

Влагометрия природного газа — новые возможности. Российский лазерный гигрометр

В.Н. Бойков

генеральный директор¹

О.Б. Выскупенко

в.н.с.¹

vyuskubenko@binar.ru

В.М. Карюк

директор²

karuk@binar.ru

И.В. Морозов

в.н.с.²

morozov@binar.ru

¹ООО «Галан», Саров, Россия

²ООО «Объединение БИНАР», Саров, Россия

Рассмотрены проблемы регистрации влаги существующими типами гигрометров при наличии примесей в природном газе. Отмечается отсутствие способов решения проблем для примесей, образующих с водой истинные растворы, в частности, для метанола. Предложена альтернатива — лазерный гигрометр ГЛ-02, работающий на основе лазерной спектроскопии. ГЛ-02 определяет влагу по ослаблению света на определенной длине волны, соответствующей одной из линий в спектре поглощения молекул воды. По принципу своей работы прибор является эталоном влагосодержания. Первичной измеряемой величиной является количество молекул воды в единице объема газа. ГЛ-02 решает общую проблему влагометрии природного газа — влияние примесей, в частности, метанола и гликолей. Прибор регистрирует только воду.

Ключевые слова

влагометрия, влажность, температура точки росы, природный газ, лазерная спектроскопия, измерительная система, гигрометр, конденсационный измеритель влаги

Вопросы, связанные с влажностью природного газа, имеют прямое отношение к таким важным проблемам газовой отрасли, как использование газа в качестве топлива, подготовка газа к дальнему транспорту, поставка газа на экспорт и многим другим.

Существует две группы гигрометров, использующих принципиально различные подходы к определению влаги. К первой группе относятся конденсационные приборы с охлаждаемым зеркалом для определения температуры точки росы (ТТР). Первичной измеряемой величиной в них является температура зеркала, при которой наступает интенсивное рассеяние света, связываемое с появлением конденсата. ТТР указывается для определенного давления газа, как правило, нормального или «контрактного» — 40 т. атм. Вторая группа — измерители массовой концентрации воды, у которых первичная измеряемая величина — г/м³ или ppm.

Для сравнения показаний этих двух групп приборов требуется переход от массовых концентраций воды к температуре точки росы или наоборот. В зависимости от области применения, а также от национальных стандартов или договоренностей, для характеристики влажности газа могут быть использованы обе величины. Для природного газа в России перевод одних единиц в другие осуществляется по таблицам или формулам ГОСТ Р 53763-2009, основанным на международном стандарте ISO 18453-2004.

Все гигрометры проходят калибровку и поверку на эталонах (чистых газах) и имеют соответствующие сертификаты. Тем не менее, при эксплуатации в реальных условиях приборы начинают показывать различные результаты. Причиной проблем является сложный состав природного газа. Именно наличие примесей, искажающее результаты

измерений, становится ключевым звеном всей проблемы влагометрии природного газа [1].

Для конденсационных гигрометров существует две ТТР для отрицательных температур — по льду и по переохлажденной воде. Особенность заключается в том, что при одинаковой концентрации воды, ТТР по переохлажденной воде на несколько градусов ниже, чем по льду. Имеется отличие в физике конденсации примесей, растворяющихся и не растворяющихся в воде. Для взаимно-нерастворимых компонент (к ним относятся: вода/углеводороды) работает закон «Дальтона»: вода конденсируется независимо от примесей. В этом случае визуально на зеркале конденсационных приборов воду можно отличить от «углеводородов». Для спиртов и других полярных жидкостей, образующих истинные растворы с водой, работает закон «Рауля»: на зеркале не наблюдается различий по виду конденсатов — выпадает раствор, а не компоненты по очереди. При этом температура конденсации раствора может принимать любые значения в диапазоне от ТТР воды до ТТР растворителя, в зависимости и от их концентраций и от давления газа. Конденсационные приборы не в состоянии отличить от воды такие распространенные, растворяющие воду примеси, как метанол, ди- и три-этиленгликоли, широко используемые для осушки природного газа.

Проблема сорбционных гигрометров, регистрирующих массовую концентрацию воды, кроется в самом принципе их работы — в сорбции. На сложных составах газа сорбируется не только вода, но и другие примеси. Более того, ряд примесей, в частности, метанол, могут приводить к необратимым изменениям в чувствительном элементе и выходу приборов из строя.

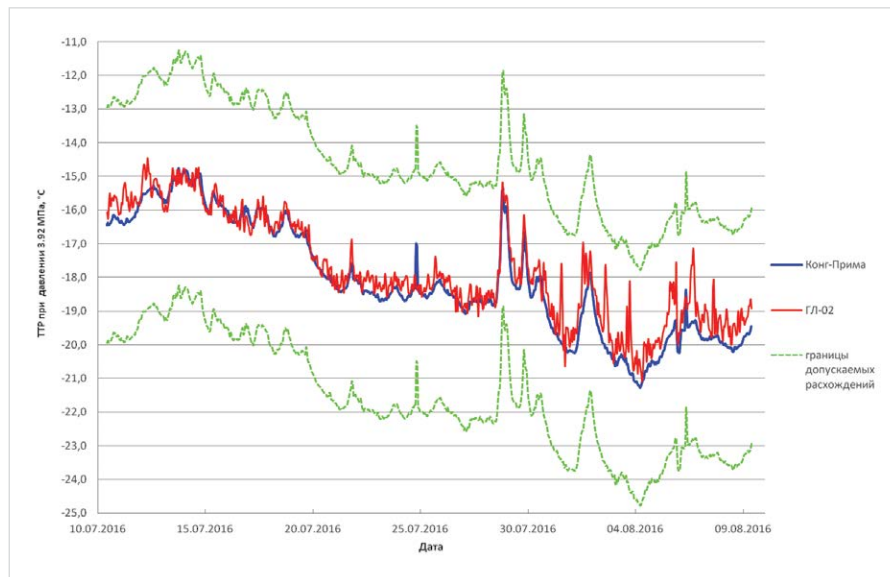


Рис. 1 — Среднечасовые данные о ТТР природного газа г/п «Уренгой-Ужгород» при давлении 3,92 МПа, полученные гигрометрами «ГЛ-02» и «Конг-Прима-10» за период с 10:00 10.07.16 по 10:00 09.08.16

Новые возможности в измерениях влажности природного газа связываются с началом производства компанией ООО «Галан» гигрометра нового типа — первого в России лазерного гигрометра ГЛ-02, работающего на основе лазерной спектроскопии [2, 3]. Его использование решает общую проблему существующих приборов — влияние метанола и гликолей при измерении влажности природного газа.

Лазерный гигрометр ГЛ-02

ГЛ-02 работает на основе лазерной спектроскопии: определяет влагу по ослаблению света на определенной длине волны, соответствующей одной из линий в спектре поглощения молекул воды. По принципу своей работы прибор является эталоном влагосодержания, так как для измерения не требует проведения каких-либо калибровок. Для вычисления концентрации воды необходимо знать только величину ослабления света, длину светового луча и независимую физическую константу — сечение взаимодействия фотонов с молекулами воды для выбранной спектральной линии. Измерения происходят в оптической кювете цилиндрической формы при редуцированном давлении газа, примерно равном атмосферному. Первичной измеряемой величиной является количество молекул воды в единице объема газа, с которой прямо связаны следующие единицы измерения: ppm (миллионные доли

содержания воды по объему) и массовая концентрация воды (граммы на единицу объема). Поверка прибора осуществляется для подтверждения исправности прибора и обеспечения требований Закона РФ «Об обеспечении единства измерений». Прибор работает непрерывно при наличии напряжения сети и не требует от персонала каких-либо действий в процессе работы.

Лазерные анализаторы лишены тепловой инерции конденсационных процессов и охлаждаемых зеркал и по своей природе должны быстрее реагировать на изменения измеряемого параметра — количества влаги. Время установления результата в лазерном анализаторе определяется временем обновления газа в транспортном трубопроводе и измерительной кювете. Лазерный анализатор регистрирует только воду. Веществ, имеющих близкие спектральные линии, которые могли бы создать помехи измерениям, пока не выявлено.

Одним из объектов, на котором проводились испытания гигрометра ГЛ-02, был магистральный газопровод «Уренгой-Ужгород», по которому передается относительно чистый природный газ, что позволило произвести сравнение показаний гигрометра ГЛ-02 со штатным потоковым гигрометром «Конг-Прима-10». По результатам полевых испытаний на газопроводе «Уренгой-Ужгород», получено подтверждение применимости ГОСТ Р 53763-2009 для сопоставления двух подходов

представления влажности природного газа. В пересчете показаний приборов на контрактное давление по ГОСТ Р 53763-2009 абсолютное расхождение результатов в среднем составляет 0,6 °C (рис. 1). Систематического характера расхождений не выявлено.

Устройство лазерного гигрометра ГЛ-02 приведено на рис. 2.

Перестраиваемый лазерный диод размещен в герметичном отсеке. Свет передается через окно, выполненное из прозрачного материала, многократно проходит через кювету, отражаясь от зеркал и попадает на выходной фотодиод, где измеряется его интенсивность. По отношению силы света лазера на входе и на выходе кюветы определяется поглощение для излучаемой длины волны света.

Управление лазером, блок питания и цепи преобразования сигнала размещаются в электронном блоке в корпусе прибора. Дисплей обеспечивает цифровую индикацию результатов измерений и программируемых пользователем параметров. Анализатор имеет два (4–20 мА) аналоговых выхода и цифровой порт RS-485 с протоколом Modbus. Программное обеспечение предоставляет возможность удаленного чтения, программирования и регистрации данных.

Внешний вид прибора представлен на рис. 3.

Анализатор содержит интегрированную систему отбора проб, которая включает в

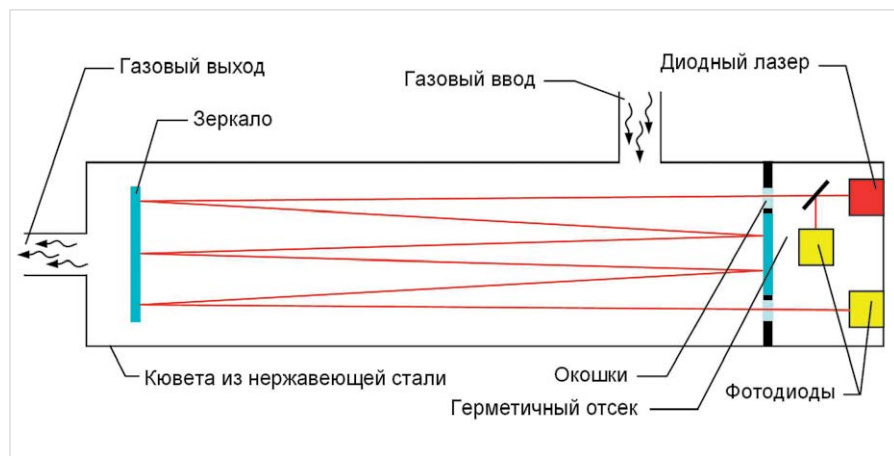


Рис. 2 — Схема лазерной кюветы



Рис. 3 — Внешний вид лазерного гигрометра (размеры)



Рис. 4 — Внутреннее устройство гигрометра ГЛ-02. Измерительная кювета

себя входной запорный шаровой клапан, фильтр отделения конденсированных фракций, игольчатый вентиль регулирования промывочного потока фильтра, игольчатый вентиль регулирования расхода газа в кювете, редуктор, понижающий давление до величин, обеспечивающих плавную регулировку расхода, индикатор расхода (ротаметр) со встроенным запорным вентилем. Также имеется трехходовой кран для переключения кюветы на продувочную магистраль для очистки и игольчатый вентиль регулирования продувки. Все детали прибора изготовлены из нержавеющей стали.

Основные характеристики лазерного гигрометра ГЛ-02:

- диапазон измерений концентрации водяных паров — от 10 до 23000 ppm;
- диапазон измерений ТТР — от -60 до +20 °С;
- абсолютная погрешность: в поддиапазоне от -60 до -50 °С до $\pm 2^\circ\text{C}$; в поддиапазоне от -50 до +20 °С до $\pm 1^\circ\text{C}$;
- входное давление пробы газа — до 10 МПа;
- расход газа через прибор — 0,2–1 норм. л/мин;

- минимальное время цикла измерений — 1 мин;
- архив измерений — более 45 суток при периоде записи 5 мин.;
- передача данных — интерфейс RS485, протокол Modbus/RTU;
- два выхода 4–20 мА;
- питание 220 В, 50 Гц;
- масса с системой проботбора — не более 75 кг;
- потребляемая мощность — не более 200 ВА;
- температура окружающего воздуха — от -30 до +50 °С;
- защищенность оболочки — IP54 по ГОСТ 14254-96;
- взрывозащитное исполнение соответствует 1Ex e ib d IIB T3X; IIGb с ТЗ.



**607188, Нижегородская обл., г. Саров,
Южное шоссе, д. 12, стр. 15А
+7 (83130) 7-53-62, 7-53-53
boikov@binar.ru
www.binar.ru**

Выводы

1. Начато производство первого в России гигрометра нового типа, работающего на основе лазерной спектроскопии. Его использование решает общую проблему влагометрии природного газа — влияние примесей, в частности метанола и гликолей. Прибор регистрирует только воду.
2. Появляется возможность в качестве средства измерений влаги массово использовать приборы, обладающие свойствами эталона влагосодержания.

Список литературы

1. Москалев И.Н., Битюков В.С., Филоненко А.С., Гаврилин А.К. и др. Влагометрия природного газа: Состояние и проблемы. М.: ИРЦ Газпром, 1999. 36 с.
2. Карюк В. М., Выскубенко О.Б. Патент РФ №90904. Устройство для измерения содержания водяного пара в природном газе. Заявл. 05.03.2009. Оpubл. 20.01.2010.
3. Бойков В.Н., Выскубенко О.Б., Карюк В.М., Морозов И.В. Российский лазерный гигрометр // Экспозиция Нефть Газ. 2017. №1 (54). С. 62–64.

ENGLISH

MEASURING EQUIPMENT

Water-cut log of natural gas — new capabilities. Russian laser hygrometer

UDC 681.2.08

Authors:

Valeriy N. Boykov — general director¹

Oleg B. Vyskubenko — lead researcher²; vyskubenko@binar.ru

Vladimir M. Karuk — director²; karuk@binar.ru

Ivan V. Morozov — lead researcher²; morozov@binar.ru

¹“Galan” LLC, Sarov, Russian Federation

²“BINAR” LLC, Sarov, Russian Federation

Abstract

The article describes the problem of humidity logging, using existing types of hygrometers, if there are inclusions in natural gas.

As it was noted, there are no ways of solution, concerning with inclusions, that form regular solutions, including methanol.

The founded alternative — is the laser hygrometer GL-02, which is based on the laser spectroscopy. GL-02 logs the humidity by extinction of light at a certain wave length, corresponding to one of the lines of water molecules absorption spectrum. According to the principle

of its operation process, the device is considered to be the standard of humidity content.

The quantity of water molecules — is the primary measurable quantity in gas volume. GL-02 can solve the main problem of natural gas water-cut log — the effect of inclusions, including methanol and glycols. The device registers only water.

Conclusions

1. The manufacturing of the hygrometer of a new type, first in Russia, based on the laser spectroscopy, has been started. The device

can solve the main problem of natural gas water-cut log — the effect of inclusions, including methanol and glycols. The device registers only water.

2. The opportunity of using the indicators with properties of humidity content standard as the main measuring device is appeared.

Keywords

water-cut log, humidity, dew point temperature, natural gas, laser spectroscopy, measurable system, hygrometer, condensing humidity measuring instrument

References

1. Moskaev I.N., Bitjukov B.C., Filonenko A.S., Gavrilin A.K. and oth. *Vlagometriya prirodnogo gaza: Sostoyanie i problem* [Water-cut log of natural gas. State and problems]. Moscow: IRTs Gazprom, 1999, 36 p.
2. Karyuk V. M., Vyskubenko O.B. *Patent RF №90904. Ustroystvo dlya izmereniya soderzhaniya vodyanogo para v prirodnom gaze* [Device for measuring the water vapor content in natural gas]. Declared 05.03.2009. Published 20.01.2010.
3. Boykov V.N., Vyskubenko O.B., Karyuk V.M., Morozov I.V. *Rossiyskiy lazernyy gigrometr* [Russian laser hygrometer]. Exposition Oil Gas, 2017, issue 1(54), pp. 62–64.