

Резервуар как средство измерений

В статье рассматривается один из видов таких объектов — **резервуар РВС**, и на основе анализа его метрологических характеристик на протяжении жизненного цикла оценивается правомерность применения его как **средство измерений**.

До введения метрической системы мер бочкой измеряли буквально все. Возьмем к примеру известный кулинарный рецепт: ложка дегтя на бочку меда. Или сорок бочек арестантов. А для обозначения бесконечно большой величины применялась бездонная бочка. В Древней Греции бочка являлась единицей жилой площади. На Руси бочка служила мерой необузданного пьянства ("Дядя мой пивал, как бочка"). Бочкой пользовались при взаимных расчетах: "Деньги на бочку!" ...

Можно ли считать резервуар РВС средством измерений?

Д.А. Каковкин, С.Д. Мащенко, П.С. Мащенко

(Статья была опубликована в журнале "Законодательная и прикладная метрология" №4/2006)

Достоверность измерений массы перемещаемого груза при отгрузке от отправителя, транспортировании, хранении и передаче получателю в пункте назначения напрямую влияет на результаты финансовой деятельности предприятий-участников процесса, включая грузоперевозчика.

В составе технологических комплексов участников всегда имеется оборудование, используемое в процедурах измерений массы жидких углеводородов. Как правило, метрологическая функция для таких объектов является параллельной, сопутствует основной функции технологического назначения (например, хранению или перевозке).

Учитывая двойное функциональное назначение резервуара, как устройства для безопасного хранения нефти, нефтепродуктов и как средства измерений объема хранящейся в нем жидкости, анализ проводится, соответственно, по двум направлениям.

Жизненный цикл РВС

Как известно, жизненный цикл технического устройства представляет собой период от проектирования и создания до момента невозможности использования по назначению, списания, демонтажа и утилизации. Стадии консервации, демонтажа и утилизации в данном случае нет необходимости рассматривать.

Проектирование - на этой стадии проектировщик, используя нормативную базу (СНиП, ПБ, РД, результаты научно-исследовательских работ, специальные расчеты) обеспечивает соответствие технического устройства функциональному назначению при заданных условиях эксплуатации, разрабатывает программу испытаний на подтверждение соблюдения проектных решений.

Изготовление и монтаж - на этой стадии при осуществлении авторского надзора проектировщиком обеспечивается полное соответствие объекта принятым проектным решениям.

Испытания и ввод в эксплуатацию – на этой стадии также при осуществлении авторского надзора проектировщика, а для опасных объектов - технического надзора, обеспечивается подтверждение соответствия элементов и конструкции объекта проектным требованиям, нормам промышленной безопасности, показателям назначения и дается разрешение на эксплуатацию.

Эксплуатация - на этой стадии для поддержания надежности и безопасности осуществляются контроль состояния объекта и компенсация деградиационных процессов, возникающих в результате эксплуатационных воздействий на объект.

Согласно терминологии ГОСТ 27.002 "Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения" техническое состояние объекта классифицируется по следующим видам:

Исправное состояние – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно – технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неисправное состояние – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Работоспособное состояние – техническое состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Работоспособным может быть признан объект, имеющий отклонения за рамки проектных параметров, при условии, что прочность, надежность несущих конструкций при данных режимах эксплуатации обеспечиваются.

Неработоспособное состояние – техническое состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Имеет место, если при проведении диагностирования выявлен хотя бы один параметр технического

состояния, при котором критерии надежности при заданных условиях эксплуатации не выполняются.

Критическое состояние – техническое состояние, которое характеризуется как опасное при дальнейшей эксплуатации для жизни и здоровья людей или приводящее к нежелательным экологическим последствиям, к значительному материальному ущербу из-за возможности перехода конструкции в предельное состояние.

Предельное состояние – состояние объекта, при котором либо его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Жизненный цикл средства измерений

Жизненный цикл средства измерений (СИ) аналогичен вышеприведенному, но имеет некоторые отличия, определяемые самим понятием СИ.

Согласно терминологии по РМГ 29-99 "Метрология. Термины и определения":

Средство измерений - техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Приведенное определение вскрывает суть средства измерений, заключающуюся во-пер-вых, в способности хранить (или воспроизводить) единицу физической величины; во-вторых, в неизменности размера хранимой единицы. Эти важнейшие факторы и обуславливают возможность выполнения измерения (сопоставление с единицей), т.е. "делают" техническое средство средством измерений. Если размер единицы в процессе измерений изменяется более чем установлено нормами, таким средством нельзя получить результат с требуемой точностью. Это означает, что измерять можно лишь тогда, когда техническое средство, предназначенное для этой цели, может хранить (во времени) единицу, достаточно неизменную по размеру.

Метрологические нормы и правила предусматривают для средств измерений особенности и дополнительные требования на всех стадиях жизненного цикла.

В перечне нормативных документов по метрологии существует документ ПР 50.2.002-94 "Правила осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических норм и правил".

На стадии проектирования проектировщик должен принять подтвержденные расчетами проектные решения, обеспечивающие стабильность во времени параметров СИ, обуславливающих возможность воспроизводить и хранить единицу величины в течение установленного проектировщиком периода времени с установленной погрешностью. Должны быть определены и условия, при которых эта способность СИ сохраняется. В связи с этим в метрологии введено понятие метрологической характеристики (МХ) СИ, т.е. одного из свойств СИ, влияющего на результат и погрешность измерений. Для каждого типа средств измерений устанавливают свои метрологические характеристики.

В жизненном цикле СИ очень важным моментом является процедура регистрации в Государственном реестре средств измерений, для чего необходима программа испытаний средства измерений (Тпр), которая разрабатывается при проектировании СИ, а также сами испытания для целей утверждения типа.

На стадии изготовления обеспечивается соответствие объекта проектным параметрам — МХ.

На стадии испытаний подтверждается тип средства измерений и его МХ. Следует отметить, что нередко для подтверждения МХ и приемки СИ приходится многократно проверять вновь изготовленные СИ в различных независимых друг от друга инстанциях (например, эталоны сталей и сплавов).

На стадии эксплуатации СИ подвергаются периодической поверке, т.е. установлению пригодности средства измерений к применению посредством экспериментального подтверждения соответствия фактических МХ установленным обязательным требованиям (т.е. производится оценка погрешности). МХ контролируется при проверке СИ на соответствие установленным нормам (см. п.1.1. ГОСТ 8.009-84 "Нормируемые метрологические характеристики средств измерений"). Следовательно, при поверке должна подтверждаться стабильность параметров МХ во время межповерочного интервала. Обязательным атрибутом МХ является величина допустимой погрешности измерений.

При поверке используют эталон. Поверку проводят в соответствии с обязательными требованиями, установленными нормативными документами по поверке.

Для оценки функциональной пригодности СИ к применению (надежности, работоспособности) в метрологии приняты свои понятия:

Метрологическая неисправность средства измерений - состояние средства измерений, при котором его МХ не соответствуют установленным требованиям;

Метрологическая надежность средства измерений - надежность средства измерений в части сохранения его метрологической исправности;

Метрологический отказ средства измерений - выход МХ средства измерений за установленные пределы.

Таким образом, объекты двойного функционального назначения могут перестать быть средством измерений при сохранении работоспособности как техническое устройство.

Жизненный цикл резервуара

1. Стадии проектирования, изготовления, монтажа, испытаний и сдачи в эксплуатацию

Резервуар проектируется, монтируется и испытывается согласно нормам и правилам, оговоренным в:

§ СНиП 3.03.01-87 "Несущие и ограждающие конструкции";

§ СНиП 11-18-75 "Металлические конструкции. Правила производства и приема работ";

§ СНиП II 23-81 "Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Строительные конструкции";

§ ПБ 03-605-05 "Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов";

§ ВСН311-89 "Монтаж стальных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов объемом от 100 до 2000 м³".

Ни в одном из этих документов резервуар не рассматривается как средство измерения объема. Никаких специальных проектных решений по стабилизации формы конструкции в течение срока эксплуатации не предусматривается. Метрологические характеристики на стадии проектирования и испытаний не назначаются. Разработка Программы испытаний для утверждения типа средства измерений не предусматривается и, соответственно, не определяются требования к метрологическим характеристикам.

2. Стадия эксплуатации

Резервуар на этой стадии обслуживается согласно РД 153-39.4-078-01 "Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов".

Для подтверждения способности функционирования как технического устройства резервуар подвергается освидетельствованию и диагностированию согласно нормативным документам:

§ РД 08-95-95 "Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов";

§ РД 39-30-1284-85 "Руководство по обследованию и дефектоскопии стальных вертикальных резервуаров";

§ РД 09-102-95 "Методические указания по определению остаточного ресурса потенциально опасных объектов, поднадзорных Госгортехнадзору России (Ростехнадзору РФ)";

§ РД 153-112-017-97 "Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров".

В комплексе этих документов определены допустимые и недопустимые значения параметров конструкции резервуара, необходимые для оценки состояния его работоспособности, степени деградации и принятия решений о необходимости компенсационных мероприятий и возможности дальнейшей эксплуатации в качестве хранилища жидких сред. Однако, ни один из указанных документов не рассматривает резервуар как средство измерений и не предлагает методов количественной оценки деформаций конструкции и изменения МХ в условиях эксплуатации.

Как резервуар подвергается периодической "поверке" в процессе эксплуатации?

Процедура "поверки" определена единственным документом ГОСТ 8.570-2004 "Резервуары стальные вертикальные. Методика поверки". Согласно ему межповерочный интервал устанавливается не реже одного раза в пять лет.

Единственной предлагаемой нормативной метрологической характеристикой резервуара как средства измерений вместимости определена градуировочная таблица вместимости (зависимость вместимости от уровня жидкости по высоте резервуара) с декларируемой инструментальной составляющей погрешности измерения вместимости равной для резервуаров номинальной вместимостью от 5 000 м³ до 50000 м³ – 0,1 %.

Градуировочную таблицу можно получать двумя методами:

- объемным, когда зависимость вместимости от уровня жидкости определяют при последовательном, дозированном заполнении РВС;
- геометрическим, когда градуировочная таблица рассчитывается по результатам обмеров резервуара (длине окружности первого пояса, отклонения по вертикали образующих, толщин стенок по поясам) по специальной программе.

Процедуры поверки в сравнении с эталоном не предусмотрены.

Таким образом, применяемый подход определения МХ РВС не обеспечивает контроль за качеством "хранения" и воспроизведения единицы измерения, не дает возможности определения стабильности и изменения погрешности в процессе эксплуатации.

Практически, на каждый межповерочный период создается новая метрологическая характеристика РВС с неизвестной погрешностью. В ГОСТе отсутствует модель расчета и оценки погрешности. Поскольку нет сравнения с эталоном, определить состояние средства измерения невозможно. Критериев определения межповерочного интервала нет.

Отсутствие программы испытаний резервуара для целей утверждения типа СИ вызывает вопросы:

1. Каким образом СИ – резервуар обеспечивает выполнение положений Закона РФ "Об обеспечении единства измерений" и нормативов законодательной метрологии?
2. Каким образом резервуар РВС зарегистрирован в Государственном реестре СИ?
3. Есть ли необходимость сохранять статус резервуара как "меры вместимости"?
4. Является ли процедура нормированная ГОСТ 8.570-2000 "поверкой" или это "калибровка" при применении объемного метода, и "градуировка", при применении геометрического метода?

Технические особенности конструкции резервуара РВС

Конструкция резервуара является оболочковой (толщина стенки меньше диаметра более чем в 100 раз). Легкодеформируемые оболочковые конструкции не могут обеспечить стабильность геометрических параметров в течение срока эксплуатации, а также являются геометрически нестабильными под воздействием различных внешних факторов.

В процессе эксплуатации при наполнении и опорожнении резервуар и его фундамент испытывают статические и переменные (малоцикловые) нагрузки. В местах концентрации напряжения в элементах РВС достигают предела пластичности и вызывают соответствующие деформации. Осадка и поводки фундамента также вызывают изменения формы и размеров РВС. Для вновь изготовленных РВС характерна деформация на начальном этапе эксплуатации из-за релаксации сварочных напряжений.

Обычно, если деформации не превышают допустимых по критериям устойчивости, то продолжается дальнейшая эксплуатация резервуара при неопределенном изменении его МХ.

Таким образом, конструкция резервуара по эксплуатационному поведению не является стабильной, подвержена накоплению пластических деформаций и изменению МХ. Необратимые изменения формы и размеров конструкции не учитываются моделью упругих деформаций, заложенной в основу Гост 8.570-2000.

Отсутствие математической модели расчета погрешности МХ, отсутствие процедуры поверки с эталоном не позволяют определить достоверность результатов измерения вместимости части резервуара, занятой жидкостью.

Наличие только одной метрологической характеристики (градуировочной таблицы) явно недостаточно для того, чтобы контролировать стабильность геометрии конструкции в процессе срока службы СИ.

Таким образом, резервуар РВС не может быть признан средством измерения вместимости де-юре, с точки зрения формальной метрологии, и де-факто, из-за наличия упругих и пластических деформаций, не учтенных при проектировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации.

Известно, что в спорных ситуациях, при сравнении результатов измерений массы нефти и нефтепродуктов, получаемых различными методами и средствами измерений, арбитражными признаются результаты, полученные с применением резервуара.

Во многих случаях, внедрение современных СИ и систем измерения массы жидкости на потоке сдерживается по этой причине.

Проблема достаточно серьезная и требует решения на уровне Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.