

УДК 620.194

ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ В РАСЧЕТАХ КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Б.Р.Исмаилов, О.Л.Олейников, С.В.Печёрская
ЮКГУ им. М.Ауезова, г.Шымкент

Современные концепции управления коррозионными рисками основываются на комплексном подходе к выбору материалов и методов коррозионной защиты с целью обеспечения эффективной работы оборудования, конструкций и резервуаров нефтегазодобывающего комплекса. Одним из важных направлений таких исследований является разработка методов прогнозирования долговечности элементов конструкций, подвергающихся одновременному воздействию механических нагрузок и коррозионных сред. Широкий спектр механических нагрузок предопределяет развитие методов прочностных расчетов применительно к преобладающему виду нагрузки, например, расчеты на коррозионное растрескивание при статических напряжениях (постоянной нагрузке) или при повторно-переменных, т.е. при коррозионной усталости. В свою очередь, степень агрессивности коррозионных сред и механизмы, контролируемые развитие коррозионных повреждений, привели к необходимости создания различных теорий накопления повреждений в зависимости от механизмов коррозии. В связи с вышеуказанными особенностями, задача прогнозирования долговечности оборудования является комплексной и решается на основе глубоких исследований и системного подхода, изучения отдельных узких задач. Решение таких задач требует индивидуального анализа возможности применения коррозионностойких сталей и сплавов, применения ингибиторной защиты, методов предотвращения микробиологической коррозии внутрискважинного и наземного оборудования и т.д.

Проблемы подбора резервуаров и оценки остаточного ресурса действующего парка резервуаров рассмотрены в [1]. По конструктивным особенностям резервуары подразделяются на следующие типы: а) с плавающей крышей (однодечной (ПК), двудечной (ДПК)); б) со стационарной крышей без понтона (СК); в) со стационарной крышей и понтоном (СКП). Также резервуары подразделяются по степени опасности: I-класс сверхопасные резервуары объемом свыше 50000м³; II-класс- особо опасные резервуары объемом от 20000м³ до 50000м³; III-класс- резервуары повышенной опасности объемом от 1000м³ до 20000м³; IV-класс- опасные резервуары объемом менее 1000м³. Установлено, что условия работы резервуара зависят, прежде всего, от вида продукта, условий хранения и от эксплуатационных характеристик. Рекомендуемые условия применения резервуаров различных типов приведены в [1].

Условия эксплуатации регламентируются в [2], в котором оговариваются следующие условия стальных вертикальных резервуаров, предназначенных для хранения нефти и нефтепродуктов:

назначение - приём, хранение, выдача, учёт (количественный и качественный) нефти и нефтепродуктов, хранение и отстой пластовой воды и механических примесей, смешение нефти и нефтепродуктов, другие технологические процессы добычи, транспорта и хранения;

расположение резервуаров - наземное;

вид хранимых продуктов - нефть и нефтепродукты с давлением насыщенных паров не выше 93,3 кПа (700 мм рт.ст.) при температуре 20°C, пластовая вода;

плотность хранимых продуктов - до 1,015 т/м³;

максимальная температура хранимых продуктов - до 260°C (для резервуаров при температуре более 90°C следует учитывать изменения физико-механических характеристик применяемых сталей);

избыточное внутреннее давление - до 5,6 кПа (560 мм вод. ст.);

вакуум- до 0,6 кПа (60 мм вод. ст.);

сейсмичность района - до 9 баллов [2].

Все эти факторы оказывают существенное влияние на долговечность и прочность резервуаров. Например, цикличность изменения уровня топлива, более чем на 50% высоты в резервуарах, в проектах не учтена. На большинстве резервуаров (90%) она не превышает 12 циклов в год, в то же время на остальных резервуарах она достигает 550 циклов в год. Оказывает влияние и состав эксплуатируемых металлических резервуаров в зависимости от сроков эксплуатации и их единичной вместимости. Таким образом, резервуары часто работают в условиях малоциклового нагружения, являющегося следствием периодических сливов-наливов и возможных сейсмических нагрузок [3,4].

При конструировании резервуаров определяют предельные состояния конструкций: а) по несущей способности (прочность, устойчивость или выносливость материала), при достижении которой конструкция теряет способность сопротивляться внешним воздействиям или получает недопустимые остаточные изменения своей формы; б) по развитию чрезмерных деформаций от статических или циклических нагрузок, при достижении которых в конструкции, сохраняющей прочность и устойчивость, появляются недопустимые деформации.

Согласно ГОСТ 14249-89 и ГОСТ 25859-83, расчёт сосудов на прочность при числе циклов нагружения от $1 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^5$ предполагает, что размах пластической составляющей деформации за цикл связан с числом циклов до разрушения уравнением Коффина-Ленджера [5,6]. При использовании ряда допущений оно имеет вид:

$$\frac{2 \sigma_a}{E} = \Delta \varepsilon = \varepsilon_p + \varepsilon_y = AN^{-0.5} + \frac{2 \sigma_{-1}}{E}, \quad (1)$$

где E – модуль упругости материала сосуда, МПа;

$$A = \frac{E}{2} \ln \frac{100}{100 - \psi} - \text{постоянная;}$$

ψ - коэффициент сужения поперечного сечения материала конструкции;

N – допускаемое число циклов нагружения.

При коррозионном воздействии механические характеристики могут значительно отличаться от определенных в инертной среде. Для оценки влияния среды обычно используют коэффициент, учитывающий такие изменения [7]. Так, например, в водородсодержащих и сероводородных средах даже малоуглеродистые стали с низким содержанием фосфора проявляют значительную склонность к коррозионному растрескиванию, индуцируемому водородом. Низкая способность водорода к рекомбинации в таких сталях приводит к высокой концентрации атомарного водорода и проявлению водородного растрескивания.

Склонность к коррозионному растрескиванию проявляется в снижении соотношения относительного сужения площади поперечного сечения ψ_c при испытаниях в среде к значению относительного сужения образца на воздухе при той же температуре ψ_a :

$$K_\psi = \frac{\psi_c}{\psi_a} \quad (2)$$

При этом не вполне учитывается охрупчивание материала и изменение характеристик прочности, проявляющиеся в повышении условного предела прочности. Для более точной оценки склонности к коррозионному растрескиванию при одновременном изменении прочности и пластичности, на наш взгляд, наиболее подходящими является коэффициент, определяемый по формуле:

$$K_{cp} = \frac{1 + \psi_a}{1 + \psi_{cp}} \cdot \frac{\sigma_a}{\sigma_{cp}}, \quad (3)$$

где ψ_{cp} и ψ_a – относительные сужения поперечного сечения в среде и на воздухе; σ_{cp} и σ_a – предел прочности в среде и на воздухе соответственно. В случае оценки малоциклового усталости в коррозионных средах по уравнениям типа (1) для оценки снижения деформационных свойств предлагается использовать коэффициент, содержащий только деформационные критерии:

$$K_{cp} = \frac{1 + \psi_a}{1 + \psi_{cp}} \cdot \frac{\varepsilon_a}{\varepsilon_{cp}}, \quad (4)$$

где ε_{cp} и ε_a – относительное удлинение испытываемых образцов в среде и на воздухе.

Литература

- 1 Печерский В.Н., Аринова Д.Б., Сералиев Г.Е., Олейников О.Л. Воздействие вредных примесей в составе нефти на металл трубопроводов и емкостей // Труды международной научно-практической конференции "Наука и образование на современном этапе". В 4-томах. Том 1. – Шымкент: ЮКГИ им. М.Сапарбаева, 2005.- С. 127-130.
- 2 СН РК 3.05-24-2004. Инструкция по проектированию, изготовлению и монтажу вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. –Астана, 2004.- 85 с.
- 3 Рекомендации по ремонту и безопасной эксплуатации металлических и железобетонных резервуаров для хранения мазута / РД 34.23.601-96.-М.:ЕЭС России, 1996.
- 4 Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81) ЦНИИСК им. Кучеренко. - М.: Стройиздат, 1989. - 247 с.
- 5 Перелыгин О.А., Сабитов М.Х., Туйкин Н.М., Зайнуллин Р.Х. Оценка малоциклового прочности сосудов с локальными дефектами по упругой составляющей деформации цикла // Безопасность труда в промышленности. -2003.-№8.-С.30-31.
- 6 Перелыгин О.А., Анисимов М.К., Зайнуллин Р.Х. и др. Расчёт малоциклового прочности сосудов с учётом моделирования локального дефекта // Безопасность труда в промышленности. -2003.-№9.- С.25-27.
- 7 Айнабеков А.И., Печёрский В.Н., Петрова С.Н. Сопротивление корпусных сталей развитию повреждений малоциклового усталости //Механика и моделирование процессов технологии.-2002.-№ 2.- С.133-137.

Қорытынды

Мақалада тот басу орталарының және механикалық жүктемелердің болаттардың беріктігіне әсерін бағалау қарастырылған. Өртүрлі қондырғылардың эксплуатация кезінде болаттардың механикалық қасиеттерін төмендетуін ескеретін коэффициенттері келтірілген. Бұл коэффициенттер болаттардың деформациялық қасиеттерін төмендеуін және тотбасудан пайда болатын жарықшаланылуын ескереді.

Summary

In article are discussed questions of the estimation of the influence corrosion ambiances and mechanical loads on toughness of steel. The Offered factors for account of the reduction mechanical characteristic steel in process of the usages of the equipment and design. The factors take into account the reduction characteristics of deformation and susceptibility to corrosion cracking.