

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБСЛЕДОВАНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ БЕЗ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Житенёв В.В. Стрижков С.А. Шемякин В.В.

Современные технологии обследования резервуаров вертикальных стальных (РВС) для хранения нефти и нефтепродуктов предназначены для решения задач по оценке технического состояния и определения остаточного ресурса РВС без вывода из эксплуатации. Вовремя и правильно проведенное техническое обследование РВС и своевременное устранение дефектов позволит избежать ситуаций, подобных изображенной на рис. 1, где приведен случай катастрофического разрушения РВС из-за пропущенного при обследовании годом ранее коррозионного повреждения в районе уторного уголка.



Рис. 1. Схлопывание резервуара из-за образовавшегося вакуума после быстрого истечения продукта через зону коррозионного повреждения в районе уторного уголка.

Широко применяемые в настоящее время методики обследования резервуаров, изложенные в РД-08-95-95 и РД 153-112-017-97 предполагают применение традиционных методов неразрушающего контроля, таких как: визуально-инструментальный, радиографический, ультразвуковой с применением ручных дефектоскопов. С применением этих методов решается задача измерения толщины стенок резервуара в отдельных точках и контроля сварных соединений. При этом без вывода резервуара из эксплуатации остаётся не обследованным днище резервуара. Также не решена задача 100% контроля сварных швов и стенок резервуара. Для повышения эффективности технического обследования резервуаров дополнительно к традиционным методам контроля предлагается применение метода акустической эмиссии для контроля стенок и днища резервуаров и автоматизированного ультразвукового сканирования для сплошной толщинометрии стенок и сварных соединений.

С применением этих методов для технического обследования резервуаров без вывода из эксплуатации, может быть применена схема включающая в себя следующие этапы:

- анализ эксплуатационно-технической документации резервуара;
- визуально-измерительный контроль сварных соединений и основного металла;
- геодезическое обследование;
- толщинометрия стенки, кровли, краек днища, приемно-распределительных патрубков (ПРП);
- ультразвуковой (УЗ) контроль вертикальных и горизонтальных сварных швов;
- акустико-эмиссионный (АЭ) контроль стенки;
- акустико-эмиссионный контроль днища;
- расчет остаточного ресурса резервуара.

На первом этапе технического обследования РВС проводится анализ эксплуатационно-технической документации каждого резервуара. Эта документация должна иметь комплектность согласно СНиП 3.03.01-87 и ПБ 03-381-00. Изучаются паспортные данные резервуара, конструктивные особенности и технологии изготовления, монтажа, ремонта или реконструкции, проводится анализ условий эксплуатации. В процессе анализа определяются наиболее нагруженные, работающие в наиболее тяжелых и сложных условиях элементы резервуара. Определяются участки металлоконструкций, требующие повышенного внимания при проведении АЭ контроля.

Визуально-измерительный контроль основного металла и сварных соединений конструкций резервуара проводится согласно РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю». Контролируемая зона сварного соединения при визуальном контроле должна включать весь объем металла шва, а также примыкающие к нему участки основного металла в обе стороны от шва шириной не менее номинальной толщины стенки.

При внешнем осмотре резервуара обязательной проверке подлежат:

- состояние основного металла стенки, кровли, краев днища;
- местные деформации, вмятины, выпучины;
- размещение патрубков на стенке резервуара по отношению к вертикальным и горизонтальным сварным соединениям;
- состояние сварных соединений элементов резервуара.

Выявляемые при визуально-измерительном контроле дефекты могут во многом определить условия дальнейшей эксплуатации РВС (рис. 2).

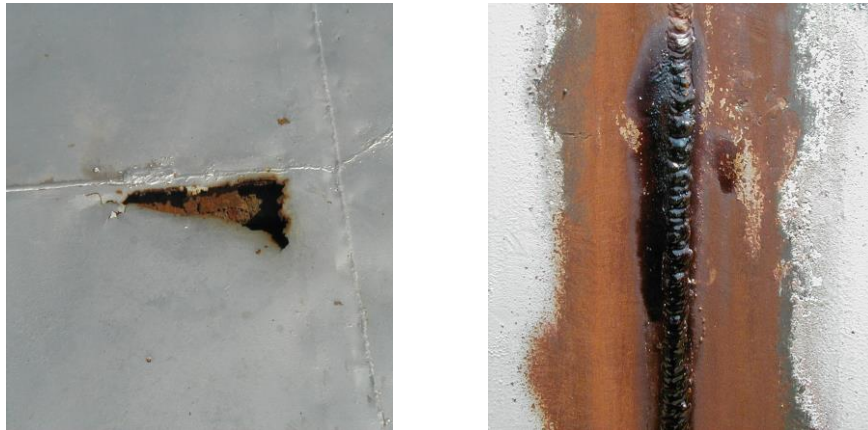


Рис.2. Обнаруженные при визуально-измерительном контроле сквозное коррозионное повреждение кровли (слева) и отпотина в вертикальном монтажном сварном шве (справа).

Геодезическое обследование резервуаров включает в себя:

- нивелирование наружного контура днища и обвалования резервуара;
- нивелирование фундамента задвижек приемно-распределительных патрубков (ПРП) и шахтной лестницы;
- измерение отклонений от вертикали образующих стенки резервуара.

По результатам геодезических измерений резервуара проводится расчет объема каре и уровня разлившегося нефтепродукта. Необходимо показать, что при аварийной ситуации с резервуаром разлившийся продукт заполнит внутренний объем каре резервуара или группы резервуаров и не выйдет за его пределы, т.е. обвалование резервуара удовлетворяет требованиям СНиП 2.11.03-93. В противном случае, необходимо восстановить внешнее обвалование РВС до требуемого размера.

Для ручного определения толщины металла элементов металлоконструкций резервуара применяют ультразвуковые толщиномеры, позволяющие измерять толщину в интервале 0,2÷50,0 мм с точностью не ниже 0,1 мм. Согласно требований РД-08-95-95 толщина поясов стенки и кровли резервуара измеряется на отдельных листах в нескольких точках (не менее трех). При этом за действительную толщину листа принимается средняя арифметическая величина от суммы всех измерений, а за действительную толщину данного пояса стенки или кровли резервуара принимается минимальная толщина отдельного листа. Для выявления коррозионных повреждений нижней части листов первого пояса стенки резервуара иногда дополнительно проводится толщинометрия зон длиной 0,5 м (левый

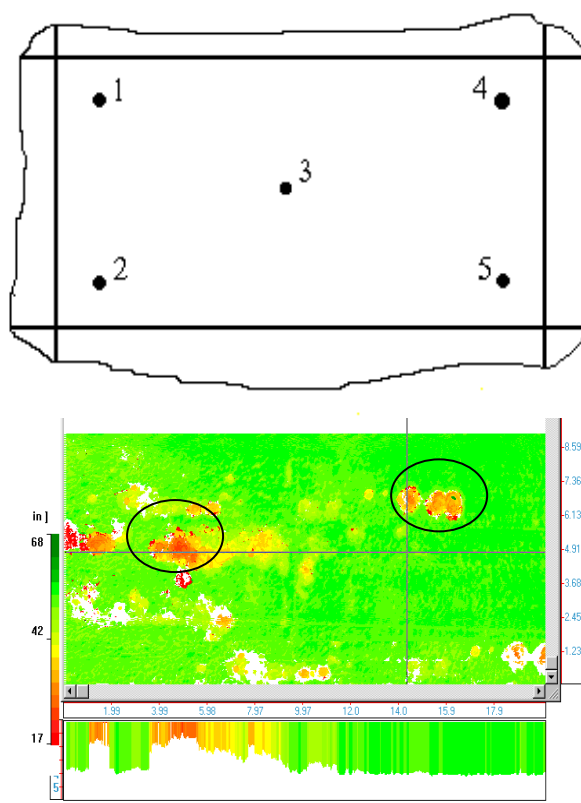
край, середина, правый край листа) и высотой 0,2 м от утора в области примыкания стенки к днищу резервуара.

Ручная толщинометрия стенки и УЗ контроль сварных швов резервуара требует организации доступа к местам замеров, например, сооружения лесов, а также необходимости зачистки контролируемой поверхности. В результате толщинометрия и УЗК в целом требуют значительного времени и усилий. Очевидно также, что при использовании для толщинометрии ограниченного числа точек оценка толщины стенки и кровли РВС в целом может привести к пропуску значительных коррозионных повреждений.

Реальный выход из этого положения заключается в использовании автоматического ультразвукового сканирования. На рис. 3. приведён пример сплошной толщинометрии листа первого пояса резервуара с применением автоматического ультразвукового сканера LSI фирмы "Physical Acoustics Corporation" (PAC). Вверху этого рисунка показаны точки в которых были бы проведены измерения при традиционном подходе. На карте распределения толщины стенки листа, полученной при автоматизированном сканировании, выделены участки недопустимой потери металла в результате коррозии. Как видно при традиционном подходе эти участки не были бы выявлены

Рис. 3. Карты распределения толщины, полученные в результате ультразвукового сканирования стенки резервуара с использованием сканера с выделенными участками коррозионных повреждений. Внизу показаны точки замеров толщины при традиционном подходе.

Автоматический ультразвуковой сканер может быть использован как для проведения расширенного измерения толщины стенки, так и для ультразвуковой дефектоскопии вертикальных и горизонтальных сварных швов резервуара. Необходимо отметить следующие преимущества автоматического сканера:



- автоматическое перемещение как в вертикальном, так и горизонтальном направлениях;
- контактное вещество – вода;
- не надо зачищать контролируемую поверхность;
- отображение В и С сканов в реальном времени;
- запись на диск (документирование, база данных);
- не требуется возведение лесов;
- небольшие сроки проведения работ.

В результате ультразвукового сканирования стенки и сварных швов резервуара с использованием специального программного обеспечения формируются карты распределения толщины и

расположения дефектов УЗК, которые позволяют определить листы с наибольшей потерей металла от коррозии и классифицировать обнаруженные УЗК дефекты.

Для выполнения АЭ контроля резервуаров должна быть использована многоканальная АЭ система, отвечающая требованиям РД 03-299-99 "Требования к акустико-эмиссионной аппаратуре, используемой для контроля опасных производственных объектов". При обследовании резервуара АЭ контроль стенки и днища производится поэтапно в соответствии с разработанными процедурами контроля. Контроль стенки производится в соответствии с технологией MONPAC или ПБ 03-593-03, контроль днища производится в соответствии с технологией TANKPAC.

Целью АЭ контроля стенки резервуара является выявление наиболее опасных, развивающихся и склонных к развитию (проявляющихся в процессе изменения нагрузки) дефектов, определение их местоположения и оценка степени их опасности. АЭ контролю подвергаются три нижних пояса резервуара, к числу дефектов, выявляемых при АЭ контроле стенки, относятся АЭ активные трещины, расслоения, закаты, коррозионное растрескивание, шлаковые включения. К преимуществам АЭ контроля следует отнести необходимость только локального доступа к стенке резервуара для установки преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ) и возможность контроля всего объема материала стенки РВС, охваченного ПАЭ.

АЭ контроль стенки резервуара выполняется в процессе наполнения резервуара продуктом до уровня, превышающего на 5% максимальный уровень наполнения резервуара за последние 12 месяцев эксплуатации. При использовании технологии MONPAC с помощью компьютерной программы осуществляется автоматическая классификация по степени опасности обнаруженных АЭ источников, выдаются рекомендации по проведению дополнительного неразрушающего контроля и ремонта стенки РВС, но при этом требуется примерно в два раза больше установленных на стенке резервуара ПАЭ. Количественные характеристики обнаруженных опасных дефектов такие, как размеры, ориентация и т.д. определяются при помощи других методов неразрушающего контроля (ВИК, УЗД, рентгенография, капиллярный метод и пр.). Пример локации сигналов АЭ на стенке резервуара представлен на рис 4.

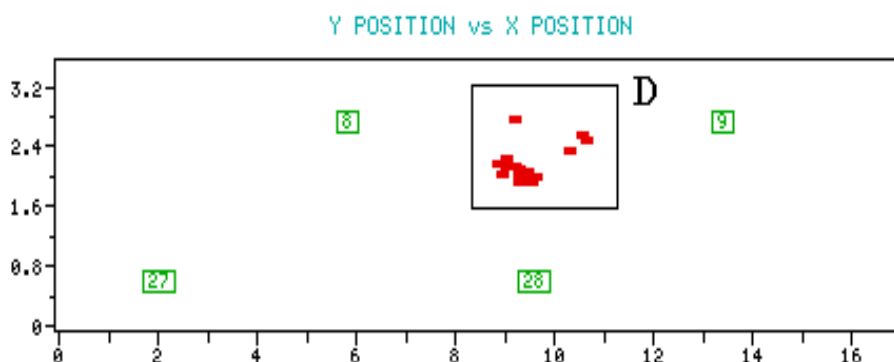


Рис.4. Пример локации сигналов АЭ на стенке резервуара.

В задачу АЭ контроля днища резервуара входит оценка общего коррозионного состояния днища, определение местоположения участков, подвергшихся наиболее сильной коррозии и выявление протечек через несплошности.

Оценка коррозионного состояния днища резервуара проводится на основании регистрации и анализа АЭ сигналов, источниками которых являются процессы появления и разрушения продуктов коррозии и утечек продукта через несплошности в днище при постоянном уровне продукта РВС, составляющем не менее 50% от максимального. К числу достоинств технологии TANKPAK необходимо отнести:

- небольшое число приемников, установленных по периметру на высоте ~ 1 м;
- регистрация АЭ сигналов от локальных разломов продукта коррозии и шумов протечки;
- градация степени активности коррозии с использованием большой базы данных;
- получение информации для определения очередности и сроков проведения ремонта.

Обработка АЭ данных, полученных при контроле днища резервуара, ставит своей целью поиск наиболее часто встречающихся на днище резервуаров типов дефектов:

- протечек;
- коррозионных участков.

В соответствии с критериями методики TANKPAC, заложенными в программное обеспечение АЭ системы, для каждого из двух возможных типов слоцированных дефектов определяется категория оценки состояния материала и выдаются рекомендации по дальнейшей эксплуатации резервуара.

Днищу резервуара присваивается категория, свидетельствующая о наличии активной коррозии в днище, а также выдаются рекомендации по дальнейшей эксплуатации днища резервуара:

- категория А - очень слабая коррозия, состояние днища хорошее, внутреннего обследования не требуется, рекомендуется провести АЭ контроль днища через 5 лет;
- категория В - малая коррозия, состояние удовлетворительное, внутреннего обследования не требуется, рекомендуется провести повторный АЭ контроль днища через 4 года;
- категория С - средняя коррозия, состояние днища неудовлетворительное, необходимо вывести резервуар для внутреннего обследования или провести повторный АЭ контроль днища через 2 года;
- категория D – сильная коррозия, состояние днища плохое, рекомендуется в течение года вывести резервуар из эксплуатации и провести внутренне обследование или провести повторный АЭ контроль днища через 1 год;
- категория Е - очень сильная коррозия, состояние днища очень плохое, рекомендуется немедленно вывести резервуар из эксплуатации для внутреннего обследования и ремонта.

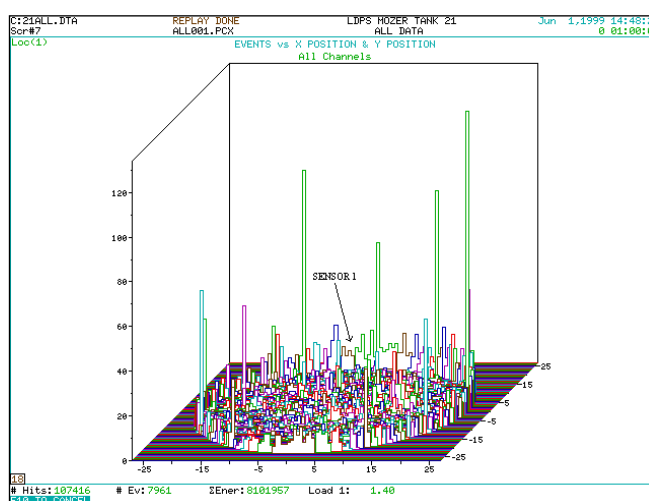


Рис.5. Пример распределения сигналов АЭ для днища резервуара категории D.

По результатам АЭ диагностики резервуаров можно отметить следующие преимущества этого метода:

1. Высокая производительность, т.е. обследование резервуара занимает всего несколько дней;
2. Обследуется весь резервуар (днище и стенки);
3. Со 100% вероятностью выявляются неповреждённые резервуары, не требующие ремонта;
4. Резервуары классифицируются по степени повреждённости, что позволяет проводить ремонт по факту состояния резервуара;
5. Выявляются наиболее опасные дефекты, склонные к развитию.

Для расчета остаточного ресурса резервуара разработана специальная компьютерная программа «РВС-расчет», которая включает в себя:

- расчет минимальной расчетной толщины стенки в каждом расчетном поясе;
- расчет минимальной толщины стенки для условий гидравлических испытаний;
- поверочный расчет на прочность для каждого пояса стенки;
- расчет стенки резервуара на устойчивость;
- расчет максимальной высоты разлива нефтепродуктов;
- расчет остаточного ресурса стенки с учетом коррозии;
- расчет остаточного ресурса стенки до образования макротрещин;
- расчет остаточного ресурса до образования лавинообразной трещины.

Прогнозирование остаточного ресурса РВС осуществляется путем статистической обработки результатов измерений фактических толщин конструкции стенки, днища, покрытия и последующего расчета остаточного ресурса по каждому конструктивному элементу отдельно.

Все производимые в программе расчеты основаны на действующих нормативных документах, в частности, РД 153-112-017-97 «Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров».

По результатам технического обследования резервуара выдается заключение, которое содержит выводы и рекомендации по дальнейшей эксплуатации резервуара с указанием срока следующего освидетельствования:

- продолжение эксплуатации РВС на установленных параметрах;
- продолжение эксплуатации РВС с ограничением параметров;
- ремонт РВС;
- вывод РВС из эксплуатации.

На основании изложенных материалов можно сделать вывод, что применение современных технологий технического обследования резервуаров, таких как ультразвуковое сканирование, акустико-эмиссионные технологии контроля стенок и днища резервуаров MONPAC и TANKPAC, в сочетании с традиционными методами неразрушающего контроля повышают эффективность обследования.

Проведённое в таком объёме обследование резервуаров полностью соответствует Правилам проведения экспертизы промышленной безопасности (ПБ 03-246-98), утвержденным постановлением Госгортехнадзора России от 06 ноября 1998г. №64, зарегистрированным Минюстом России 08 декабря 1998 г., регистрационный №1656.