксплуатации трубопроводов: ремонту, диагностированию, ингибированию, прогнозированию и расчету условий эксплуатации.

1. ВВЕДЕНИЕ

Управление целостностью трубопроводов (равно как и любых других производственных и непроизводственных объектов) – новое направление деятельности, активно развиваемое в течение последних 10 лет в основном крупными нефтяными компаниями, такими как Royal Dutch Shell, BP, Exxon-Mobil и т. п.

В настоящей статье будут обсуждаться вопросы влияния локальной коррозии на целостность нефтегазопромысловых трубопроводов (далее – трубопроводы).

Для начала следует обсудить представление об управлении целостностью (УЦ) трубопроводов применительно к нефтегазодобывающим компаниям.

УЦ как совокупность стратегии, организационных и технических мероприятий разрабатывается и реализуется в целях повышения ценности компании и соответствия требованиям в РФ к промышленной безопасности трубопроводов.

Стратегия УЦ устанавливает требования к срокам эксплуатации, предельной аварийности, конструктивному исполнению и эксплуатации трубопроводов.

Управление целостностью трубопроводов обеспечивает решение следующих основных задач:

1. выполнение основной деятельности компаний, связанной с добычей и транспортировкой углеводородов (нефти и газа), в соответствии с требованиями промышленной и экологической безопасности;
2. транспортировку продукции скважин, функционирование системы поддержания пластового давления, утилизации попутного природного газа, межпромысловые коммуникации при помощи трубопроводного транспорта;
3. безотказное (в рамках заданных технических пределов) функционирование трубопроводов на протяжении всего срока эксплуатации активов;
4. непрерывную работу трубопроводной сети с минимальными потерями на простой по причине технического обслуживания и ремонта.

Управление целостностью трубопроводов проводится путем реализации девяти направлений деятельности

компании в области строительства и эксплуатации трубопроводов:

№ п/п	Направление деятельности
1	Информационные базы данных по всем участкам трубопроводов, учет рабочих условий.
2	Расчет рисков, связанных с эксплуатацией трубопроводов и их ранжирование.
3	Техническое обслуживание, направленное на поддержание проектной пропускной способности трубопроводов.
4	Мероприятия по борьбе с коррозией.
5	Проектные и изыскательские работы, учет требований поддержания целостности в течение всего срока эксплуатации.
6	Техническое диагностирование, мониторинг коррозии и других развивающихся процессов деградации трубопроводов.
7	Экономическая оценка текущего состояния и планирование работ.
8	Управление изменениями.
9	Ответственность и компетентность персонала.

2. ЛОКАЛЬНАЯ КОРРОЗИЯ

Природа коррозионных процессов, вызванных присутствием в коррозионной среде O_2 , CO_2 и H_2S , предусматривает наличие многих форм проявления, в т. ч. и в виде локальной коррозии. Локальная коррозия всегда связана с наличием неоднородности на поверхности корродирующего металла. Такая неоднородность может быть связана со свойствами металла (дефектами), отложением солей, осадков и т. п. на поверхности, неоднородностью потока транспортируемой жидкости в трубопроводе.

Любой эксперт сможет дополнить перечень причин, порождающих локальную коррозию.

Важно понимать, что причины появления локальной коррозии в трубопроводе есть всегда или могут быть, т. к. мы никогда не имеем 100% информации о трубопроводе и продукции, которая по нему транспортируется.

Локальная коррозия в подавляющем большинстве случаев является причиной аварий и отбраковки трубопроводов (см. фото 1–4).

Прогнозирование локальной корро-

зии и построение моделей оценки остаточного ресурса оборудования и трубопроводов, подверженных локальной коррозии, не имеет приемлемой точности.

Причинами низкой точности расчетов и моделей являются неопределенность в исходных данных для расчета и многообразие механизмов, порождающих локальную коррозию в одинаковых внешних условиях.

Наиболее достоверный прогноз, который может быть получен на современном этапе понимания коррозии и управления целостностью трубопроводов, следующий:

- Локальная коррозия существует в любом трубопроводе, в котором имеются компоненты для кислородной, углекислотной или сероводородной коррозии.
- Скорость локальной коррозии достаточна, чтобы создать проблему в самом неожиданном месте. Она всегда может быть в 10–100 раз больше, чем измеренные и рассчитанные значения общей коррозии.

Примеров, когда локальная коррозия приводила к авариям на трубопроводах, множество.



Фото 2



Фото 3



Фото 4

МЕТОДОЛОГИЯ

Всем известна, например, авария напорного нефтепровода на месторождении Prudhoe Bay в BU Alaska BP, при расследовании которой установили, что применяемая система борьбы с внутренней коррозией, методы технической диагностики, система корпоративных стандартов в области УЦ трубопроводов не обеспечили своевременного обнаружения и устранения дефекта. Тем не менее существующие методы борьбы с коррозией и методы диагностики позволяют надежно выявлять и тормозить развитие таких дефектов, из-за которых произошла данная авария, т. е. технически и организационно такая авария могла быть предотвращена.

Часто происходят аварии на трубопроводах с надежными методами защиты от коррозии. Эти аварии, как правило, происходят от локальной коррозии (самых различных механизмов), общее свойство которой непредсказуемость или ее неожиданность из-за невыполненной вовремя качественной оценки рисков и отсутствия объективной оценки эффективности принимаемых мер по защите от коррозии:

- защищали от внутренней коррозии и пренебрегли наружной;
- оценили вероятную скорость коррозии, например 0,5 мм/год, а она оказалась 5 мм/год;
- и т. п.

3. ПРОДЛЕНИЕ РЕСУРСА БЕЗАВАРИЙНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Рассмотрим лишь часть из вышеперечисленных направлений деятельности компаний по УЦ, которые непосредственно влияют на продление ресурса безаварийной эксплуатации трубопроводов.

3.1. Информация:

- информация об объекте, результаты диагностирования;
- опыт эксплуатации, модели и прогноз коррозии, история отказов;
- эффективность систем мониторинга, методов снижения коррозии, оценка достоверности диагностирования, полнота оценки риска;
- применение доступной информации.

Предположим, полная информация о трубопроводе состоит из трех базовых компонентов:

- состояние материала, из которого он сделан, в каждой точке в любой момент времени с момента начала эксплуатации;
- полная характеристика среды, транспортируемой по трубопроводу, в каждой точке в любой момент времени с момента начала эксплуатации;
- характеристика воздействия на внешнюю стенку трубопровода в каждой точке в любой момент времени с момента начала эксплуатации.

Полная информация об объекте, умение ее оценивать и реагировать на нее позволяют не допускать аварий и обеспечивать продление срока эксплуатации за счет повышения эффективности мер по защите от коррозии, эрозии и т. п.

Информационная поддержка процесса эксплуатации трубопроводов связана с направлениями работ по УЦ № 1, 2, 6, 8, 9.

3.2. Мероприятия по снижению негативного воздействия внешней и внутренней среды и мониторинг их эффективности.

Направления работ по УЦ № 4, 6

3.3. Эксплуатация объекта в заданных режимах, контроль развития нештатных ситуаций и их предотвращение.

Направления работ по УЦ № 3, 8

3.4. Умение вовремя поставить точку, принять непопулярное

решение о невозможности дальнейшей эксплуатации объекта с приемлемыми рисками.

Для принятия решения об остановке объекта необходимо руководствоваться не столько известными рисками, по которым всегда есть искушение и иллюзия о возможности управления ими, сколько потенциалом наличия и появления новых рисков, не оцененных должным образом и, следовательно, неуправляемых.

Формулировка приемлемых рисков, связанных с эксплуатацией объекта (трубопровода), – необходимое условие для построения системы борьбы с локальной коррозией трубопроводов.

Направления работ по УЦ № 7, 9

4. ПОЛНОТА ИНФОРМАЦИИ О ТРУБОПРОВОДЕ

Информация о каждом конкретном трубопроводе, который находится в эксплуатации, позволяет в принципе качественно выполнять все основные работы по УЦ. Соответственно, чем больше информации, тем более качественно могут быть выполнены работы, и при некотором критически низком уровне информации их выполнение невозможно.

Предположим, существует приемлемый уровень информации об объекте, позволяющий осуществлять его безаварийную эксплуатацию.

Процент доступной информации и способность ею адекватно пользоваться связаны со сроком эксплуатации объекта. Экономические показатели могут изменять срок в большую или меньшую сторону. Если информации нет, соответственно риски не-

Динамика изменения информации об объекте при различных сценариях

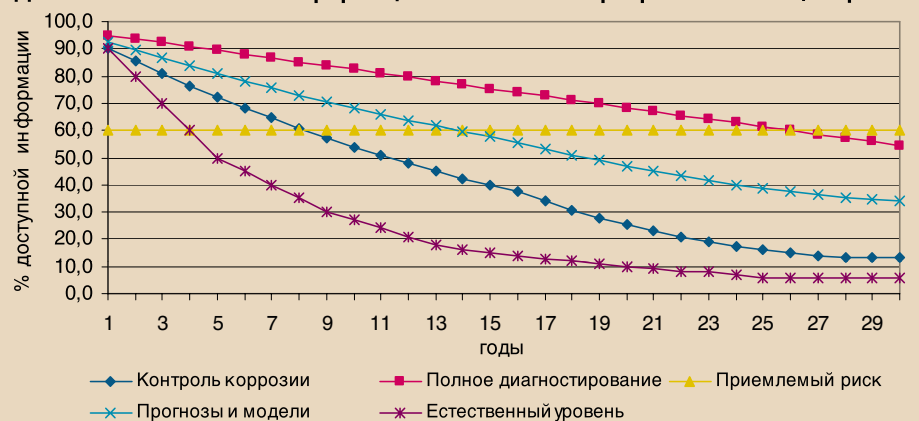


Рисунок 1

Динамика изменения информации при типичной эксплуатации трубопровода

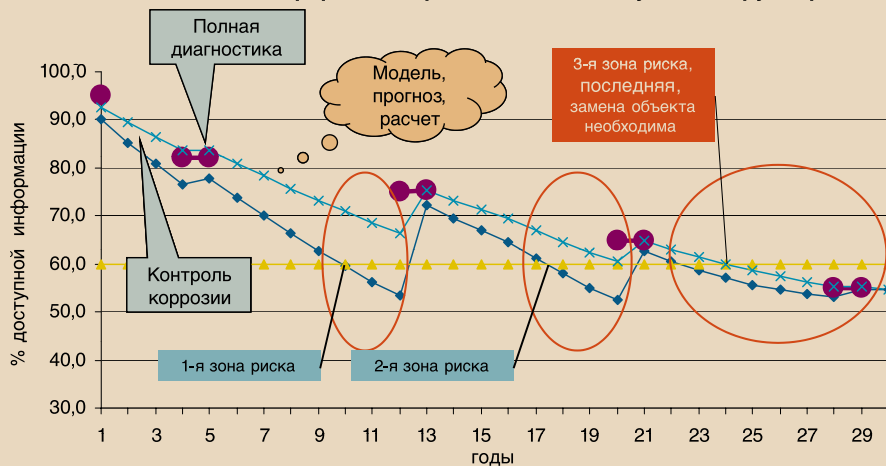


Рисунок 2

определены, мероприятия по ремонту невозможны и дальнейшая эксплуатация трубопровода возможна только до его отказа (аварии). Но это уже не относится к области безаварийной эксплуатации.

Наиболее полной информацией о трубопроводе мы располагаем в момент окончания его строительства. По мере старения, эксплуатации, процессов деградации и т. п. процент доступной информации уменьшается.

Мероприятия по диагностированию, борьбе с коррозией, анализу статистики и моделированию, проводимые на каждом этапе эксплуатации, повышают информированность по сравнению с естественным уровнем, если бы все эти мероприятия не выполнялись (см. рис. 1):

- Постоянное диагностирование объекта всеми доступными способами увеличивает информированность об объекте и, как следствие, увеличивается его ресурс (при условии выполнения необходимых ремонтных работ и обслуживания).
- Отсутствие или наличие мероприятий по борьбе с коррозией изменяет наш уровень информированности об объекте. При наличии контроля внешней и внутренней коррозии имеется уверенность, что на значительной части стенки трубопровода коррозия не превышает измеренной или заданной скорости. Всегда есть локальная коррозия, нами неконтролируемая, но область ее развития уменьшается. Управление коррозией увеличивает ресурс.
- Прогнозирование, моделирование процессов, связанных с эксплуатацией объекта (трубопровода), существенно увеличивают ресурс, особенно если применяются вместе с

контролем коррозии или диагностированием.

5. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ТРУБОПРОВОДА

С точки зрения владения информацией об объекте жизненный цикл трубопровода можно представить как график, на котором борются две противоположные силы (см. рис. 2):

- сила разрушения (трубопровод деградирует из-за внешних воздействий и агрессивной транспортируемой жидкости или газа);
- внешние силы поддержания (ремонт, тех. обслуживание, борьба с коррозией, диагностика, расчеты, анализ статистики и моделирование).

Ключевые факторы для продления жизненного цикла объекта (трубопровода).

5.1. Диагностика и ремонт по ее результатам.

Ограничения:

- а) диагностирование дает фактическое состояние объекта на определенный момент времени, поэтому оно тем эффективнее, чем лучше наши модели, расчеты, прогнозы;
- б) ликвидация дефектов по результатам диагностики может быть дороже, чем замена трубопровода целиком;
- в) чем более старый трубопровод, тем больше неопределенности в том, какие дефекты необходимо искать (например, мех. свойства материала, наличие водорода и т. п.), а, следовательно, со временем информативность диагностирования снижается.

Рекомендации

Результатом диагностирования (кро-

ме стандартных существующих отчетов) должен быть отчет:

- о возможных участках трубопровода, где измерения не проводились или имеют высокую погрешность;
- об оценке минимальных скоростей локальной коррозии, которые могут привести к аварии;
- о важной информации о трубопроводе, которая отсутствует или устарела.
- об эффективности применяемых мероприятий по борьбе с коррозией, обеспечению пропускной способности; ремонта и систем обеспечения безопасной эксплуатации трубопровода.

Диагностирование должно включать экспертизу и анализ произошедших изменений:

- технологических режимов эксплуатации трубопровода;
- условий внешней и внутренней среды и анализ связанных с этим рисков;
- управления эксплуатацией, обслуживания и ремонта.

Диагностирование трубопроводов без пропуска интеллектуальных поршней возможно путем обеспечения наружного доступа к поверхности трубы на репрезентативной выборке участков или применения экспресс-методов (магнитометрии, длинноволновой УЗ дефектоскопии). Роль расчетов и прогнозов в данном случае существенно возрастает.

5.2. Контроль коррозии.

Борьба с коррозией позволяет строить более достоверные модели, прогнозы, снижает количество дефектов для ремонта.

Ограничения

Никогда управление коррозией не дает оснований полагать, что она не превышает заданной величины или не приводит к появлению новых рисков (например, к изменению свойств металла при катодной защите).

Рекомендации

Методы борьбы с коррозией и коррозионного мониторинга должны предусматривать предотвращение локальной коррозии.

Например, ингибиторная защита трубопроводов:

а) лабораторные тесты:

- должны включать оценку эффективности ингибиторов при повышенной

МЕТОДОЛОГИЯ

фоновой скорости коррозии, с наведенным анодным потенциалом с наличием механического воздействия на корродирующую поверхность;

- предусматривать измерения характеристик среды и дозирования ингибитора, таких, какие можно измерять на реальных системах (температура, концентрация ингибитора, скорость потока на поверхности металла, наличие фаз в жидкости и контактирующих с поверхностью и т. п.);

б) технология:

- свойства ингибитора и технология его применения должны обеспечивать доступ его в достаточном количестве к защищаемой поверхности металла.

Важно понимать под поверхностью не стенку трубопровода вообще, а наиболее вероятные места возникновения локальной коррозии. На практике контролируется и обеспечивается доступ ингибитора к образцам-свидетелям или датчикам коррозии.

в) коррозионный мониторинг.

Существующая система мониторинга оценивает защитное действие инги-

биторов и фоновую скорость коррозии для датчиков и образцов-свидетелей, установленных в трубопроводах.

Методы измерения доступности ингибитора для защищаемой поверхности металла разработаны слабо и применяются редко.

Остаточное содержание ингибитора в водной фазе может служить одним из таких показателей, но точность его определения недостаточна, отсутствует общепринятая методика определения минимальной концентрации ингибитора, при которой обеспечивается требуемая эффективность (защитный эффект или остаточная скорость коррозии).

Общепризнано, что большинство современных ингибиторов коррозии относится к пленочному типу. Однако нет систем контроля формирования, поддержания и разрушения защитной пленки.

Всем известно наличие эффекта последствия для пленочных ингибиторов, все применяют пробковые обработки для формирования защитной пленки, но не существует общепризнанных методик расчета технологии периоди-

ческих обработок трубопроводов.

5.3. Прогноз, расчет, модель.

Ограничения

Большая погрешность и необходимость практического подтверждения на эксплуатируемом объекте (трубопроводе).

Рекомендации:

а) моделирование, анализ статистики, опыта эксплуатации, расчет текущих параметров эксплуатации объектов – одни из наиболее дешевых способов увеличения знаний об эксплуатируемом объекте;

б) моделирование и прогноз – обязательные элементы системы эксплуатации объектов;

в) моделирование и прогноз не могут служить обоснованием отсутствия локальной коррозии;

г) моделирование и прогноз дают основания для продления эксплуатации трубопровода только при наличии данных диагностирования, коррозионного мониторинга и анализа опыта эксплуатации аналогичных объектов.

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

21-23 мая 2008

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ

Санкт-Петербург, Большой пр. В. О., 103
Выставочный комплекс ЛЕНЭКСПО
телефон +7 812 321 2631, 321 2722
www.corrosion.lenexpo.ru

ЛАКИ, КРАСКИ И ПОКРЫТИЯ

ПЕТЕРБУРГСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ФОРУМ

ЛЕНЭКСПО С.-Петербург

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА