
Возможности разработки модульных оптико-акустических газоанализаторов

Ерёменко Максим Викторович

Аспирант,
Московский технологический университет,

Ерёменко Лариса Николаевна

Кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,

Features modular design of optical-acoustic gas analyzers

Аннотация. Для анализа схем оптических приборов контроля малых концентраций газов в воздухе и первичных измерительных преобразователей, которые в них используются, был осуществлен осмотр патентов. Обзор был проведен среди патентов на приборы, действие которых основано на методе инфракрасной абсорбционной спектроскопии, поскольку именно этот метод положен в основу разработанного высокочувствительного средства контроля малых концентраций газов и модульных оптико-акустических газоанализаторов.

Ключевые слова: газоанализатор, разработка, модуль, возможность, структура.

Annotation. To analyze the control circuit of optical devices of small concentrations of gases in the air and transducers, they are used, examination was carried patents. The survey was conducted among patents for devices whose operation is based on the method of infrared absorption spectroscopy, since this method is the basis developed a highly sensitive means of monitoring small concentrations of gases and modular opto-acoustic analyzers.

Keywords: analyzer, development, module, opportunity structure.

Патентный поиск показал, что существует немало запатентованных устройств для определения малых концентраций газов в воздухе. Однако большинство из них в качестве оптического преобразователя используют систему зеркал как, например зеркальный. Схема одного из таких газоанализаторов приведена на рис. 1.

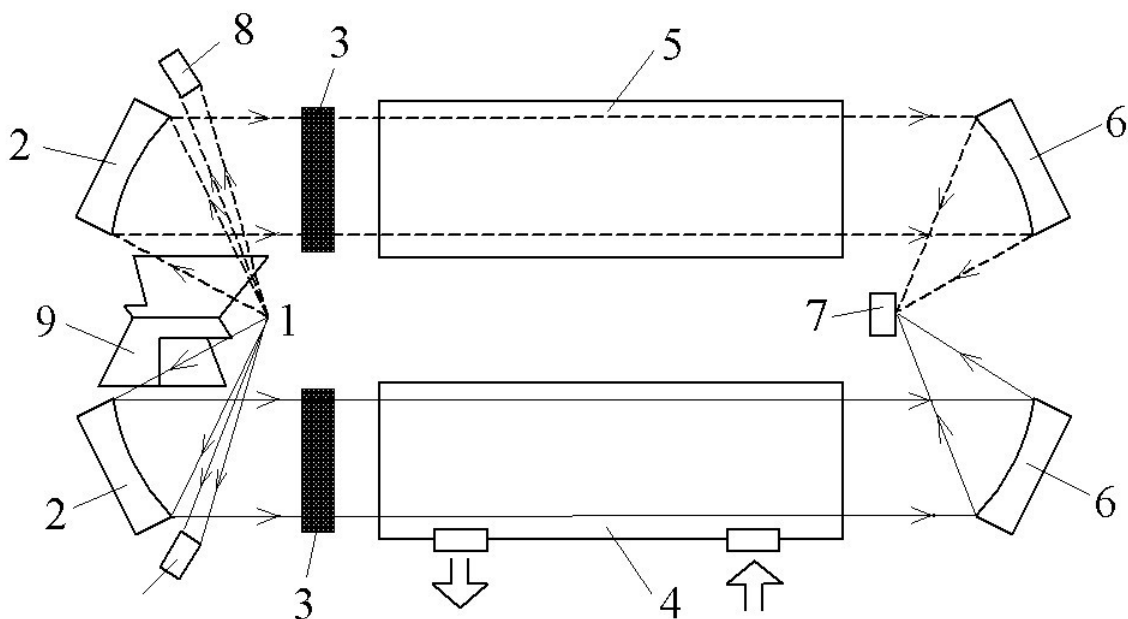


Рисунок 1 – Схема газоанализатора по патенту:

1 – источник излучения; 2 – сферические зеркала; 3 – инфракрасные фильтры; 4 – измерительная кювета; 5 – сравнительная кювета; 6 – фокусирующие зеркала; 7 – приемник излучения; 8 – фотодиоды устройства синхронизации; 9 – модулятор

Но такой тип оптических преобразователей уже давно устарел как морально, так и технически. Это объясняется и сложной конструкцией приборов, использующих систему зеркал (поскольку для увеличения чувствительности измерений нужно увеличивать количество зеркал), и достаточно большими световыми потерями, также сказывается на чувствительности и точности измерений. Дополнительным осложнением является также необходимость периодической поверки вышеупомянутой системы зеркал [1, с. 15].

Поэтому, учитывая вышесказанное, возникла необходимость в переходе к другим типам оптических преобразователей. Практика показывает, что наиболее целесообразно использовать оптические преобразователи в виде замкнутой емкости, где световой пучок проходит через исследуемый газ, многократно отражаясь от стенок емкости (вместо того, чтобы многократно отражаться от зеркал).

Приведенная одноканальная схема подвержена действию многих влияющих факторов. Поэтому обычно оптико-акустические газоанализаторы выполняются по дифференциальной, т.е. двухканальной оптической схеме (рис. 2).

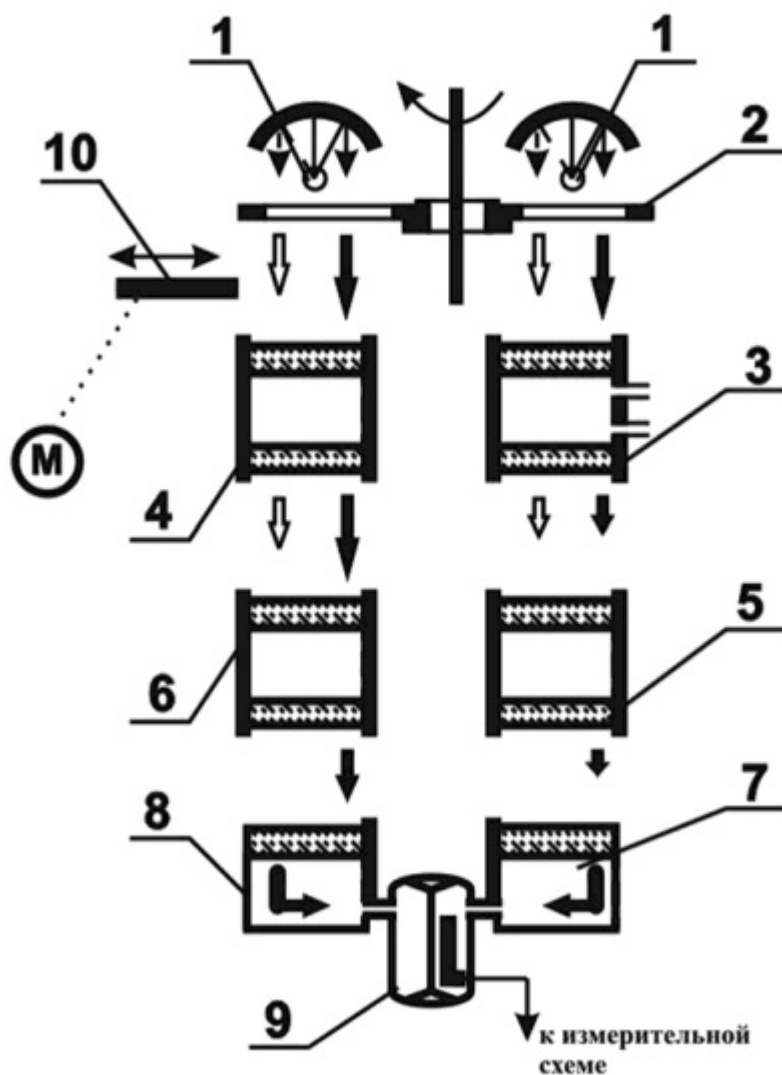


Рисунок 2 – Дифференциальная оптическая схема опто-акустического газоанализатора

Рассмотрим работу такой схемы на примере измерения концентрации CO; в воздухе на фоне неизменяемого компонента CO. Спектры поглощения в области $\lambda = 4-5$ нм для этих газов частично совпадают. Поэтому изменение концентрации CO приводит к появлению дополнительной погрешности при измерении содержания CO₂. Применение двухканальной оптической схемы позволяет устранить это явление. Оба канала идентичны. Два источника излучения I создают потоки ИК излучения, прерываемые обтюратором 2 в одной и той же фазе.

В правом канале (рис. 2) установлена рабочая камера (обозначена как 3) через которую протекает газовая смесь. Симметрично, в левом канале установлена сравнительная камера 4, заполненная чистым воздухом. Далее на пути потоков излучения расположены фильтровые камеры 5 и 6, заполненные мешающим компонентом. В данном примере – окисью углерода. Пройдя фильтровые камеры, оба потока попадают в двухкамерный лучеприемник, полости 7 и 8 которого заполнены анализируемым газом, т.е. двуокисью углерода и соединены с полостями дифференциального высокочувствительного манометра 9, сигнал с которого поступает в измерительное устройство. На рис. 2 стрелками условно показаны потоки ИК излучения, соответствующие долям энергии, поглощаемым CO (белые стрелки) и CO₂ (черные стрелки). После прохождения потоками инфракрасной радиации фильтровых камер практически полностью устраняется в каждом из них энергетическая составляющая, соответствующая спектрам

поглощения CO. Дифференциальный манометр часто выполняют в виде конденсаторного микрофона, подвижный электрод которого является тонкой разделительной мембраной дифференциального манометра 9.

В правую полость 7 лучеприемника поступает поток инфракрасного излучения, ослабленный в большей или меньшей степени в соответствии поглощением молекулами анализируемого компонента – CO: в газовой камере 3. Если концентрация CO₂ в газе равна нулю, то потоки ИК излучения, достигающие камеры 7 и 8 лучеприемника, равны по интенсивности и спектральному составу, как и равны между собой перепады давления ДА. Мембрана конденсаторного микрофона не подвергается деформации и сигнал отсутствует.

С увеличением содержания CO: поток инфракрасного излучения, достигающий камеры 7, слабеет, пульсация давления в ней уменьшается по сравнению с камерой 8, мембрана прогибается, уменьшая зазор между электродами конденсаторного датчика.

Измерительные схемы оптико-акустических газоанализаторов выполняются либо по методу прямого преобразования, т.е. с непосредственным отсчетом усиленного сигнала дифференциального манометра, либо с применением систем следящего астатического уравнивания. Обычно такие системы реализуют принцип электрической, оптической или газовой компенсации [3, с. 67].

В качестве излучателя обычно применяют маломощный (2-2,5 Вт) проволочный нагреватель (нихром, 0-0,3 мм) в виде компактной конической спирали (5-6 витков), установленной в фокусе параболического отражателя, обеспечивающего практически параллельный пучок лучей на расстоянии до 150 мм. Рабочая температура излучателя 700÷800 °С.

В качестве источников монохроматического излучения находят применение лазеры и светодиоды. В этом случае можно отказаться от механического прерывания потока лучистой энергии с помощью обтюлятора, так как модуляцию излучения легко осуществить электрическим управлением.

Более того, применяя перестраиваемые по частоте лазеры или светодиодные матрицы с различными по спектральным характеристикам светодиодами, можно проводить тонкую настройку прибора с учетом абсорбционных свойств анализируемого компонента и сопутствующих газов.

Предложена дифференциальная схема абсорбционного газоанализатора (рис. 3), в каждом оптическом канале которого установлены термоакустические камеры 1 и 2, заполненные в равной мере анализируемым компонентом. В каждой камере установлена пара акустически согласованных между собой излучателей и приемников ультразвуковых колебаний.

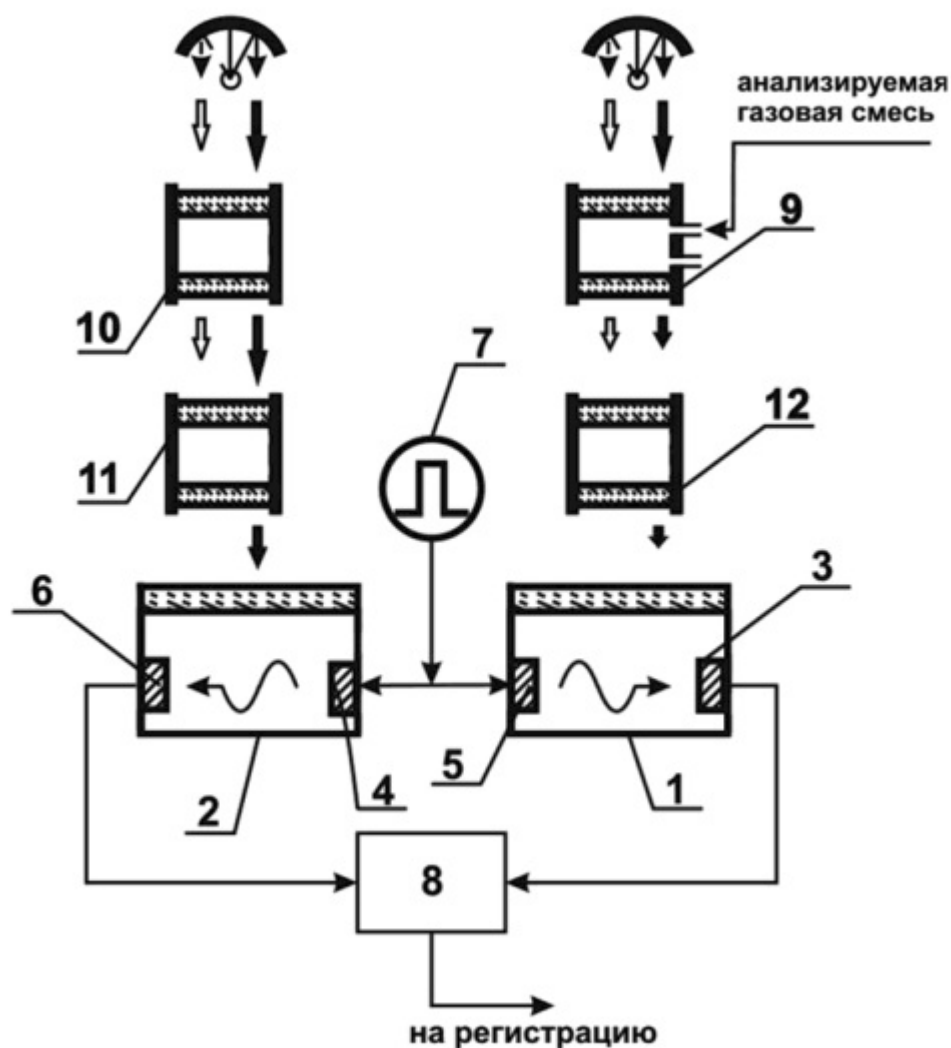


Рисунок 3 – Схема устройства абсорбционного газоанализатора с термоакустическими лучеприемниками

Излучатели 4 и 5 при поступлении импульсов от генератора 7 возбуждают ультразвуковые колебания, распространяющиеся через газовые полости камер 1 и 2 к приемникам 3 и 6. Время прихода акустических колебаний на приемники регистрируется цифровым измерителем 8 временных интервалов с точностью до 1 нс.

Известно, что скорость распространения акустических колебаний в газе зависит, при прочих равных условиях, от температуры. При изменении содержания анализируемого компонента в газовой смеси, протекающей через рабочую камеру 9, меняется доля лучистой энергии, достигающей камеру 1. В сравнительной камере 10 и, следовательно, в камере 2 условия прохождения инфракрасного излучения при этом не меняются.

Поэтому температура газов в камерах 1 и 2, в общем случае, будет различной, что и преобразуется во временные интервалы, разность которых служит мерой измеряемой концентрации [2, с. 227].

Камеры 11 и 12 (как и в схеме на рис. 3) – фильтрационные. Прерывания оптических потоков в этом случае не требуется.

Камеры 1 и 2 в динамическом плане представляют собой инерционные звенья, и температурные режимы в них устанавливаются с некоторым запаздыванием.

В качестве высокочувствительных приемников ИК излучения используются также

пироэлектрические датчики, которые реагируют именно на изменение температуры. Пироэлектрический эффект наблюдается на кристаллах пироэлектриков и сегнетоэлектриков (турмалин, сегнетова соль и др.), а также на элементах из пьезокерамики (цирконат – титанат свинца и др.).

Окна оптических камер изготавливают из плавленного корунда, рубина, хлористого серебра и других материалов, имеющих удовлетворительные характеристики пропускания в ближнем инфракрасном спектре.

Помимо конденсаторного микрофона применяют также электродинамический.

Пределы измерений оптико-акустических газоанализаторов перекрывают диапазоны как микроконцентраций (0-0,01% 0-0,05% и др.), так и больших содержаний анализируемых компонентов (0-5%, 0-10%, 0-50%, 0-100%). Известны конструкции таких приборов с порогом обнаружения (по CO, CO₂, CH₄ и др.), равным 0,0001%/

Все описанные газоанализаторы не предусматривают использования второго измерительного канала для измерения поглощения чистым, незагрязненным воздухом. Поэтому измерения с помощью этих газоанализаторов без необходимой точности. Поэтому целесообразно предусмотреть в разрабатываемом высокочувствительном средстве контроля малых концентраций газов измерительный канал сравнения.

Список литературы

1. Ефимов П.Н., Соковых В.С. Исследование характеристик побудителя расхода для переносного газоанализатора // Молодежный научно-технический вестник. 2016. № 2. С. 15.
2. Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е., Мандра Ю.А., Кознеделева Т.А., Еременко Р.С. Мониторинг загрязняющих веществ атмосферного воздуха города Будённовска // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 1 (21). С. 225-229.
3. Киреев И.Р., Николаева И.А., Абдрахманов Н.Х. Определение загазованности на объектах нефтегазовой промышленности при помощи газоанализатора // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. 2016. Т. 7. № 1. С. 67-68.

References

1. Efimov P.N., Sokovyh V.S. Issledovanie harakteristik pobuditelja rashoda dlja perenosnogo gazoanalizatora // Molodezhnyj nauchno-tehnicheskij vestnik. 2016. № 2. S. 15.
2. Zelenskaja T.G., Stepanenko E.E., Mandra Ju.A., Koznedeleva T.A., Eremenko R.S. Monitoring zagryznajushhih veshhestv atmosfernogo vozduha goroda Budjonnovska // Vestnik APK Stavropol'ja. 2016. № 1 (21). S. 225-229.
3. Kireev I.R., Nikolaeva I.A., Abdrahmanov N.H. Opredelenie zagazovannosti na ob#ektah neftegazovoj promyshlennosti pri pomoshhi gazoanalizatora // Jekspertiza promyshlennoj bezopasnosti i diagnostika opasnyh proizvodstvennyh ob#ektov. 2016. T. 7. № 1. S. 67-68.