

Процесс проведения измерений в кондуктивном бомбовом калориметре состоит из двух основных этапов: этапа подготовки, длящегося от момента установки заправленной бомбы в ячейку калориметра до наступления стационарного теплового режима и поджога пробы, и собственно этапа измерений, длящегося от поджога до повторного наступления стационарного теплового режима. Каждый из указанных этапов может быть разделен на два периода: первый, существенно нестационарный, и второй, который может быть назван «регулярным» и в котором тепловые процессы могут быть с достаточно высокой точностью описаны экспоненциальной зависимостью от времени. На основании указанных особенностей периодов тепловых процессов предложены динамические методы сокращения длительности измерений.

Созданный калориметр для определения теплоты сгорания КТС-4 по метрологическим характеристикам не уступает зарубежным рабочим средствам измерения, а его стоимость — в 3...4 раза ниже.

Выводы

Применение квазидифференциальной схемы построения калориметра и использование динамических методов сокращения длительности измерений позволяют существенно улучшить эксплуатационные и метрологические свойства бомбовых калориметров теплового потока.

Список литературы

- [1] Воробьев Л. И. Бомбовые калориметры для определения теплоты сгорания топлива / Л. И. Воробьев, Т. Г. Грищенко, Л. В. Декуша // Инженерно-физический журнал. — 1997. — Т. 70. — № 5. — С. 828–839.
- [2] Корчагина Е. Н. Сравнительный анализ технических и метрологических характеристик бомбовых калориметров, применяемых в России / Е. Н. Корчагина, Е. В. Ермакова, В. И. Беляков // Измерительная техника. — 2011. — № 2. — С. 51–57.
- [3] <http://www.ika.com/Products-Lab-Eq/Calorimeters-Calorimeters-Oxygen-Bomb-calorimeter-csp-330-1/>
- [4] <http://www.leco.com/products /analytical-sciences /calorific-value/ac600-semi-automatic-isoperibol-calorimeter>
- [5] <http://www.parrinst.com/products /oxygen-bomb-calorimeters/>
- [6] Максимук Ю. В. Метрологическое обеспечение измерений теплоты сгорания твердых и жидких топлив / Максимук Ю. В., Фесько В. В., Васаренко И. В., Дубовик В. Г. // Приборы и методы измерений. — 2014. — № 2 (9). — С. 67–74
- [7] Патент України на винахід № 101716. Калориметр теплового потока/ Грищенко Т. Г., Декуша Л. В., Бурова З. А., Назаренко О. О., Воробьев Л. Й.; заявник і власник патенту ІТТФ НАНУ; опубліковано: 25.04.2013.

УДК 533.275.08

Н. О. Телега

Національний науковий центр «Інститут метрології», Харків, Україна

КАЛИБРУВАННЯ ДАТЧИКІВ ВОЛОГОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ НАСИЧЕНИХ СОЛЬОВИХ РОЗЧИНІВ

Recent research has shown that the necessity of gas humidity measurement and control is a growing problem in the world. For this reason NSC «Institute of metrology» has begun to carry out works on humidity unit standard creation. This work is actually on its early stages. Relative humidity sensors can drift over time and have a limited lifespan, thus it is important to regularly check their accuracy. There is still a common practice relative humidity sensor calibration using salt solutions. To calibrate the relative humidity sensor can be used saturated salt chambers. Humidity sensors calibration using salt solution is easiest and least expensive method.

Ключові слова: відносна вологість повітря, гігрометр, розчин солі, сольовий гігроскоп, калібрування.

У зв'язку із зростанням потреби застосування приладів, які вимірюють вологість повітря, виникає питання про метрологічне забезпечення вимірювання вологості повітря. Це актуально для харчових продуктів, фармацевтичних препаратів, хімічних речовин, палива, деревини, паперу, і багатьох інших продуктів. У зв'язку з цим зростає популярність таких приладів, як термогігрометри, реєстратори вологості, гігрографи, тощо.

Датчик вологості не може бути захищений герметично: його активні частини завжди піддаються впливу бруду і хімічних речовин в оточуючому повітрі. З цієї причини метрологічні характеристики датчиків відносної вологості можуть змінюватися протягом тривалого часу експлуатування і мають обмежений термін служби, тому важливо регулярно перевіряти їх точність.

У лабораторіях Європи та США для калібрування датчиків вологості використовуються генератори вологого повітря, засновані на різноманітних методах та калібрування за допомогою насичених сольових розчинів.

Використання насичених сольових розчинів мають найстаріший метод для відтворення відносної вологості. На обмеженому температурному діапазоні, насичений розчин чистої неорганічної солі з дистильованою водою викличе фіксовану відносну вологість в закритому повітряному просторі в близькому контакті з поверхнею рідини. Різні розчини викличуть широкий діапазон значень вологості, який наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Відносна вологість над поверхнею сольового розчину при різних значеннях температури

Насичений сольовий розчин	Температура, °C		
	10	20	30
	Відносна вологість, %		
Нітрат калію	96	95	92
Хлорид натрію	76	75	75
Карбонат калію	43	43	43
Хлорид магнію	33	33	32
Хлорид літію	11	11	11

Сольовий гігостат вологості повітря відноситься до пристроїв, призначених для контролю датчиків вологості повітря, і може використовуватися в різних приладах вимірювання і регулювання відносної вологості повітря, а також може бути використаний для атестації еталонних і контрольних датчиків вологості. Відомі стаціонарні і переносні гігостати, принцип дії яких заснований на зміні фізико-хімічних властивостей насичених розчинів солі. Але існує проблема забезпечення стабільності підтримування необхідної температури.

ННЦ "Інститут метрології" проводить роботи по створенню сольового гігостата на базі низькотемпературного калібруатора НК-060, стабільність підтримання температури якого 0,1 °C. Це дозволить забезпечити необхідну точність відтворення вологості повітря.

Конструктивно сольовий гігостат, виконаний у вигляді корпусу з герметизованою скляною або металевою коміркою, яка заповнена до певної позначки насиченим розчином солі, що є сумішшю дистильованої води та хімічно чистої солі без домішок. Зовнішній вигляд комірки з сольовим розчином наведено на рисунку 1, де 1 — вологе повітря над сольовим розчином, 2 — сольовий розчин 10–20 %, 3 — нерозчинена сіль 80–90 % [1].

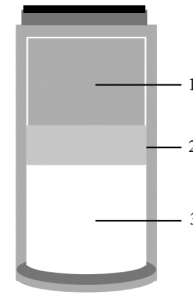


Рис. 1. Зовнішній вигляд комірки сольового гігостата

Згідно з законом Рауля відносна вологість повітря над насиченими солями визначається виразом:

$$\varphi = 1 - \frac{n_B M_B}{n_B M_B + n_C M_C},$$

де M_B та M_C — молекулярні маси води та розчиненої речовини; n_C — число молей речовини, що розчинені в n_B молях води.

Окремо необхідні високоточні термометр та гігрометр для контролю температури та вологості повітря над насиченим розчином солі і графік залежності відносної вологості над розчином солі від температури.

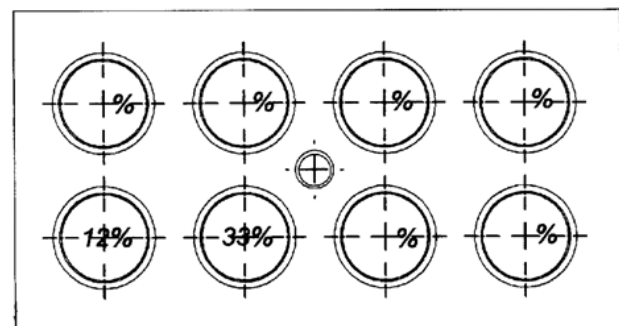
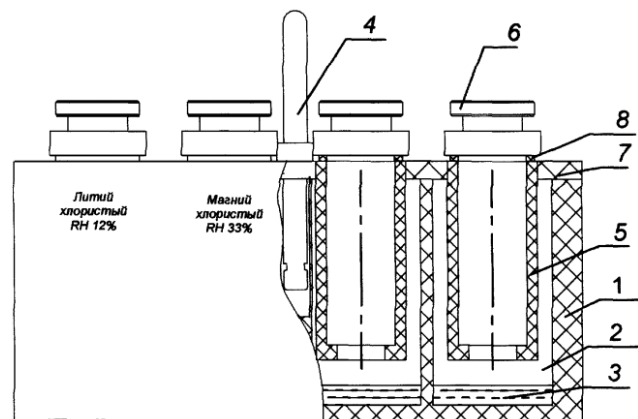


Рис. 2. Зовнішній вигляд сольового гігостату з декількома комірками

Для досягнення високої продуктивності і точності настройки датчиків сольовий гігостат може містити кілька комірок, які могли б містити кілька солей, які при одній температурі дають різні значення відносної вологості. Зовнішній вигляд такого виконання гігостату показано на рисунку 2, де 1 — прозорий корпус; 2 — комірки; 3 — розчини солей; 4 — термометр-гігрометр; 5 — пристосування від попадання розчину солі; 6 — пробка для герметизації; 7 — кришка; 8 — гумова прокладка кришки.

Контроль датчиків за допомогою такого сольового гігостата здійснюється наступним чином.

Контрольований датчик вологості повітря встановлюється на пристосування 5, яке вбудовано в комірку 2, і витримується в ній протягом 1–2 годин до досягнення рівноважної вологості. Герметичність комірки 2 при контролі забезпечується за допомогою гумової прокладки 8. Після досягнення рівноважної вологості фіксуються характеристики датчика при зазначеній відносній вологості повітря і температурі. Потім, комірка 2 закривається герметично пробкою 6 і кришкою 7, а датчик поміщається в наступну комірку з іншим розчином солі, що створює іншу відносну вологість повітря, значення якої вказано на відповідній кришці, і знову процес повторюється до його завершення в залежності від вимог, що пред'являються до датчику вологості. Таким чином, отримують значення залежностей вологості повітря від температури в заданих точках. Так як гігостат, оснащений вбудованим термометром-гігрометром 4, температура корпусу 1 і всіх комірок однакова, термостатування кожної комірки не потрібно.

Додатково продуктивність робіт можна збільшити за рахунок налаштування відразу декількох датчиків одночасно, які розміщені в різні комірки з розчинами відповідних солей і послідовно змінюваних місцями після завершення процесу вимірювання в кожній комірці.

За умовою правильної побудови та експлуатації сольових гігостатів з їх допомогою можна отримати парогазові суміші з абсолютною похибкою 1 % відносної вологості [2].

Основні джерела невизначеності відтворювання одиниці вологості повітря за допомогою сольового гігостата:

- нестабільність відтворювання та підтримання температури;
- неоднорідність генерування вологості;
- чистота солі, некоректний облік впливу домішок в розчині;
- невизначеність вимірювального пристрою, що використовується для оцінки та контролю температури та відносної вологості.

Описаний вище сольовий гігостат компактний та простий. При його застосуванні не потрібно придбання дорогого і громіздкого обладнання, а також значних витрат енергоресурсів.

Список літератури

- [1] ASTM E104–02 Standard Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Solutions. — Deutsches Institut für Normung. — 2007. — 5 с.
- [2] Берлинер М. А. Измерения влажности / М. А. Берлинер. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Энергия, 1973. — 400 с.