

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ АВТОКЛАВНОГО ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ТРУБ, ИСПОЛЗУЮЩИХСЯ В СКВАЖИНАХ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

Юдин П.Е., ассистент

*Самарский государственный технический университет*

*Разработана и опробована методика анализа полимерных антикоррозионных покрытий для определения стойкости к взрывной декомпрессии, стойкости к коррозии и стойкости к реальным эксплуатационным средам.*

В настоящий момент времени ведется активная разработка отечественного стандарта на внутренние антикоррозионные полимерные покрытия насосно-компрессорных, нефтепромысловых и бурильных труб. Неотъемлемой частью данного нормативного документа является раздел, касающийся оценки качества покрытий. В качестве моделирования коррозионно-опасных воздействий предложено использовать автоклав, который позволяет проводить испытания при высоких давлениях и температурах, а также в средах с различными концентрациями коррозионно-активных газов. На основании проделанной нами работы был подготовлен обзор, с которым можно будет ознакомиться в 4 номере журнала Трубопроводный транспорт: теория и практика. Также нами был предложены методики проведения автоклавных испытаний [1,2], которые дополняют представленные в нормативной документации ( API 5L2-2002 «Практические рекомендации для внутренних покрытий линейных газопроводов, транспортирующих не коррозионно-агрессивные газы»; API 5L7-88 «Практические рекомендации для внутренних порошковых полимерных покрытий без праймера линейных трубопроводов»; NACE TM 0185-2006 «Оценка коррозионных свойств внутренних антикоррозионных полимерных покрытий труб с помощью автоклавного теста»; 09-SAMSS-091 «Квалификационные требования к внутренним эпоксидным покрытиям, наносимым в заводских условиях») и позволяют достоверно оценивать качество внутренних антикоррозионных покрытий. Однако все описанные позволяют производить оценку коррозионной стойкости полимерных покрытий только для добывающих скважин и нефтесборных коллекторов. Остается не затронутым целый пласт трубопроводов, а именно трубопроводы поддержания пластового давления (ППД).

К трубопроводам системы поддержания пластового давления относятся: нагнетательные линии (трубопровод от ВРБ до устья скважины); водоводы низкого давления (давление до 2 МПа); водоводы высокого давления (в водоводах высокого давления нагнетание воды осуществляется насосными агрегатами); внутриводоносные водоводы (водоводы площадочных объектов). Транспортируемой продукцией трубопроводов является агрессивная смесь вод, содержащая: механические примеси, серу, кальцит и другие вещества [3]. Отличительной особенностью данных трубопроводов в отличие от нефтесборных с точки зрения механизма коррозионного разрушения является наличие в транспортируемом флюиде растворенного кислорода, который с одной стороны может приводить к термоокислительной деструкции полимерной основы, а с другой стороны за счет достаточно сильно диффузионной подвижности и реакционной способности к образованию на границе металл-покрытие продуктов коррозии: оксидов и гидрооксидов железа.

Для моделирования сред ППД нами разработана специальная методика проведения автоклавного теста.

*Область применения:* настоящая методика разработана для определения стойкости антикоррозионных покрытий нефтепроводных труб к взрывной декомпрессии, стойкости к

коррозии и стойкости к реальным эксплуатационным средам. Данная методика описывает последовательность работ для определения стойкости нефтегазопроводных труб с антикоррозионными покрытиями различных типов в лабораторном автоклаве. Данный метод заключается в выдержке образцов, изготовленных из труб с антикоррозионными покрытиями, в течение заданного времени, в среде определенного состава с заданными температурой, давлением и парциальными давлениями различных газов. Критерием оценки является изменение адгезии, наличие или отсутствие вздутий, изменение температур стеклования, деструкции и теплоты полимеризации, а также других параметров, позволяющих определить изменение свойств покрытия.

*Используемые средства измерения и вспомогательное оборудование:*

- лабораторный автоклав (Патент на полезную модель № 130878);
- манометр с диапазоном измерения 0-20 МПа (ГОСТ 2405-88);
- пропорционально-интегральный регулятор, с возможностью контроля температуры, внесенный в Государственный реестр средств измерений;

- термометр сопротивления 50 М (ГОСТ 8.624-2006);

- баллоны газовые малого или среднего объема (ГОСТ 949-73);

Допускается использование других типов средств измерений, посуды и вспомогательного оборудования, в том числе импортных, с характеристиками не хуже, чем у выше приведенных.

*Реактивы и материалы:*

- хлорид натрия, ГОСТ 4233, х.ч.;

- жидкость для обезжиривания поверхности (ацетон, растворитель и т.д.)

- вода дистиллированная, ГОСТ 6709;

- азот технический (ГОСТ 9293-74), двуокись углерода (ГОСТ 8050-85), газовая смесь O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub> (ТУ-9Г4-463-004, ТУ3645-043-05785477-01 либо аналогичные);

- гидрокарбонат натрия х.ч. (ГОСТ 2156-76);

- поверочные газовые смеси с заданной концентрацией газов, изготовленные в соответствии с ГОСТ 8.315-97.

Допускается использование реактивов, изготовленных по другой нормативно-технической документации, в том числе импортных, с характеристиками не хуже, чем указанные в НТД.

Емкости и другая испытательная аппаратура должны быть стойкими к воздействию испытательной среды (в том числе к воздействию сероводорода и углекислого газа), не влиять на результаты испытаний и выдерживать максимальное давление и температуру с запасом прочности не менее 1.5. Устройство нагрева испытательной среды должно поддерживать температуру с точностью  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  в течение всего времени проведения испытаний.

*Подготовка образцов.* Для испытаний берутся фрагменты труб с антикоррозионным покрытием. Образцы для испытаний должны вырезаться в удалении не менее 10 мм от участка трубы, незащищенного покрытием. Образец представляет собой фрагмент трубы размерами 150 мм в длину (вдоль оси трубы) и 50 мм по длине сектора трубы. Заготовки для образцов вырезаются механическим способом. Фаску по краям не снимают, заусенцы убирают металлической щеткой либо надфилем, при этом не должно повреждаться покрытие. Не допускается испытывать образцы с заметными дефектами поверхности или случайными повреждениями (следами от ударов и т.п.). Каждый образец должен быть маркирован на наружной поверхности. Маркировка не должна смываться за время испытаний. Наружную часть образца и торцы покрывают антикоррозионным составом инертным по отношению к испытательной среде и с заведомо высокими коррозионными свойствами, обеспечивающими барьерную защиту неокрашенной поверхности на всем периоде испытаний. Допускается применение эпоксидного клея ЭДП (ТУ 2385-090-07510508-2008) либо аналогов с толщиной нанесенного слоя не менее 2,0 мм. Перед испытаниями образец должен быть обезжирен спиртом.

*Процедура.* Определение стойкости к взрывной декомпрессии: испытательные образцы помещают в лабораторный автоклав, после чего он продувается газообразным азотом не менее 5 минут до полного вытеснения из реактора воздуха, после чего вентиль подачи газа перекрывается. Автоклав при помощи рубашки обогрева нагревается до заданной температуры испытаний. Автоклав заполняется углекислым газом до отметки 5 МПа по манометру, после чего вентиль подачи газа перекрывается, а давление из подающей магистрали сбрасывается через нейтрализатор. Лабораторный автоклав при помощи помпы заполняется раствором 3% масс. NaCl в дистиллированной воде до отметки на манометре 10 МПа. После чего перекрываются подающий вентиль, остатки электролита сбрасываются через вентиль на нагнетающей помпе. После достижения в автоклаве требуемой температуры, начинается отсчет времени – 3 часа. После завершения выдержки осуществляется сброс давления через полностью открытый вентиль сброса (через нейтрализатор), чтобы обеспечить скорость сброса давления не менее 2 МПа/с. Автоклав охлаждают до комнатной температуры, после чего производится выемка образцов.

Определение коррозионной стойкости покрытий в лабораторном автоклаве: испытательные образцы помещают в лабораторный автоклав, после чего он продувается газообразным азотом не менее 5 минут до полного вытеснения из реактора воздуха, после чего вентиль подачи газа перекрывается. Автоклав при помощи рубашки обогрева нагревается до заданной температуры испытаний. Лабораторный автоклав до половины заполняется раствором 3% масс. NaCl в дистиллированной воде, таким образом, чтобы образцы на половину длины оказались погруженными в жидкость, а на половину оставались в газовой шапке. Далее подается газовая фаза необходимого состава и давления: на первом этапе подается газовая смесь следующего состава 20% O<sub>2</sub> + 80% N<sub>2</sub> до давления 5 МПа; затем подается газ CO<sub>2</sub> до отметки на манометре 6 МПа; после чего подается газ N<sub>2</sub> до отметки на манометре 10 МПа. В результате получается газовая смесь со следующими парциальными давлениями газов: O<sub>2</sub> – 1 МПа; CO<sub>2</sub> – 1 МПа; N<sub>2</sub> – 8 МПа. После достижения в реакторе автоклава температуры эксплуатации начинается отсчет времени. Время испытания составляет 14 суток. После завершения выдержки Автоклав охлаждают до комнатной температуры, после чего осуществляется сброс давления через вентиль сброса (через нейтрализатор), что бы исключить декомпрессионное воздействие необходимо обеспечить скорость сброса давления не более 0,04 МПа/с. (2.5 МПа/час).

После каждого испытания необходимо производить ревизию уплотняющих элементов и проверку герметичности реактора испытательного автоклава.

*Оценка результатов.* После проведения экспозиции образцов в автоклаве производится оценка внешнего вида. В ходе испытаний допускается изменение цвета покрытия, однако не допускается наличие вздутий, пузырей и отслоений. Также возможно изменение толщины покрытия в пределах 20%. Не допускается снижение диэлектрической сплошности. Образцы считаются прошедшими испытания, если адгезионная прочность, определенная методом нормального отрыва уменьшилась не более чем на 50% от исходного значения.

#### Список использованных источников

1. Юдин, П.Е., Марков, Ю.М., Князева, Ж.В. Разработка нового автоклава для исследования полимерных покрытий в условиях агрессивной среды и повышенных давления и температуре / П.Е. Юдин, Ю.М. Марков, Ж.В. Князева // Трубопроводный транспорт: теория и практика. - 2015. - №4. - С. 6-7.
2. Александров, Е.В., Юдин, П.Е., Князева, Ж.В. Новая методика автоклавного теста для экспресс-анализа антикоррозионных покрытий / Е.В. Александров, П.Е. Юдин, Ж.В. Князева // Трубопроводный транспорт: теория и практика. - 2015. - №3. - С. 3-11.
3. Дашевский, А.В., Кагарманов, И.И., Зейгман Ю.В., Шамаев Г.А. Справочник инженера по добыче нефти [текст] / А.В. Дашевский, И.И. Кагарманов, Ю.В. Зейгман, Г.А. Шамаев–УГНТУ, 2002.-290с.