УДК 681.2

Исследование метрологических характеристик средства измерений влажности для применения его в качестве эталона

Н.И. Сибгатуллин
магистр технический наук, инженер[1]
office@ooostp.ru

В.В. Фефелов
начальник отдела испытания[1]

А.А. Сафиуллин
инженер[1]

М.В. Погодин
заместитель начальника отдела испытаний[1]

[1]Метрологический центр «СТП», Казань, Россия

Контроль влажности газа осуществляют измерением температуры точки росы газа непосредственно в газовых магистралях с помощью погружных датчиков влажности, либо с помощью пробоотборных систем. Данная процедура обеспечивает возможность контроля однофазности газовой среды и исключает возникновение неточности измерения объемного расхода газовой среды в рабочих условиях. Возникает необходимость наличия эталонной базы для контроля метрологических характеристик средств измерений влажности. На территории Российской Федерации на данный момент не в полной мере обеспечивается полнота поверочной схемы для средств измерения влажности газов.

Материалы и методы
Для аттестации оборудования в качестве эталонного необходимо провести исследование его метрологических характеристик и подтвердить его заявленные характеристики, используя эталон более высокой точности с целью обеспечить передачу единиц влажности газов с необходимой точностью.

Ключевые слова
температура точки росы, гигрометрия, эталон, поверочная схема

Введение

На данный момент увеличение точности измерения объемного расхода в газовых магистралях различными типами расходомеров за счет контроля влияющих факторов является актуальной проблемой [1].

Контроль влажности газа осуществляют измерением температуры точки росы (далее о ТТР) газа непосредственно в газовых магистралях с помощью погружных датчиков влажности, либо с помощью пробоотборных систем. Данная процедура обеспечивает возможность контроля однофазности газовой среды и исключает возникновение неточности измерений объемного расхода газовой среды в рабочих условиях. Ввиду большого количества рабочих средств измерений ТТР возникает необходимость наличия средства для их поверки.

Для испытаний в целях утверждения типа средства измерения в качестве рабочего эталона первого разряда необходимо подтвердить метрологические характеристики выбранного средства измерений. Для этих целей был задействован Государственных первичный эталон единиц влажности газов ГЭТ 151 (далее — ГЭТ 151).

Описание и принцип работы выбранных средств измерений

Для утверждения типа в качестве первичного эталона было выбрано средство измерений «Анализатор точки росы Optica» (далее — гигрометр) производства фирмы General Eastern. Гигрометр конструктивно выполнен в виде двух разделенных блоков: электронного блока и измерительного преобразователя. В качестве измерительного преобразователя используют сенсоры проточного типа D-2 или 1211H.

Кондексирующее зеркало подсвечивается высокоинтенсивными полупроводниковыми светодиодами. Фотодетектор контролирует отражение света диодов от зеркала. Фотодетектор полностью освещен, когда на зеркале нет росы, а при образовании росы степеть его освещенности снижается. Отдельная пара «светодиод+фотодетектор» используется в качестве известного эталона для компенсации любых температурных изменений среди оптических компонентов. Фотодетекторы подключены к контуру электрического моста, который на выходе дает значение тока, зависящее от уровня освещения, отражаемого зеркалом. Вывод моста контролирует подачу тока на термоэлектрический охладитель.

Большой ток моста вырабатывается в случае, когда зеркало сухое, охлаждая зеркало до точки росы. В случае начала выпадения росы на зеркале, зеркало отражает меньше света, тем самым снижая вывод тока моста. Это, в свою очередь, снижает уровень тока в охлаждающем контуре. Петля обратной связи внутри амплификатора обеспечивает критическую редакцию, проводящую к быстрой стабилизации зеркала при температуре образования тонкого слоя росы или инея на его поверхности. Точных термометр, установленный внутри зеркала, позволяет непосредственно контролировать температуру образования росы. Подробно данный процесс отображен на рисунке 1.

Основными составными частями эталона ГЭТ 151 являются эталонные генераторы влажного газа. На рисунке 2 представлена схема эталонного генератора положительных температур. На вход генератора подается рабочий газ от источника сжатого газа (баллона) через понижающий редуктор. Редуктор предназначен для задания и поддержания абсолютного давления газа в системе от 0,1 МПа до 2,0 МПа. Далее газ с заданным давлением по трубкам теплообменника поступает в систему насыщения

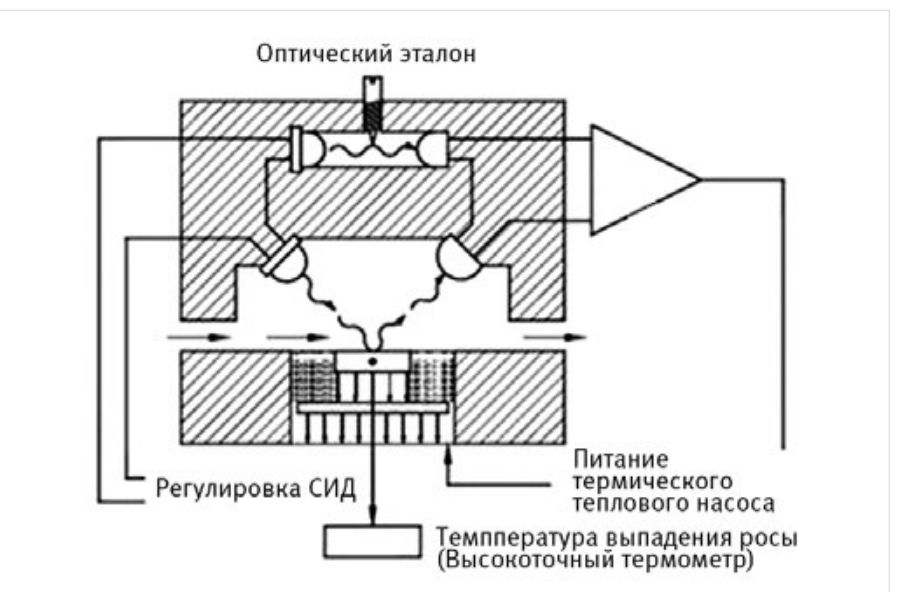

Рис. 1 — Принцип работы гигрометра

1–3 и затем с помощью игольчатого изотермического дросселя 4 происходит снижение давления влажного газа. После дросселя влажный газ может подаваться либо в рабочую камеру 5, либо на внешний гигрометр. Из рабочей камеры газ выходит в атмосферу через расходомер. Насытитель, дроссель и рабочая камера помещены в рабочий объем жидкостного термостата 6, температура которого задается и поддерживается системой терморегулирования. В эталонном генераторе положительных температур рабочей термостатирующей жидкостью является вода и для нагрева используются электронагреватели. При температуре насыщения, превыщающей +15°С охлаждение производится фреоном, проходящему по второму контуру змеевика в подготовительном объеме термостата от холодильной машины. При рабочей температуре ниже +15°С охлаждение производится фреоном, проходящему по второму контуру змеевика в подготовительном объеме термостата от холодильной машины. Система насыщения эталонного генератора положительных температур является двухступенчатой. На первой ступени предварительного насыщения, состоящей из двух соединенных параллельно насытителей 1, 2 происходит разделение потока газа. Это приводит к снижению расхода газа в каждом из насытителей, обеспечивающее большую эффективность насыщения и меньшее понижение температуры. При прохождении теплообменника, соединяющего предварительные и основной насытители, происходит компенсация снижения температуры газа, возникающая при предварительном насыщении, и затем газ поступает в основной насытитель 3. В эталонном генераторе положительных температур используются различные модификации насытителей-барбораторов. В каждом из насытителей газ при насыщении проходит столб воды длиной 0,2 м, разделенный на три ступени.

При работе с генератором отрицательных температур (рис.3) газ предварительно проходит подготовку в генераторе сухого газа. Это позволяет исключить перемерзание трубок. В эталонном генераторе отрицательных температур рабочей термостатирующей жидкостью является спирт, охлаждение производится с помощью жидкого азота, поступающего в подготовительный объем термостата через змеевик поочередно из одного из двух сосудов дьюара. Подача азота осуществляется с помощью погруженных в дьюары устройств подачи хладагента (УПХ1 и УПХ2) типа УПХ-81. В составе каждого УПХ имеется нагревательный элемент, клапан и термопара. Открывание клапана приводит УПХ в рабочее состояние, а с помощью регулирования длительности импульсов тока, проходящего через нагревательный элемент, осуществляется управление интенсивностью испарения азота и, следовательно, скоростью охлаждения. Термопара позволяет контролировать уровень азота в работающем сосуде дьюара и при окончании азота в нем автоматически включает подачу азота из второго (полного) дьюара.

Насытитель эталонного генератора отрицательных температур состоит из тарелок, стянутых шпильками. Чередование тарелок диаметрами 82 мм и 120 мм обеспечивает эффективный теплообмен газа с термостатирующей жидкостью и компенсацию снижения температуры газа при насыщении. Тарелки насытителя содержат направляющие, расположенные концентрически относительно оси тарелки. Цилиндрические переходы-патрубки служат для ограничения уровня последовательно из одной тарелки в другую. Вода, заливаемая в насытитель через штуцер, последовательно заполняет все тарелки до уровня патрубков, образуя в насытителе поверхность люда или воды длиной 2,4 м.

Избыточные давления газа в насытителях и рабочих камерах генераторов (или внешних гигрометрах) измеряется преобразователями ИПД, атмосферное давление — микробарографом.

Экспериментальная часть

Оценка возможности передачи размера физической величины испытуемым гигрометром рабочим эталонам 2-го разряда и рабочим средствам измерения проводится в течении времени необходимом для установления стабильности показаний гигрометра и ГЭТ 151, сто составляет не менее 30 минут для каждой выбранной точки в исследуемом диапазоне. Результаты измерения ТТР не должны отличаться от заданного занчения на величину суммарной абсолютной погрешности ГЭТ-151 и гигрометра.

Исследуемый диапазон температур точки росы от минус 35 до 25°С воспроизводится с помощью генераторов положительных и отрицательных температур в составе ГЭТ 151. Сравнение значений ТТР, генерируемых ГЭТ 151 и измеренных гигрометром, подтвердили высокую точность гигрометра. При этом учтены поправки на изменение температуры насыщенного газа, который успевает значительно изменить температуру за короткий промежуток времени с момента выхода из насытителя до поступления в проточный сенсор гигрометра. ТТР определяется при решении уравнения $e(T_d)f(P_k,T_d)=x_n(P_H,t_S)P_k$ методом последовательного приближения при начальном значении $f(P_k,T_d)=1$.

Отдельным пунктом в проведении испытаний является проверка обеспечения защиты программного обеспечения в соответствии с требованиями Р 50.2.077-2011 [3], ГОСТ Р 8.564-2009 [4], и МИ 3286-2010 [5].

Заключение

По результатам проведенных испытаний сформирован комплект документов в соответствии с нормативным документом МИ 3290-2010 [6] и направлен на экспертизу во Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Метрологической Службы.

Итоги

Введение нового эталонного средства измерения позволяет увеличить возможности эталонной базы средств измерения влажности газов, обеспечивая прослеживаемость передачи единиц влажности от средств измерений этих величин к национальному эталону в большей достоверностью. Позволяет избежать затраты на их калибровку на зарубежных эталонах.

Выводы

Данное исследование актуально для газодобывающих и газоперерабатывающих предприятий.

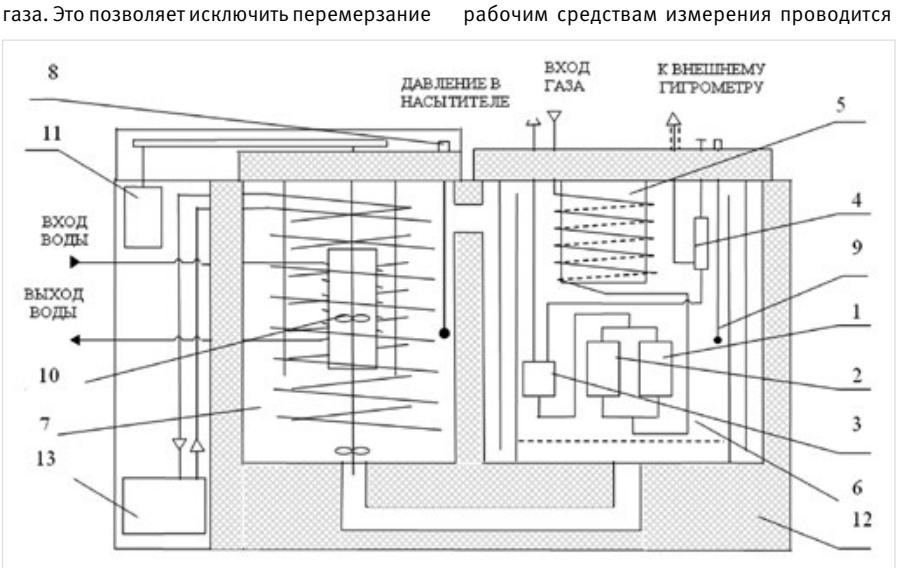

Рис. 2 — Эталонный генератор положительных температур: 1, 2 — предварительный насытитель; 3 — главный насытитель; 4 — дроссель; 5 — рабочая камера; 6 — рабочий объем; 7 — подготовительный объем; 8 — термометр терморегулятора; 9 — измерительный термометр; 10 — мешалка; 11 — двигатель; 12 — термостат; 13 — компрессионный холодильник

Список использованной литературы

1. Фафурин А.В., Шустрова М.Л. Точность измерения расхода сужающими устройствами // Вестник Казан. технол. ун-та. 2011. №22. С. 145–148.
2. Государственный первичный эталон единиц влажности газов ГЭТ 151. Доклад Федеральному агентству по техническому регулированию и метрологии. Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений. Восточно-Сибирский филиал. Иркутск. 2010. 51 с.
3. Р 50.2.077-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Испытания средств

измерений в целях утверждения типа. Проверка обеспечение защиты программного обеспечения. М.: Стандартинформ, 2007. 11 с.
4. ГОСТ Р 8.654-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2009. 16с.
5. МИ 3286-2010 Рекомендация. Проверка защиты программного обеспечения и определение ее уровня при испытаниях средств измерений в целях утверждения типа. М.: Росстандарт, 2010. 30 с.
6. МИ 3290-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Рекомендация по подготовке, оформлению и рассмотрению материалов испытаний средств измерений в целях утверждения типа. М.: Росстандарт, 2010. 34 с.
7. ГОСТ 8.547-2009 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения влажности газов. М.: Стандартинформ, 2010.

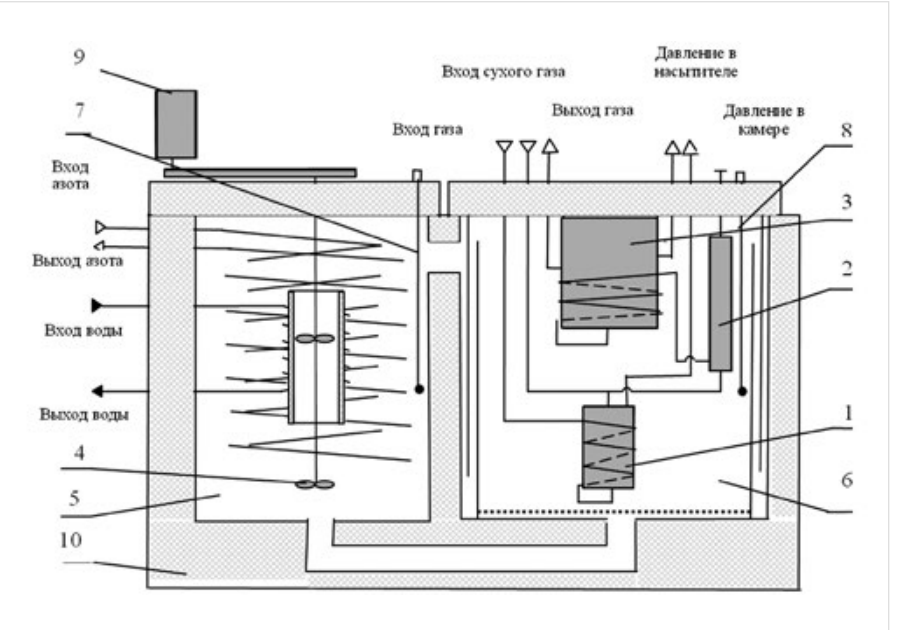

Рис. 3 — Эталонный генератор отрицательных температур: 1 — насытитель; 2 — дроссель; 3 — рабочая камера; 4 — мешалка; 5 — подготовительный объем; 6 — рабочий объем; 7 — термометр терморегулятора; 8 — термометр измерительный; 9 — двигатель мешалки; 10 — термостат

ENGLISH **MEASURING EQUIPMENT**

Study of the metrological characteristics of measuring instruments for humidity applying it as a reference

UDC 681.2

Authors:
Nail' I. Sibgatullin — master of technical sciences, engineer[1]; office@ooostp.ru
Vladimir V. Fefelov — head of test department[1]
Artur A. Safiullin — engineer[1]
Maksim V. Pogodin — deputy head of test department[1]

[1]Metrological center "STP", Kazan, Russian Federation

Abstract
Control of gas humidity is carried out by measuring the dewpoint temperature of the gas directly in the gas lines with submersible humidity sensors or by sampling systems. This procedure provides the ability to monitor single-phase gas environment and eliminates inaccuracies of volumetric flow rate of the gas medium in the field. There is need for a reference framework for the control of the metrological characteristics of measuring humidity. Nowadays in Russian Federation is not fully ensured the completeness of verification schedule for measuring the humidity of gases.

Materials and methods
For the qualification of equipment as a reference is necessary carry out a study of its metrological characteristics and confirm the claimed characteristics, using a higher standard of accuracy in order to ensure the transfer of units of gas humidity to the required accuracy.

Results
The introduction of new reference measurement tools can extend the ability of the standard base of measuring moisture content of gases, providing traceability of the transfer of moisture from the units of measurement of these quantities to the national standard in greater reliability. Avoids the cost of their calibration on foreign benchmark.

Conclusions
This study is important for gas production and gas processing plants.

Keywords
dew point temperature, hygrometry, standard, verification scheme

References
1. Fafurin A.V., Shustrova M.L. *Tochnost' izmereniya raskhoda suzhayushchimi ustroystvami* [Accuracy of flow measurement devices narrowing]. *Vestnik KSTU*, 2011, issue 22, pp. 145–148.
2. *Gosudarstvennyy pervichnyy etalon edinits vlazhnosti gazov GET 151* [State primary standard units of gas humidity GET 151]. Report to the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. Russian Scientific Research Institute of Physics and Technical Measurements. East Siberian Branch. Irkutsk, 2010, 51 p.
3. R 50.2.077-2011 *State system for ensuring the uniformity of measurements. Ispytaniya sredstv izmereniy v tselyakh utverzhdeniya tipa. Proverka obespechenie zashchity programmnogo obespecheniya* [Tests of measurement for type approval. Checking protection software]. Moscow: Standartinform, 2007, 11 p.
4. GOST R 8.654-2009 *State system for ensuring the uniformity of measurements. Trebovaniya k programmnomu obespecheniyu sredstv izmereniy. Osnovnye polozheniya* [The software requirements of measurement. The main provisions]. Moscow: Standartinform, 2009, 16 p.
5. MI 3286-2010 *Recommendation. Proverka zashchity programmnogo obespecheniya i opredelenie ee urovnya pri ispytaniyakh sredstv izmereniy v tselyakh utverzhdeniya tipa* [Verification of software protection and the determination of its level in tests of measurement for type approval]. Moscow: Rosstandart, 2010, 30 p.
6. MI 3290-2010 *State system for ensuring the uniformity of measurements. Rekomendatsiya po podgotovke, oformleniyu i rassmotreniyu materialov ispytaniy sredstv izmereniy v tselyakh utverzhdeniya tipa* [Recommendation for the preparation, design and review of materials testing equipment for the measurement of type approval]. Moscow: Rosstandart, 2010, 34 p.
7. GOST 8.547-2009 GSI. *Gosudarstvennaya poverochnaya skhema dlya sredstv izmereniya vlazhnosti gazov* [State verification schedule for means of measuring the moisture content of gases]. Moscow: Standartinform, 2010.