

ГРАДИЕНТНО-РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ

Рассмотрены оригинальные методы градиентно-рефрактометрической диагностики параметров газовых потоков, развивающие градиентно-оптический подход к анализу веществ и полей.

Известно, что непрерывная диагностика параметров газовых потоков, сопутствующих различным технологическим процессам, позволяет следить как за ходом этих процессов, так и за качеством получаемой продукции. Описываемые ниже средства развивают нетрадиционный градиентно-оптический подход к анализу веществ и полей, суть которого состоит в создании градиентов физико-химических характеристик в анализируемой среде и измерении параметров светового зондирующего пучка [1]. При практической реализации принципа градиентно-рефрактометрической диагностики могут быть использованы неоднородности показателя преломления, созданные самыми различными способами: фотометрическим или фотоакустическим возбуждением, нагревом или охлаждением, сорбцией, неоднородными распределениями концентраций, давления, напряженностей электрических или магнитных полей, различными газодинамическими или нелинейными эффектами. Эти методы удобно классифицировать по способам создания градиента преломления: терморефрактометрические, фоторефрактометрические, сорбционно-рефрактометрические и т.д.

Терморефрактометрический метод основан на создании градиента показателя преломления в газовом потоке тепловым способом. Наиболее простой вариант способа состоит в нагревании стенок канала, по которому движется газовая среда. В силу зависимости показателя преломления газов от температуры в канале возникает поперечный градиент показателя преломления. Изменение концентрации определяемого компонента в смеси приведет к изменению ее оптико-физических характеристик (показателя преломления, плотности, теплоемкости, теплопроводности, вязкости), определяющих рассматриваемый процесс и являющихся функциями состава смеси. В результате изменятся градиенты температуры, показателя преломления в потоке внутри канала и величина угла отклонения зондирующего пучка. Определив величину изменения угла отклонения зондирующего пучка, можно судить о концентрации исследуемого компонента в анализируемой газовой среде. Так как величина градиента показателя преломления газа в канале зависит от параметров потока, то измеряемые характеристики светового зондирующего пучка зависят от величины этих параметров. Это позволяет использовать терморефрактометрический метод для измерения средней скорости и температуры газовых потоков в каналах.

Фототерморефрактометрический метод так же, как и предыдущий метод, основан на зависимости показателя преломления среды от ее температуры. Однако в этом методе градиент показателя преломления создается возбуждающим световым пучком при поглощении его определяемым компонентом. При практической реализации методы обычно используют две схемы. В первой – возбуждающий пучок распространяется по направлению движения среды, а зондирующий – под малым углом к возбуждающему.

Во второй схеме возбуждающий пучок распространяется перпендикулярно направлению движения среды, а зондирующий – направлен перпендикулярно возбуждающему пучку и потоку. Метод позволяет анализировать ламинарные и турбулентные газовые потоки с до- и сверхзвуковыми скоростями. Осуществление метода по первой схеме позволяет достичь большой чувствительности ($\geq 10^{-6}$ об. %), в то время как во второй схеме метод обладает высоким пространственным разрешением ($\geq 10^{-5}$ см³).

Используя в определенной комбинации эти схемы или различные режимы создания градиента возбуждающим пучком, можно измерять одновременно концентра-

цию определяемого компонента и скорость газового потока. Метод является универсальным и селективным по отношению к определяемым компонентам, что достигается выбором источника возбуждающего излучения так, чтобы спектральные линии излучения последнего совпадали с линиями поглощения исследуемых газов.

В сорбционно-рефрактометрическом методе неоднородность показателя преломления в анализируемой газовой среде создают сорбентом. Поток смеси газов анализируется в цилиндрическом канале, стенки которого выполнены из сорбента, а один из компонентов смеси сорбируется стенками канала. При движении смеси в канале происходит поглощение сорбируемого компонента стенками канала, что нарушает однородность распределения концентрации, как по радиусу, так и по длине канала. Радиальный градиент концентрации создает соответствующий градиент показателя преломления. Зодирующий пучок света, направленный вдоль канала на некотором расстоянии от его оси, будет отклоняться на выходе из канала от первоначального направления распространения как функция концентрации компонента. Установив эту связь, можно использовать ее для анализа газовых выбросов. Эффективность метода определяется в основном свойствами сорбента и сорбируемого газового компонента, поэтому не следует допускать насыщения сорбирующих стенок канала поглощаемым компонентом.

Типичный сорбционно-рефрактометрический газоанализатор содержит источник света, рабочую кювету, состоящую из трубы с пористыми стенками, на внешней поверхности которой расположен сорбирующий слой, поверх которого размещен электронагреватель. Устройство ввода газовой смеси состоит из отрезка перфорированной трубы герметично закрытого кожуха со штуцером для подвода газовой смеси и расположенного соосно трубе с пористыми стенками. С противоположной стороны кюветы относительно источника света расположено устройство автоматического определения угла отклонения светового луча. Такая конструкция позволяет повысить точность анализа расширяет возможности анализатора по отношению к диапазону скоростей движения анализируемых сред.

Существенной отличительной особенностью градиентно-рефрактометрических газоанализаторов является отсутствие границ раздела между анализируемой и окружающей средой газовыми средами, то есть отсутствие традиционных кювет, содержащие оптические окна. Такие анализаторы обладают по сравнению с традиционными оптическими высокой метрологической надежностью и экспрессностью измерений, упрощается также и их метрологическое обеспечение.

Список литературы

1. Виленчиц, Б.Б. Градиентно-рефрактометрическая диагностика газовых выбросов [Текст] / Б.Б. Виленчиц. – М.: Информавтотранс, 1992. – 48 с.

Reviewed the original methods of gradient-refractometric diagnostics parameters of gas flows, developing gradient-optical approach to analysis of substances and fields.

Виленчиц Б.Б., г.н.с. НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, д.ф.-м.н., Минск, Беларусь, E-mail: vkp@bk.ru.

Попов В.К., зав. лабораторией НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, к.т.н., Минск, Беларусь, E-mail: vkp@bk.ru.

Тютюма В.Д., заведующий сектором института энергетики НАН Беларуси, к.т.н., Минск, Беларусь, E-mail: tvd@hmti.ac.by.