

СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗАГАЗОВАННОСТИ ОПТИЧЕСКОГО ТИПА

Мұнай буының қауіпті жсарылысқа дейінгі концентрацияны әртүрлі типті газдылықты бақылау жүйелерімен өлшеу принципі ашылған, типі оптикалық газоаналитикалық жүйелердің дәстүрлі термокаталикалықтық алдындағы артылықшылығы көрсетілген АҚ «Транснефть» ААҚ-ң объектілерінде кеңінен таралған СГАЭС-ТН газоаналитикалық жүйелердің техникалық сипаттамалы қарастырылған.

Раскрыты принципы измерения до взрывоопасных концентраций паров нефти системами контроля загазованности различных типов, показаны преимущества газоаналитических систем оптического типа перед традиционными термокаталитическими, приведены технические характеристики наиболее распространенной на объектах ОАО «АК «Транснефть» газоаналитической системы СГАЭС-ТН.

There are opened the principles of before explosive steam concentrations of oil by different types of the gas pollution system, shown gas analytic systems of optic type to traditional catalytic thermal, given technical characteristics mostly distributed on the sites of opened joint-stock company АК «Транснефть» gas analytic system СГАЭС-ТН.

И. И. ЛУКИЦА,

генеральный директор ЗАО «Электронстандарт-прибор»

О. Г. ЗВЕРЕВ,

технический директор ЗАО «Электронстандарт-прибор»,

г. Москва

Эффективная и безаварийная эксплуатация технологически опасных объектов предприятий нефтегазового комплекса, в частности объектов трубопроводного транспорта нефти, возможна только при наличии технических средств контроля параметров, сопутствующих технологическому процессу. Это позволяет однозначно контролировать технологический процесс, предотвращать и локализовывать возможные аварийные ситуации.

Одним из наиболее важных методов контроля является контроль уровня загазованности в зоне работы технологических объектов, поскольку превышение предельно допустимых уровней концентрации углеводородов в атмосфере может привести к взрыву с соответствующими последствиями. Для этих целей многими фирмами разработано проблемно-ориентированное газоаналитическое оборудование.

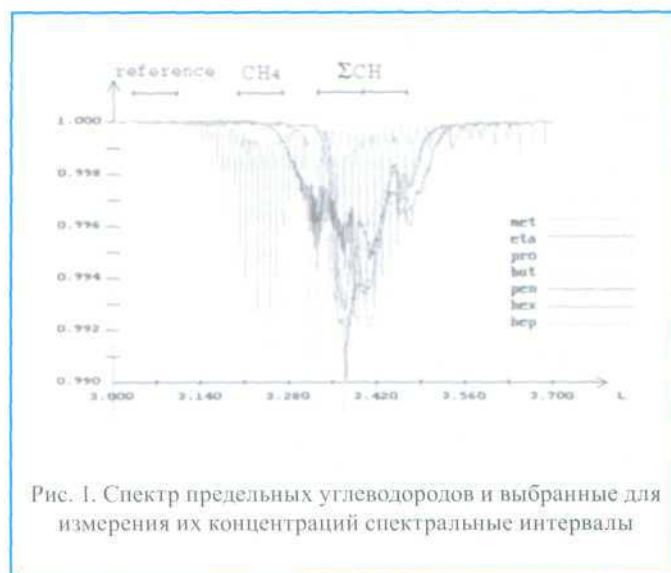


Рис. 1. Спектр предельных углеводородов и выбранные для измерения их концентраций спектральные интервалы

До настоящего времени в качестве первичных измерительных преобразователей в составе указанных систем в основном использовались термокаталитические датчики. Они получили преимущественное применение благодаря очевидным достоинствам — дешевизне, линейности функции преобразования, воспроизводимости характеристик, что обеспечивает их взаимозаменяемость при использовании в составе многоканальных измерительных систем. Поскольку выходным сигналом термокаталитического датчика в конечном итоге является изменение сопротивления электрическому току, измеряемому по мостовой схеме, влияние некоторых внешних факторов (изменение напряжения питания, температуры, относительной влажности) минимизировано. Чувствительность термокаталитических датчиков для целей контроля загазованности на объектах нефтегазового комплекса не создает проблем для схемотехнических решений конкретной аппаратуры.

Следует отметить, что для других областей применения, например хроматографии, имеются специальные разработки термокаталитических датчиков с повышенной чувствительностью и дорогостоящей технологией изготовления. Так, например, пленочные термокаталитические датчики превосходят по электрическим (потребление), технологическим и эксплуатационным характеристикам традиционные платиновые проволочные термокаталитические датчики.

В то же время термокаталитические датчики имеют весьма существенные недостатки, снижающие возможности и эффективность использования систем контроля загазованности. К числу основных недостатков следует отнести:

- неселективность, т. е. неспособность определять тип горючего газа;
- отравляемость, т. е. выход из строя при больших концентрациях горючих газов;
- достаточно большое потребление энергии, вызванное необходимостью подогрева чувствительного резистора до температуры более 200 °C;
- небольшой срок службы, не превышающий трех лет, что вызвано разрушением под воздействием постоянной повышенной температуры термокаталитического слоя чувствительного резистора и, как следствие, — постоянное снижение чувствительности датчика;

- плановая ежегодная регламентная замена датчиков, связанная с конечным сроком их службы и необходимостью обеспечения гарантированной работоспособности;

- обязательное присутствие кислорода в контролируемой атмосфере;

- низкое быстродействие;

- необходимость регулярной регулировки нуля и калибровки в составе измерительной аппаратуры, вызванной снижением чувствительности;

- ограниченный диапазон рабочих температур (от -10 до $+50$ °C).

Оптические датчики

В последние годы на мировом рынке автоматизации при измерении дозврывоопасных концентраций углеводородов нефтяного ряда наблюдается переход от традиционных термокаталитических газоанализаторов к газоанализаторам оптического типа. Многие газы имеют характерные полосы поглощения в инфракрасной области спектра (рис. 1). По величине поглощения излучения, прошедшего сквозь газовую пробу, можно измерить концентрацию газа.

Область применения оптических датчиков практически не ограничена. Это объясняется тем, что они в отличие от термокаталитических, электрохимических или полупроводниковых датчиков, не имеют непосредственного контакта между чувствительными элементами и измеряемой средой (загазованной атмосферой). Датчики можно перенастраивать под другой вид газа.

Кроме того, оптические датчики способны работать в широком диапазоне температур (от -60 до $+85$ °C), что позволяет использовать их как в закрытых помещениях, так и на открытых площадках в составе сигнализаторов и газоанализаторов горючих газов и паров в местах возможного появления метана, пропана или паров нефтепродуктов.

Базовая оптическая схема

В оптических газоанализаторах для увеличения стабильности нуля, а также компенсации возможного влияния влаги, пыли и других факторов, способных поглощать свет, используется

автокомпенсационная двухлучевая оптическая схема (рис. 2), в которой измеряется интенсивность двух лучей, проходящих по одному и тому же оптическому пути. Причем длина волны одного (измерительного) луча находится в области поглощения, а другого (опорного) – в области прозрачности определяемого газа.

Используемые в газоанализаторе элементы (излучатели и фотоприемники) меняют свои параметры при изменениях температуры, а также в процессе старения. Для компенсации этих изменений в оптическую схему вводятся еще два луча, не проходящие сквозь анализируемую газовую смесь.

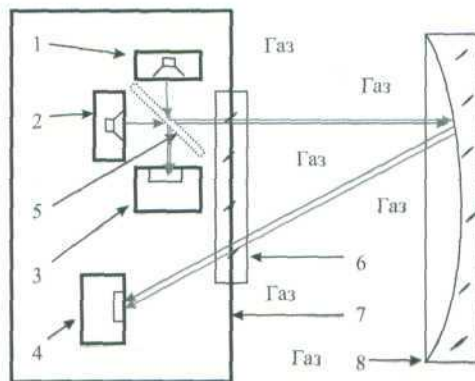
Преимущества оптических газоанализаторов

Основная причина перехода на оптические газоанализаторы – более стабильное положение нуля и стабильная чувствительность к контролируемому газу по сравнению с термокаталитическими газоанализаторами. Это позволяет отказаться от процедур ежедневной калибровки и установки нуля, необходимых для термокаталитических датчиков. В то же время использование в оптических газоанализаторах в качестве чувствительных элементов полупроводниковых изделий, работающих постоянно в штатных условиях, обеспечивает их функционирование на протяжении более 10 лет. Все вышесказанное обеспечивает для оптических анализаторов более выгодное соотношение цена/качество.

Преимущество оптических газоанализаторов по сравнению с иными типами (электрохимическими, термокаталитическими, полупроводниковыми) заключается и в отсутствии контакта между газовой средой и чувствительными элементами: сквозь газовую пробу проходит лишь луч света, а излучатель и фотоприемник защищены прозрачными окнами из химически стойкого стекла. Поэтому для оптических газоанализаторов безопасны химически агрессивные вещества и соединения (хлор, сера, фосфор, фтор, аммиак, окислы азота, тетраэтилсвинец и т. д.), выводящие из строя газоанализаторы, в основе действия которых лежат химические реакции. Не страшны им и концентрационные перегрузки вплоть до 100%-ной концентрации определяемого газа, причем время восстановления после перегрузки определяется только временем обновления содержимого газовой камеры.

Еще одна уникальная особенность оптических газоанализаторов – избирательность. В них, в отличие от других типов приборов, можно полностью исключить реакцию на другие газы, так как спектры поглощения различных газов не совпадают.

К достоинствам оптических газоанализаторов относится также их быстродействие. Если для газовых датчиков, в основе измерения которых лежит химическое взаимодействие с определяемым газом (термокаталитические и электрохимические сенсоры), существует принципиальное ограничение времени



- 1 - Опорный источник излучения;
- 2 - Рабочий источник излучения;
- 3 - Опорный приемник излучения;
- 4 - Рабочий приемник излучения;
- 5 - Снегоделитель;
- 6 - Защитное стекло;
- 7 - Корпус прибора;
- 8 - Зеркало

Рис. 2. Базовая оптическая схема



Рис. 3. Система СГАЭС-ТН в комплекте с датчиками ДГО



Рис. 4. Измерительный датчик СГОЭС.

измерения, определяемое скоростью протекания химических реакций и составляющее обычно несколько секунд, то для оптических газоанализаторов быстродействие может достигать долей секунды. Кроме того, оптические газоанализаторы способны осуществлять измерения в бескислородной среде, например, в заполненном азотом межтрубном пространстве.

Меняя длину газовой камеры, можно создавать приборы для измерения в самых разных диапазонах концентраций и с различной чувствительностью. Длина пути в 4-5 м (для этой цели используются многоходовые оптические кюветы) позволяет измерять концентрации метана на уровне естественного фона – $10^{-3}\%$ объемных долей, а для измерения в диапазоне (0-100)% объемных долей с точностью $\pm 1\%$ достаточно пути в 1 см. Термокаталитические же газоанализаторы способны вести измерения только в узком диапазоне дозрывоопасных концентраций. Высокие концентрации углеводородов выводят их из строя.

Газоаналитические оптические системы

В настоящее время в АК «Транснефть» используется несколько газоаналитических систем оптического типа, в том числе основанная на инфракрасном принципе измерения концентрации газов система СКЗ-12-Ex-01 производства ООО «НПП «Системы промышленного мониторинга» (г. Москва), Polytron IR производства DRAGER (Германия).

Среди зарубежных фирм на мировом рынке автоматизации наибольшую известность получили DRAGER (Германия) и RIKEN KEIKI (Япония).

Фирма DRAGER на российском рынке автоматизации представлена такими измерительными средствами, как измерительные головки с инфракрасным сенсором семейства Polytron IR, трассовые газоанализаторы серий GDXL, GD200 и Polytron Pulsar. Кроме того, хорошо известна модульная измерительная система Polytron-Regard для газового мониторинга. Система построена по магистрально-модульному принципу на базе микропроцессоров, может монтироваться в стандартную 19"-стойку и характеризуется гибкостью конфигурации, универсальностью. Помимо выполнения обязательных требований безопасности, система Regard предоставляет оператору многочисленные дополнительные функции и возможности: различные комбинации

карт Regard Ex и 4–20 мА для обнаружения горючих и токсичных газов; мастер-карту для квитирования специальных конфигураций тревог и связи с программируемыми логическими контроллерами; HART-карту, к которой можно подключить до восьми измерительных головок Polytron 2 через одно двухпроводное соединение, а также коммуникационную Modbus-карту для связи с системами управления технологическими процессами и РС с 32-разрядными операционными системами для визуализации измеренных значений и регистрации данных.

Другой интересной моделью фирмы DRAGER является контроллерная система QuadGard. Это многоканальная контрольно-измерительная система класса защиты IP54 или IP65, которая монтируется на стене. Она позволяет управлять от одной до четырех различными измерительными или сенсорными головками Polytron. Отличительной особенностью системы является плоская конструкция толщиной не более 90 мм. Измеренные значения выводятся на жидкокристаллический дисплей. Имеется цветная светодиодная и звуковая сигнализация.

Основным недостатком инфракрасных датчиков, используемых в названных выше моделях аппаратуры, является относительно узкий диапазон рабочих температур (от -10 до $+40$ °С для зарубежных датчиков и от -40 до $+60$ °С в составе системы СКЗ-12-Ex-01), что ограничивает их применение на открытом воздухе.

Газоаналитические системы СГАЭС-ТН

Наибольшее распространение на объектах ОАО АК «Транснефть» получили газоаналитические системы оптического типа СГАЭС-ТН производства ЗАО «Электронстандарт-прибор» (Москва). По состоянию на 1 января 2006 г. на объектах компании смонтировано и эксплуатируется более 450 систем СГАЭС-ТН.

Система СГАЭС-ТН (рис.3) состоит из вторичного блока УПЭС и первичных измерительных датчиков оптического типа (ДГО или СГОЭС). Системы СГАЭС-ТН (в комплекте с датчиками ДГО или СГОЭС) предназначены для измерения уровня загазованности в атмосфере по таким газам, как: метан, пропан, пары нефти (с калибровкой по метану, пропану или гексану), выдачи предупредительной и аварийной сигнализации, реализации программ автоматических защит объектов и включения аварийной приточно-вытяжной вентиляции по загазованности в

системе автоматизации управления объектом. Системы соответствуют требованиям безопасности ПБ 08-622-03 и ПБ 09-540-03 для нефте- и газоперерабатывающих производств.

Системы СГАЭС-ТН обеспечивают сигнализацию превышения по трем порогам для каждого канала измерения (с возможностью регулировки значения каждого из порогов). На дисплее порогового устройства высвечивается информация от каждого подключенного датчика об измеренном уровне загазованности. Имеется тестовый режим работы, включающий самодиагностику датчиков и тестирование линии связи, позволяющий проконтролировать исправность световой и звуковой сигнализации.

Количество каналов СГАЭС-ТН с входом 4-20 мА: от 1 до 16; диапазон измерений: 0-100 % НКПП; диапазон регулирования порогов срабатывания: 0-50 % НКПП; быстродействие – не более 10 сек; виды сигнализации: световая, звуковая; выходные контакты: «сухие» контакты реле, подключение к внешним стандартным каналам связи по интерфейсу RS-232, RS-485. Габаритные размеры исполнений пороговых устройств соответствуют размерам 3Ux19" стандартного европейского конструктива (482x266x132 мм), предназначенного для монтажа в стойку.

На систему СГАЭС-ТН оформлен сертификат об утверждении типа средств измерений Госстандарта России RU.C.31.001. А № 24212, зарегистрированный в Госреестре под № 21067-06, и Сертификат соответствия требованиям взрывобезопасности № РОСС RU.ГБ05.В00908.

Имеются также разрешение Госгортехнадзора России на применение № РРС 04-12099 и лицензия Госстандарта России на изготовление средств измерений № 1163, сертификат об утверждении типа средств измерений Республики Казахстан № 3103, зарегистрированный под № KZ.02.03.01599-20006.

Применяемые в составе системы СГАЭС-ТН первичные измерительные датчики (ДГО, СГОЭС) являются детекторами углеводородных газов, непрерывно контролирующими горючие газы и пары в области дозврывоопасных концентраций.

Первичные измерительные датчики (ДГО, СГОЭС) сертифицированы и могут использоваться как в составе газоаналитической системы СГАЭС-ТН, так и в системах автоматизации объекта в качестве самостоятельных средств измерения. Датчики не уступают лучшим зарубежным аналогам по точностным характеристикам, в специальном высокотемпературном варианте исполнения (СГОЭС) имеют расширенный диапазон рабочих температур (от –60 до +85 °С), в зависимости от варианта исполнения могут поставляться со встроенным цифровым индикатором измеренной концентрации газа (опционально). Важным достоинством этих датчиков является линейная функция преобразования, что позволяет в условиях эксплуатации производить калибровку датчиков по одной поверочной газовой смеси.

Для увеличения чувствительности и снижения шумов в оптическом датчике используются аналоговая и цифровая фильтрации сигнала. Устойчивость работы в широком диапазоне температур обеспечивает двойная стабилизация уровня сигнала: по уровню излучения и коэффициенту усиления. Детектируемые датчиками газы – углеводородные горючие газы, пары нефти и нефтепродук-

тов. Диапазон измерений – 0-100 % от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПП). Калибровочные газы – метан, пропан, бутан, изобутан, пентан, циклопентан, гексан, пары этанола. Основная абсолютная погрешность измерения для датчиков не превышает в % НКПП: $\Delta = \pm(2 + 0,06C_x)$, где C_x – измеренное значение концентрации определяемого компонента.

Время установления выходного сигнала – не более 10 сек, рабочий диапазон температур в стандартном исполнении – от –40 до +55 °С, унифицированный токовый выход – 4-20 мА, напряжение питания в диапазоне (18-32) В, масса – не более 3 кг, срок службы без замены чувствительных элементов датчика – не менее 10 лет.

Датчики ДГО и СГОЭС предназначены для эксплуатации вблизи технологического оборудования насосных станций магистральных нефтепроводов, резервуарных парков, наливных эстакад (электрооборудование подгрупп ПА, ПВ и ПС температурных классов Т1-Т4 по ГОСТ Р 51330.0-99). Область применения датчиков – взрывоопасные зоны помещений и наружных установок согласно гл. 7.3 ПУЭ (классы В-I, В-II, В-Ia, В-Ib, В-Ig, В-IIa).

Сертификат об утверждении типа средств измерений Госстандарта России RU.C.31.022.А № 13030, Республики Казахстан № 2677, регистрационный № KZ.02.03.01330-20006, RU.C.31.001А № 25386, регистрационный № 32808-06.

Сертификат соответствия требованиям взрывобезопасности № РОСС RU.ГБ05.В01291, № РОСС RU.ГБ05.В01105. Разрешение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на применение № РРС 00-17803, № РРС 00-19223. Лицензия Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии на изготовление средств измерений № 000873-ИР.

Маркировка взрывозащиты IExdIICT4, степень защиты от внешних воздействий в стандартном исполнении – IP66. Датчики позволяют производить их перенастройку на другой вид газа, как по месту (по интерфейсу RS-232 для датчиков ДГО и RS-485 для СГОЭС с помощью ноутбука со специальной программой), так и дистанционно с вторичного устройства УПЭС, с последующей калибровкой по поверочной газовой смеси.

Отличие датчика СГОЭС (рис. 4) от ДГО состоит в повышенной степени защиты от внешних воздействий (IP67 против IP66), расширенном диапазоне рабочих температур (от –60 до +85 °С) и относительной влажности окружающей среды (до 95% при температуре +35 °С), дополнительном наличии цифрового выхода по интерфейсу RS-485 и двух дискретных выходов типа «сухой контакт», наличии встроенного цифрового индикатора (опционально).

Предприятием ЗАО «Электронстандарт-прибор» освоен также выпуск СГАЭС-ТГ – модифицированного аналога СГАЭС-ТН с возможностью подключения первичных измерительных датчиков по интерфейсу RS-485, расширенными возможностями по адаптации к различным системам автоматики верхнего уровня. Гибкое трансформирование системы СГАЭС-ТГ возможно благодаря применению микропроцессорных измерительных канальных модулей и внутриприборной цифровой магистральной организации.