

УДК 681.586.57

Р.А. Зайнутдинов, А.И. Ключников, М.В. Хиврин

ОПТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ГАЗА

Рассмотрены современные методы и устройства измерения влажности газа, выявлены их недостатки. Предложено устройство для измерения влажности горючего газа с высокими быстродействием и точностью измерения, повышенной надежностью.

Ключевые слова: влажность газа, емкостной датчик, электропроводный датчик.

Семинар № 24

Измерение влажности газов является актуальной задачей для различных отраслей промышленности, в том числе и для горного дела. Для измерения влажности используются гигрометры – устройства, чувствительные элементы которых избирательно реагируют на изменение концентрации воды.

В настоящее время наибольшее применение нашли емкостные и электропроводные датчики, а также датчики, определяющие влажность газов по точке росы.

В емкостных датчиках конденсаторы с воздушным диэлектриком используются как датчики относительной влажности, поскольку от количества водяных паров в атмосфере зависит диэлектрическая проницаемость воздуха. Пространство между пластинами конденсатора может быть заполнено не воздухом, а соответствующим изоляционным материалом, диэлектрическая проницаемость которого сильно зависит от влажности окружающей среды. Например, существуют емкостные датчики, сформированные на основе гигроскопической полимерной пленки с нанесенными с двух сторон металлическими электродами.

К электропроводным датчикам относятся резистивные и термисторные.

Резистивные датчики влажности или гигристоры реализуются на принципе зависимости сопротивления неметаллических проводников от содержания в них воды. В качестве чувствительного материала используется материал, обладающий сравнительно низким удельным сопротивлением, которое сильно зависит от влажности окружающей среды. Слой такого материала довольно большой площади наносится на поверхность двух электродов. Когда он поглощает молекулы воды, сопротивление между электродами меняется, что регистрируется при помощи электронной схемы.

Термисторные датчики измеряют влажность по изменению теплопроводности газов. Такие датчики состоят из двух миниатюрных термисторов R_1 и R_2 , закрепленных при помощи очень тонких проводов для снижения тепловых потерь через корпус. Измеряемый газ через небольшие вентиляционные отверстия воздействует на один термистор, при этом другой термистор размещается в герметичной камере с сухим возду-

хом. Оба термистора включены в мостовую схему, на которую подается напряжение. При прохождении через термисторы тока, их температура повышается относительно температуры окружающей среды. Влага, находящаяся в измеряемом газе воздействует на один из термисторов, что приводит к разбалансировке моста. Ток, затрачиваемый для восстановления баланса, является мерой влажности газа. Балансировка моста проводится в условиях сухого воздуха, в уравновешенном состоянии выходное напряжение должно быть равно нулю.

Датчики, определяющие влажность по температуре точки росы (при этой температуре жидккая и газовая фазы воды находятся в равновесии) при известном значении давления. Поскольку каждой температуре точки росы соответствует только одно значение давления насыщенного пара, то всегда можно найти абсолютную влажность. В свою очередь точку росы можно определить с помощью оптического или пьезоэлектрического гигрометра [1].

Для измерения влажности газа в газовой промышленности применяются и другие датчики, использующие иные принципы измерения, например, принцип разности частот квадцевых генераторов (в датчиках Ametek 3050-OLV, Ametek 5000), принцип электролитического разложения поглощенной из газа влаги (Байкал-5Ц) и другие. Этим методам и датчикам присущи существенные недостатки: большие габаритные размеры, длительный процесс измерения, относительно высокая стоимость, низкая надежность.

Поэтому для горнодобывающей и газовой промышленности предлагается устройство, основанное на новом

способе измерения влажности, обладающего высоким быстродействием и повышенной точностью. В основе, предлагаемого устройства, лежит оптический абсорбционный метод измерения влажности, предложенный в патенте (класс G 01 N) «Способ измерения оптического сигнала при использовании амплитудных оптических датчиков». [2]

Сущность способа измерения оптического сигнала заключается в следующем: оптический сигнал пропускают через волоконно-оптическую линию и амплитудный оптический датчик. Оптический сигнал подают в виде импульсов, при этом сигнал разделяют на два, один из которых пропускают через амплитудный оптический датчик, а другой - через линию задержки. Об изменении контролируемого параметра судят по амплитудам импульсов, прошедших через амплитудный оптический датчик и линию задержки.

С целью увеличения точности измерения схема усовершенствована: добавлена опорная ячейка и измерения производятся не только по изменению интенсивности излучения, прошедшего через измерительную ячейку (поглощение), но и по изменению интенсивности рассеянного света.

В предлагаемом устройстве применен следующий принцип измерения. Водяной пар имеет характерные полосы поглощения в инфракрасной области спектра. Для выбора диапазона длин волн, на которых будет вестись измерение влажности газа, используется спектр поглощения паров воды, приведенный на рис. 1. По величине поглощенного излучения, прошедшего сквозь газовую пробу, можно измерить концентрацию водяного пара в газе.

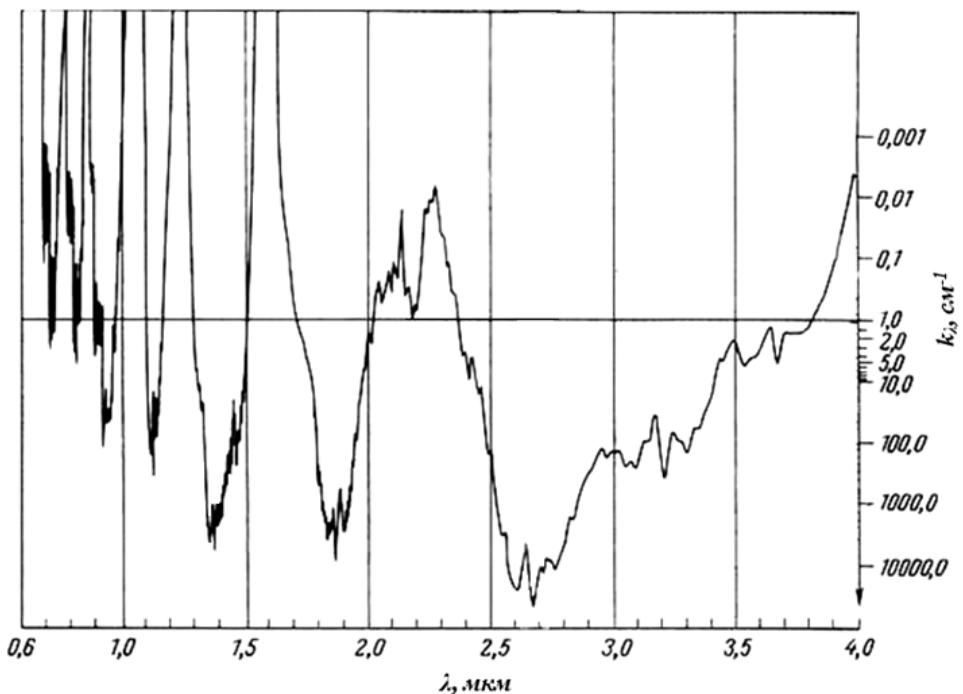


Рис. 1. Спектр поглощения паров воды

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

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

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

Кроме того, при прохождении света через газовую пробу, часть светового излучения рассеивается. Зависимость коэффициента рассеяния (k_p) от длины волны (λ) была выведена Джоном Релеем [3]:

$$k_p \sim 1/\lambda^4$$

Выбор длины волны осуществляется по графику спектра поглощения

паров воды, отражающему зависимость коэффициента поглощения влаги от длины волны излучения. Длина волны излучения подбирается такой, чтобы коэффициент поглощения был максимальен.

На рис. 2 приведена блок-схема оптического устройства измерения влажности горючего газа.

Предлагаемое устройство работает следующим образом:

Световой пучок, от источника инфракрасного излучения, проходя через оптическое устройство, делится на два луча, один из которых поступает в измерительную ячейку с контролируемым влажным газом, а другой в опорную ячейку с сухим газом. Интенсивность светового луча, при прохождении его через измерительную ячейку, снижается, в то время как интенсивность светового пучка,

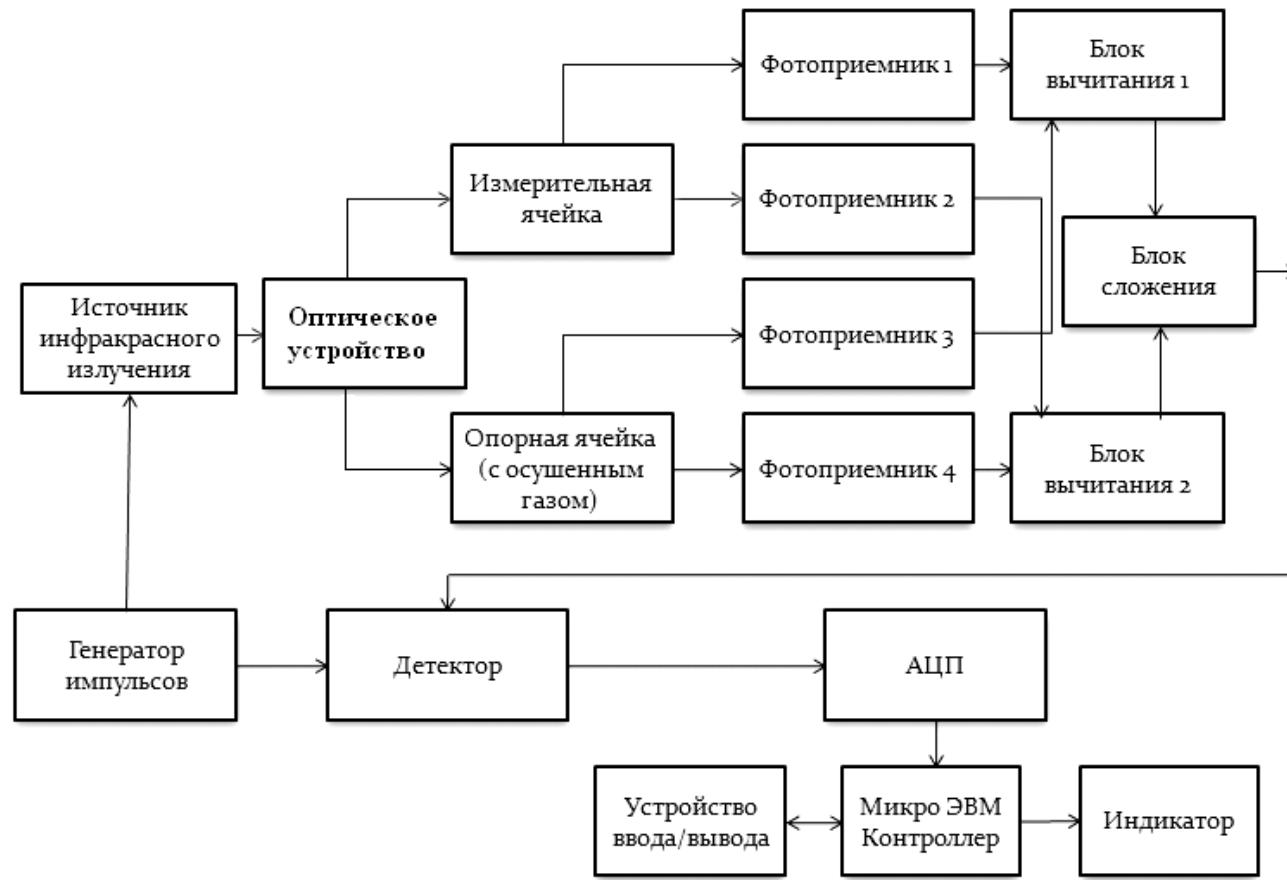


Рис. 2. Блок-схема устройства измерения влажности газа

прошедшего через опорную ячейку, практически не изменяется. Кроме того, часть светового пучка рассеивается. Световые лучи, после измерительной и опорной ячеек попадают на фотоприемники. Фотоприемники 1 и 3 принимают рассеянный свет. Фотоприемники 2 и 4 реагируют на поглощение светового луча. Сигналы, полученные с фотоприемников, поступают в блоки вычитания 1 и 2. В блоке вычитания 1 вычисляется разность сигналов, полученных с фотоприемников 1 и 3, а в блоке вычитания 2 – разность сигналов, полученных с фотоприемников 2 и 4. Полученный в блоке сложения сигнал преобразуется в АЦП. Далее цифровой сигнал поступает на Микро ЭВМ. Индикатор отображает содержание влаги в пробе анализируемого газа. С помощью устройства ввода/вывода осуществляется передача сигнала из Микро ЭВМ другим устройствам.

Поскольку мощность светового пучка составляет всего лишь несколько милливатт, то использование специальных устройств взрывозащиты не требуется.

Заключение

Таким образом, предложено устройство, работа которого основана на более совершенном, оптическом принципе измерения влажности газа, обладающем рядом преимуществ, а именно:

- высоким быстродействием (принцип действия не связан с сорбционными процессами и с измерением температуры точки росы);
- высокой точностью измерения (наличие опорной ячейки и учет не только поглощения, но и рассеяния оптического сигнала);
- высокой надежностью (бесконтактный характер измерения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник. Москва: Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Патент 2069349 РФ, МПК6 G 01 № 21/39. Способ измерения оптического сигнала при использовании амплитудных оптических датчиков/ Д.А. Белогуров, М.В. Бойков, И.А. Козленков, Т.В. Машкова, О.В. Тарасова, М.В. Хиврин; Государствен-
- ный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по автоматизации угольной промышленности. № 93040328 / 25; Заяв. 09.08.1993; Опубл. 20.11.1996, Бюл. № 32.
3. Бусурин В.И., Носов Ю.Р. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с. ГИАБ

Коротко об авторах

Зайнутдинов Р.А. – магистрант Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина, rzain@mail.ru

Ключников А.И. – кандидат технических наук, доцент Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. lik_2004@mail.ru

Хиврин М.В. – кандидат технических наук, доцент Московского государственного горного университета, hivrin@mail.ru