
КОНСТРУИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

УДК 681.586.57

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО И ТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ГАЗА

Р.А. Зайнутдинов

Рассмотрены современные методы и устройства измерения влажности газа, выявлены их недостатки. Предложено устройство для контроля влажности горючего газа, обладающее высоким быстродействием и повышенной точностью измерения.

Ключевые слова: влажность газа, датчик, оптический метод, длина волны, точность измерения, быстродействие, тестовый метод, сигнал, источник света, фотоприемник.

Key words: humidity of gas, the gauge, an optical method, length of a wave, accuracy of measurement, speed, a test method, a signal, a light source, a photodetector.

Влажность газа является одним из основных параметров при добыче, транспортировке и переработке природного (или попутного нефтяного) газа. Надежное и точное измерение этого параметра требуется на всех этапах – от скважины до газоперерабатывающего завода – и существенно влияет на экономичность и эффективность процессов. Задачи измерения влажности можно разделить на три большие группы по различным процессам газовой промышленности, а именно:

- в процессах осушки газа на месторождениях и газоперерабатывающих заводах;
- при транспортировке газа;
- в коммерческом учете газа.

Для измерения влажности используются приборы, называемые гигрометрами. На основе анализа научно-технической и патентной литературы было установлено, что в настоящее время наибольшее применение находят следующие виды датчиков влажности газов: емкостные (измерение влажности по диэлектрической проницаемости газовой среды), электропроводные (резистивные, в которых используется зависимость сопротивления неметаллических проводников от содержания в них влаги, и термисторные, в которых измерение влажности осуществляется по изменению теплопроводности газов), датчики температуры точки росы (жидкая и газовая фазы воды находятся в равновесии). Проведен анализ датчиков, применяемых на установках ООО «Газпром добыча Астрахань», который показал, что существующие датчики не обеспечивают возможность оперативного и высокоточного измерения влажности газа.

В настоящей работе предлагается создание нового типа датчика влажности. При разработке предложено использовать оптический метод измерения влажности, так как он обладает рядом преимуществ, а именно: высоким быстродействием; высокой точностью измерения; высокой надежностью.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

В основе измерения лежит закон Бугера – Ламберта – Бэра – физический закон, определяющий ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде:

$$I(l) = I_0 e^{-k_\lambda l}, \quad (1)$$

где I_0 – интенсивность входящего пучка, l – толщина слоя вещества, через которое проходит свет, k_λ – показатель поглощения.

Одним из основных показателей, определяющих режим работы разрабатываемого устройства, является длина волны инфракрасного излучения (λ). На основе значения длины волны осуществляется выбор источника инфракрасного излучения. В свою очередь, выбор длины волны осуществляется в соответствии с графиком инфракрасного спектра вещества.

В связи с тем, что разрабатываемое устройство предназначено для измерения влажности природного газа оптическим методом, в частности, измерение влажности будет осуществляться по величине поглощения инфракрасного излучения парами воды, целесообразно при выборе источника и приемника инфракрасного излучения принять во внимание график спектра поглощения паров воды (рис. 1).

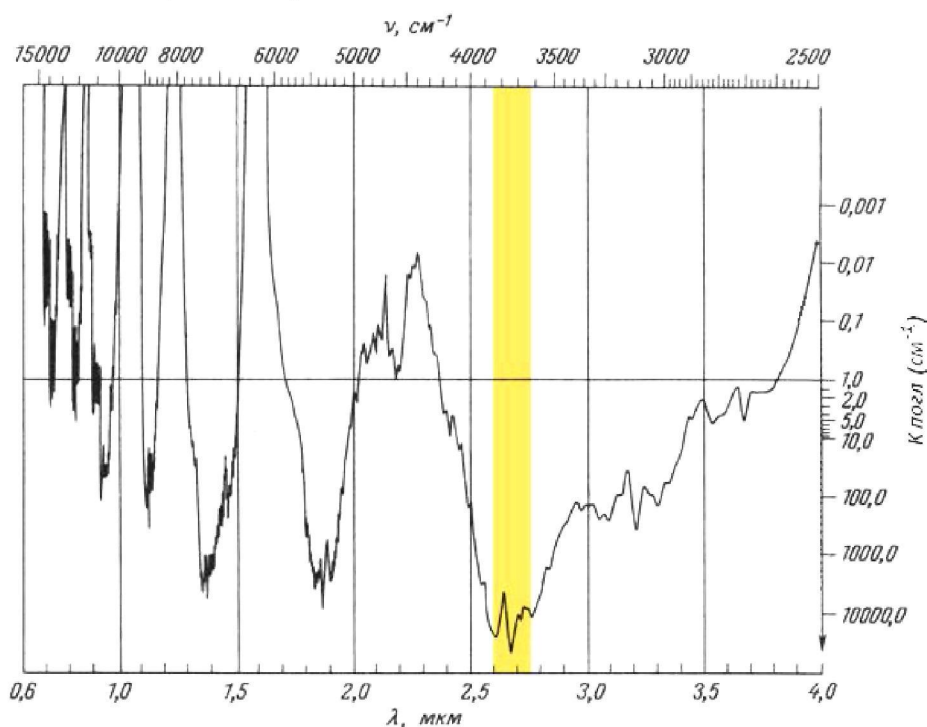


Рис. 1. Спектр поглощения паров воды

График, представленный на рис. 1, имеет три шкалы: по оси абсцисс в нижней части представлена шкала длин волн λ (мкм), в верхней части шкала волновых чисел ν (см^{-1}), по оси ординат отложены значения коэффициента поглощения $k_{\text{погл}}$ (см^{-1}).

Выбор длины волны, на которой будет вестись измерение, осуществляется в соответствии со значением коэффициента поглощения. Длина волны измерения должна соответствовать максимальному значению коэффициента поглощения.

В соответствии с вышесказанным осуществлен выбор длины волны для проведения измерений ($\lambda \approx 2,7$ мкм). Серой полосой на рис. 1 выделен диапазон, в границах которого осуществлялся выбор длины волны измерения [2].

В разработанном устройстве предложено применить теорию тестовых методов повышения точности [1].

Измерение будет проводиться на основе аддитивных тестов. Избыточность системы обеспечивается введением в нее дополнительных ячеек измерения. Такой подход позволит получить дополнительную информацию об измеряемой величине. Обработка большого объема получаемой информации, выполняемая на основе тестового метода, обеспечит повышение точности измерений.

В блок-схеме устройства контроля влажности природного газа предложено использовать три такта: первый состоит из измерительной ячейки, второй из системы «дополнительная + измерительная ячейки», третий – ячейка с осушенным газом (рис. 2).

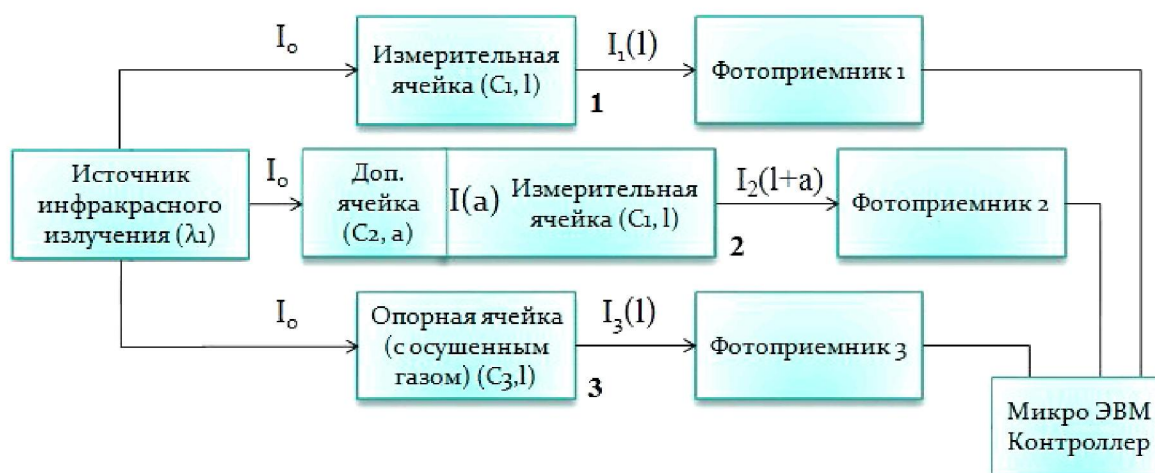


Рис. 2. Упрощенная блок-схема оптического устройства контроля влажности природного газа

Используя в качестве основы уравнение закона Бугера – Ламберта – Бэра (1), можно записать систему уравнений, описывающую изменение выходного сигнала на первом и втором фотоприемниках:

$$\begin{cases} I_1(l) = I_0 \cdot e^{-x_\lambda \cdot C_1 \cdot l} \\ I(a) = I_0 e^{-x_\lambda \cdot C_2 \cdot a} \\ I_2(l+a) = I(a) \cdot e^{-x_\lambda \cdot C_1 \cdot l} \end{cases} \quad (2)$$

- где $I_1(l)$ – интенсивность светового потока, прошедшего через измерительную ячейку 1;
- $I(a)$ – интенсивность светового потока, прошедшего через дополнительную ячейку;
- $I_2(l+a)$ – интенсивность светового потока, прошедшего через дополнительную и измерительную ячейку 2;
- C_1 – концентрация паров воды в измерительных ячейках 1 и 2;
- C_2 – концентрация паров воды в дополнительной ячейке;
- C_3 – концентрация паров воды в опорной ячейке 3;
- a – длина дополнительной ячейки.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Решив систему уравнений (2), получим выражение для вычисления концентрации паров воды в природном газе:

$$C_1 = \frac{\ln((I_1(l) - I_3(l)) / I_0) \cdot C_2 a}{l(\ln((I_2(l+a) - I_3(l)) / I_0) - \ln((I_1(l) - I_3(l)) / I_0))}$$

Из данного выражения видно, что искомый параметр (C_1) зависит от интенсивностей световых потоков, поступающих на фотоприемники 1, 2, 3.

На основе проведенного анализа научно-технической и патентной литературы, выбранного метода измерения влажности и теории тестовых методов повышения точности в настоящем исследовании была предложена блок-схема устройства контроля влажности природного газа (рис. 3).

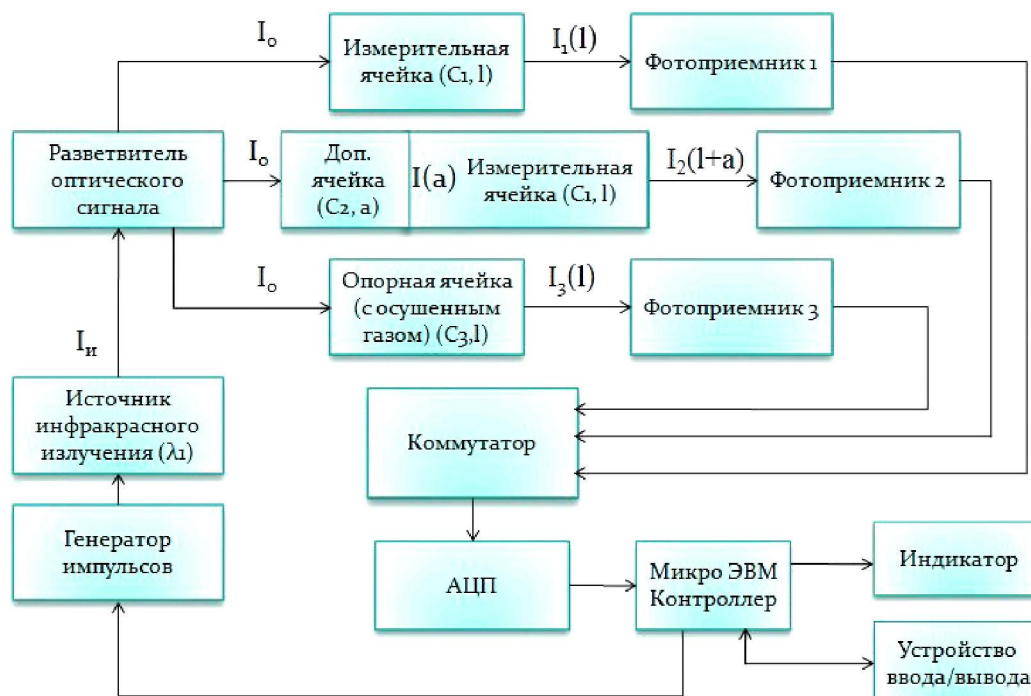


Рис. 3. Блок-схема разработанного устройства контроля влажности природного газа

Принцип действия устройства. Генератор импульсов формирует сигнал, который поступает в источник инфракрасного излучения.

Световой луч от источника инфракрасного излучения, проходя через разветвитель оптического сигнала, делится на три луча равной интенсивности:

- один поступает в измерительную ячейку с контролируемым влажным газом;
- второй – в систему «измерительная ячейка с контролируемым влажным газом + дополнительная ячейка»;
- третий в опорную ячейку с осушенным газом.

На выходе ячеек лучи будут иметь разную интенсивность. Затем световые лучи попадают на фотоприемники 1, 2, 3.

Сигналы с фотоприемников поступают на коммутатор, который осуществляет последовательное переключение каналов, соединяющих фотоприемники с АЦП. Полученный сигнал подвергается кодировке в аналогово-цифровом преобразователе (АЦП). Далее цифровой сигнал поступает на контроллер (микро-ЭВМ).

Индикатор отображает содержание влаги в пробе анализируемого газа. С помощью устройства ввода/вывода осуществляется передача сигнала из контроллера (микро-ЭВМ) другим устройствам.

Обоснование выбора метода измерения, диапазона инфракрасного спектра, использование тестовых методов повышения точности позволили осуществить разработку оптического устройства контроля влажности природного газа, обладающего рядом преимуществ, а именно:

- высоким быстродействием (принцип действия не связан с сорбционными процессами и с измерением температуры точки росы);
- высокой точностью измерения (оптический метод и избыточность системы за счет введения в нее дополнительных ячеек измерения);
- высокой надежностью (бесконтактный характер измерения).

Библиографический список

1. *Бромберг, Э. М.* Тестовые методы повышения точности измерений / Э. М. Бромберг, К. Л. Куликовский. – М. : Энергия, 1978. – 176 с.

2. *Зайнутдинов, Р. А.* Оптическое устройство измерения влажности природного газа на основе контроля поглощения и рассеяния инфракрасного излучения / Р. А. Зайнутдинов, А. И. Ключников // Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «АСТИНТЕХ – 2009» : мат-лы Междунар. науч. конф. (11–14 мая 2009 г.) / сост. И. Ю. Петрова. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2009. – С. 202–204.

УДК 654.9

ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ РЕГУЛИРУЕМОЙ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ*

**Г.Я. Карапетьян, В.Г. Днепровский,
В.Ф. Катаев, С.С. Старыгин, Д.В. Сердюков**

Разработано и изготовлено устройство для измерения перемещений с помощью регулируемой линии задержки на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Измерение перемещений осуществляется за счет того, что изменяется задержка сигнала, отраженного от валика, перемещающегося вдоль поверхности распространения ПАВ в линии задержки. Такое устройство может работать в режиме отражения опрашивающего электромагнитного сигнала, т.е. быть пассивным и беспроводным. Максимальное измеряемое перемещение в таком датчике равно 14 мм с точностью $\pm 0,1$ мм.

Ключевые слова: *поверхностные акустические волны, перемещение, встречно-штыревой преобразователь.*

Key words: *surface acoustic wave, moving, interdigital transducer.*

Дистанционный контроль физических параметров (давления, температуры, влажности, напряженного состояния, радиационного фона) в настоящее время решается с помощью различных датчиков по радиосигналу, т.е. к датчику прилагается радиопередатчик, который

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №10-08-00700-а.