

УДК 543.271: 543.275.1

Анализаторы влажности АМЕТЕК

В.Р. Сатановский
(Компания Artvik)



Совершенствование технологии переработки газа, а также необходимость повышения качества товарной продукции выдвинули новые требования к анализу влажности газов в ряде важнейших многотоннажных процессов нефтепереработки, а также переработки и транспортировки газа. К таким процессам следует отнести:

- каталитический реформинг (влажность водородсодержащего газа рецикла);
- влажность газа пиролиза, этилена, пропилена и других олефинов;
- влажность олефинов при производстве полиэтилена и полипропилена;
- осушка газа молекулярными ситами;
- транспортировка и переработка газа с высоким содержанием H_2S ;
- коммерческий учет природного газа.

История развития инструментальных средств начиналась с ручных методов, когда оператор визуально фиксировал момент конденсации влаги на охлаждаемом зеркале и автоматизированных гигрометров на основе электролитических (P_2O_5) или емкостных (Al_2O_3) датчиков. В этих методах реализовался равновесный принцип измерения, который обеспечивал возможность непрерывно определять влажность газа, но обладал рядом ограничений. Так, он не позволял получить быстрый отклик, требующийся для работы в составе современной АСУТП, а также надежные измерения в диапазоне менее 10 ppm. Известно, что газы во многих процессах содержат примеси, агрессивные компоненты и так называемые гидрофильные вещества, молекулы которых схожи с молекулами воды и дают такой же отклик, а также компоненты, способные разлагаться или полимеризоваться на поверхности датчиков P_2O_5 и Al_2O_3 . Все это создает серьезные проблемы для анализа на потоке с точки зрения как надежности и воспроизводимости измерений, так и сохранения или стабильности калибровки.

Для уменьшения времени отклика, обеспечения измерения влажности очень сухого газа, устранения влияния примесей применялись другие физические методы. Так, ИК спектро-

скопия в ближней области спектра вполне оправдана для определения содержания воды в жидкостях и расплавах, но недостаточно чувствительна для газов. Разработаны и химические методы, в частности титрование по Фишеру, однако необходимость постоянного обслуживания и замены реагентов значительно сузила область его применения в поточных анализаторах.

В середине 70-х годов разработан анализатор влажности газа, известный теперь под маркой АМЕТЕК, в котором реализован неравновесный принцип измерения — изменение частоты колебаний пьезокристалла в зависимости от количества воды, поглощенной покрытием из макропористого полимера. Время отклика анализатора на изменение влажности при этом значительно уменьшено за счет обратимости процесса поглощения влаги: кристалл сначала подвергается воздействию влажного анализируемого газа, а затем — осушенного. Подобная схема измерения, кроме того, решает множество других проблем газового анализа — влияние переменного состава газа, гидрофильных примесей и других загрязнителей.

Циклическая работа чувствительного элемента полностью определяется свойствами покрытия кристалла, которое должно не только быстро поглощать воду в цикл измерения, но и быстро высвобождать ее в цикл осушки. Так, поверхность датчиков на основе Al_2O_3 или SiO_2 неоднородна, и типы активных центров, адсорбирующих воду, сильно различаются энергией. Наличие даже небольшого числа «сильных» адсорбционных центров приводит к значительному замедлению кинетики десорбции воды. Если при увеличении влажности газа такие датчики откликаются достаточно быстро, то при ее уменьшении для удаления молекул воды требуется большое время. Поэтому отклик в области малых концентраций (менее 10 ppm) замедляется и часто невозможно отличить дрейф нулевой линии от движения к равновесию.

В отличие от этих веществ, синтетический макропористый силикагель исключительно однороден, что дает возможность реализовать не-

равновесное измерение в области предельно малых концентраций воды (рис. 1). Полимер, используемый в анализаторах АМЕТЕК, обладает наиболее линейной изотермой, причем в широком диапазоне концентрации.

В анализируемых технологических потоках, кроме воды, имеются и другие гидрофильные соединения, которые можно отличить по скорости адсорбции/десорбции на поверхности кристалла. Примером может служить магистральный природный газ, в который для предотвращения образования гидратов добавляется некоторое количество метанола. Равновесные анализаторы реагируют на него так же, как и на воду, фиксируя их суммарное содержание. Анализатор АМЕТЕК измеряет только содержание воды, поскольку кинетика адсорбции метанола примерно в 30 раз медленнее, и за время измерения он не успевает дать заметный вклад в показания.

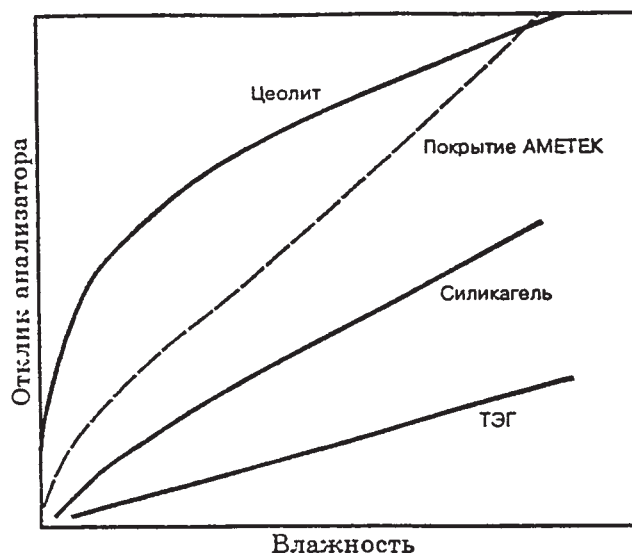


Рис. 1. Качественная зависимость отклика от материала покрытия ячейки



Рис. 2. Принципиальная схема анализатора влажности

Схема измерения влажности в анализаторах АМЕТЕК следующая (рис.2). Проба газа, отбираемая из общего потока, поступает в анализатор, где разделяется на два: опорный (проходит через осушитель на основе молекулярных сит) и анализируемый (поступает в измерительную ячейку). Система клапанов периодически переключает потоки, так что оба они поочередно подаются в ячейку на 30 с.

Частота кварцевого генератора измерительной ячейки (8,98 МГц) сравнивается с частотой стандартного генератора (9,0 МГц). Разность частот Δf пропорциональна изменению массы кристалла ΔM за счет адсорбированной воды:

$$\Delta f \sim f_0^2 \Delta M / A,$$

где A - площадь поверхности адсорбирующего покрытия кристалла.

Изменению массы всего на 10^{-10} г соответствует изменение частоты на 1 Гц, что характеризует высокую чувствительность и точность метода. Поэтому анализаторы АМЕТЕК обладают погрешностью на уровне 5% от показания в диапазоне измерения, охватывающем 6 порядков величины. Отметим для сравнения, что для газа, содержащего при нормальных условиях 100 ppm воды, типичная погрешность при измерении влажности по температуре точки росы составляет $\pm 2^\circ\text{C}$, что эквивалентно погрешности измерения $\pm 20\%$. В диапазоне ниже 10 ppm погрешность такого анализа превышает $\pm 3^\circ\text{C}$, и ее абсолютное значение становится сопоставимым с измеряемым. Особенности пьезокристаллических анализаторов влажности подробно рассмотрены в [1]. Среди важнейших упомянем встроенный генератор влажности, являющийся средством проверки и калибровки.

Осушенный газ, проходя через генератор влажности, насыщается известным количеством воды, после чего, как и в цикл измерения, поочередно с опорным газом поступает в измерительную ячейку. Показания прибора сравниваются с паспортными данными генератора.

Следует отметить, что автоматизация измерений влажности необходима и для других компонентов, присутствующих в технологических потоках газа. Так, для измерения температуры точки росы газа по углеводородам единственным поточным анализатором является монитор АМЕТЕК 241, в котором использован классический принцип контролируемого охлаждения зеркала в комбинации с непрерывной регистрацией оптического сигнала, отражаемого от его поверхности. При конденсации углеводороды образуют тонкую пленку на зеркале — алюминиевой травленной (шероховатой) поверхности и этот момент регистрируется по значительному изменению уровня оптического сигнала. В качестве средства охлаждения и нагрева зеркала используется трехступенчатый элемент Пельтье. Скорость охлаждения зеркала постоянна — 2°C/мин, а диапазон измерения составляет от -30°C (возможно -40°C) до температуры на 5°C ниже температуры окружающей среды. Длительность одного цикла измерения при рабочем давлении до 13790 кПа составляет от 20 до 60 минут.

Уникальные характеристики анализаторов влажности АМЕТЕК — высокая чувствительность и точность в широком диапазоне измерений, быстрый отклик, встроенные средства калибровки, надежность и простота обслуживания — предопределили их широкое распространение во всем мире и, в частности, на предприятиях СНГ. Достаточно сказать, что все установки по получению этилена типа ЭП 300/600 (Лисичанск, Нижний Новгород, Нижнекамск, Ангарск) оснащены подобными приборами. Высокие эксплуатационные характеристики анализаторов влажности подтверждены и последними полевыми испытаниями на узле учета газа ДП «Львовтрансгаз» АО «Укргазпром» [2]. Хорошо зарекомендовал себя и поточный монитор температуры точки росы газа по углеводородам.

Эксклюзивным представителем изготовителя оборудования АМЕТЕК Process instruments на территории СНГ является компания Artvik, США, имеющая дочерние отделения в России и на Украине и профессионально занимающаяся инжинирингом и поставками систем метрологического обеспечения, а также аналитического оборудования [3]. Компания Artvik осуществляет шеф-монтаж, пуско-наладку и сервисное обслуживание анализаторов АМЕТЕК, проведение сертификационных и других испытаний влагомеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Измерение влажности природного газа в трубопроводе // Нефтегазовая вертикаль, 1998, М6.
2. Анализаторы влажности газов на основе пьезокристалла // Законодательная и прикладная метрология, 1997, №1. С. 38.
3. Сколько стоит измерение // Рынок нефтегазового оборудования СНГ, 1996, №3. С. 46.

ANNOTATION

Continuous measurement of gas moisture is one of the key problems of oil refining and gas processing as well as gas transmission. AMETEK analysers on the basis of a unique quartz-microbalance principle are the most accurate and sensitive for such applications. They exhibit the fastest response and are not sensitive to oils, glycols and methanol.