

ТЕРМОМЕТР ЦИФРОВИЙ ПІДВИЩЕНОЇ ТОЧНОСТІ© Пилип'юк В.¹, Друзюк В.², Байко О.², 2003¹Науково-виробниче об'єднання "Термоприлад", вул. Наукова, 3, 79053, Львів, Україна²Львівський регіональний державний центр стандартизації, метрології та сертифікації, вул. Князя Романа, 38, 79005, Львів, Україна

Описано створення та можливості використання багатоканального цифрового термометра підвищеної точності для вимірювання температури.

Описано создание и возможности использования многоканального цифрового термометра повышенной точности для измерения температуры.

In the article creating and resources for the using of digital multichannel termometer of heightened exactness for temperature measurement is described.

Важливе значення в діяльності випробувальних та вимірювальних лабораторій має випробувальне обладнання, яке створює відповідні режими із заданою точністю. Згідно з ПМУ 18–2000 "Правила акредитації на право проведення метрологічних робіт" та ПМУ 9–98 "Порядок атестації засобів випробувань, що використовуються під час обов'язкової сертифікації продукції", лабораторії, які акредитують на право виконання випробувань, калібрування, вимірювань, відповідно до заявленої галузі, повинні мати необхідне випробувальне обладнання, атестоване у встановленому порядку.

Атестації підлягає обладнання, яке передбачено нормативними документами (ГОСТ, ДСТУ, ТУ, інструкції тощо), які регламентують методики вимірювань, методи випробувань та контролю параметрів фізичних величин, визначення хімічного складу фізико-хімічних, фізико-механічних та інших властивостей і показників речовин, матеріалів і передбачають необхідність відтворення умов випробувань (вимірювань), підтримуючи відповідні режими із заданою точністю. Атестацію виконують відповідно до вимог ГОСТу 24555–81 "Порядок атестации испытательного оборудования".

Із загальної кількості ВО (а саме: камер тепла і холоду, повітряних та рідинних термостатів, сушильних шаф тощо), яке підлягає атестації, найпоширенішою характеристикою, яку визначають, є температура. Згідно з метрологічними вимогами, її визначають з допустимою похибкою, що не перевищує 1/3 – 1/5 нормованих значень, встановлених в нормативних документах на ВО. Вибір засобів вимірювання температури, а також визначення їх

допустимих похибок в умовах експерименту та виконання непрямих вимірювань призводить до значних затрат часу і розрахунків великого обсягу.

Наприклад, ГОСТ 25051.2–82 "Камеры тепла и холода испытательные. Методы аттестации" регламентує вибір засобів вимірювань та методику визначення граничної похибки вимірювання температури. Він передбачає, що необхідно використовувати платинові чутливі елементи опору ЕЧП, автоматичний зрівноважувальний міст типу КСМ–4, одинарно-подвійний міст типу МОД–61, магазин опору МСР–60М, мікрвольтамперметр Р 325. Крім цього, для кожного вибраного засобу вимірювальної техніки необхідно розрахувати похибки, виконати індивідуальне градування ЕЧП, врахувати похибки з'єднувальних провідників, перегрів від вимірювального струму тощо.

Для оптимізації процесу та атестації ВО на сучаснішому технічному рівні, де необхідно вимірювати значення температури, НВО "Термоприлад" спільно з Львівським регіональним державним центром стандартизації, метрології та сертифікації було розроблено, досліджено та впроваджено в експлуатацію переносний цифровий термометр ТО–ЦО24–10 з такими основними технічними характеристиками:

– діапазон вимірювання температури, °С від –80 до +250;

– границя допустимої основної абсолютної похибки, °С $\pm 0,2$, якщо $-80 \leq T \leq 100$; $\pm 0,4$, якщо $100 \leq T \leq 250$;

– границя допустимої основної абсолютної похибки цифрового приладу, а також термоперетворювачів опору, °С $\pm (0,15 + 0,002|T|)$;

- кількість десяткових розрядів індикації 4;
- ціна найменшого розряду, °C
0,01, якщо $-19,99 \leq T \leq 99,99$
0,1, якщо $-80 \leq T \leq -20,0$ і
 $100,0 \leq T \leq 250,0$;
- показник теплової інерції термоперетворювачів опору, не більше за, с
 $\varepsilon_{\infty} - 7$
 $\varepsilon_{\text{повітря}} - 50$;
- довжина під'єднувальних провідників до термоперетворювачів опору, м – 2,5;
- живлення, В; Гц – 220; 50;
- потужність споживання, не більше ніж, Вт – 2;
- час встановлення робочого режиму після увімкнення живлення, не більше за, хв – 5;
- маса, не більше, ніж кг – 2;
- габаритні розміри цифрового приладу (без ручки), мм – 270x250x110.

Термометр складається з цифрового приладу, блока живлення і десяти термоперетворювачів опору (або меншої кількості, залежно від замовлення), з умовними позначеннями номінальної статичної характеристики перетворення (НСХ) 100П, класу допуску А за ДСТУ 2858–94. Черговість увімкнення термоперетворювачів опору забезпечують перемикачем.

Як основу конструкції термоперетворювачів опору використано елементи чутливі термометричні типу ЕЧП-0183, які встановлено в мідні захисні гільзи довжиною 70 мм і діаметром 5 мм. Термоперетворювачі приєднують до цифрового приладу чотирипровідною лінією довжиною 2,5 м (чотири проводи МГТФ – 0,35 мм², на які натягнуто екранну плетенку), що закінчується 25-контактним роз'ємом. До одного роз'єму приєднують п'ять термоперетворювачів опору. Середній струм через термоперетворювач опору не перевищує 0,5 мА.

На передній панелі цифрового приладу розміщені цифрові індикатори для відображення виміряних значень температури. Основою цифрового приладу є АЦП типу LTC 2400 і мікропроцесор типу АТ 89S8252. Живлення здійснюється від блока живлення, що видає постійну напругу 9 В.

На підставі досліджень розроблено методику атестації (калібрування) термометра. Відзначимо, що основну похибку термометра можна визначити двома способами. Поелементно – окремо для цифрового приладу і окремо для кожного термоперетворювача, або як похибку приладу загалом.

Основну похибку цифрового приладу визначають в таких точках: –80, –19, 0, 50, 99, 150, 200, 250 °C. Термоперетворювачі опору замінюють імітатором – магазином опору Р4831 кл. точності 0,02, причому опір кожного провідника лінії зв'язку не повинен перевищувати 0,5 Ом. Значення опору відповідно до вибраних точок беруть з ДСТУ 2858 для НСХ 100П ($W=1,391$).

Для підвищення точності визначення основної похибки цифрового приладу рекомендують індивідуальне калібрування магазину опору у вибраних точках. Вимірювання виконують для всіх каналів цифрового приладу.

Основну абсолютну похибку цифрового приладу визначають як різницю між вимірним і заданим (імітованим) значеннями температури. Вона не повинна виходити за межі $\pm (0,15 + 0,002|T|)$ °C.

Визначають основну похибку термоперетворювачів опору так.

Знаходять опір термоперетворювача при температурі 0 °C – R_0 і відношення опорів $W_{100} = R_{100}/R_0$, де R_{100} – опір термоперетворювача при 100 °C, за методикою, що наведена в ГОСТі 8.461.

Допустиме відхилення опору від НСХ за ДСТУ 2858 при 0°C для платинових термоперетворювачів опору класу А не повинно перевищувати $\pm 0,05$ °C, а найменше допустиме значення W_{100} становить 1,3905.

У діапазоні температур відхилення значення опору термоперетворювачів опору з НСХ 100П від номінального розраховують за формулою:

$$\Delta R(T) \equiv (W_{100} - 1,3911) \cdot T + (R_0 - 100) \cdot W_T, \quad (1)$$

де T – температура, °C; W_T – відношення опору при температурі T до опору при температурі 0 °C (ДСТУ 2858–1994).

У температурному еквіваленті основна абсолютна похибка термоперетворювачів опору не повинна виходити за межі $\pm (0,15 + 0,002|T|)$ °C для класу допуску А за ДСТУ 2858.

Визначення і контроль основної похибки термоперетворювачів опору виконують для тих самих точок, що і для цифрового приладу.

У робочому діапазоні температур основну абсолютну похибку термоперетворювачів опору розраховують за формулою:

$$\Delta T(T) \equiv T \cdot [\Delta T(100) - \Delta T(0) \cdot 1,391] / 100 + \Delta T(0) \cdot W_T, \quad (2)$$

де $\Delta T(0)$ і $\Delta T(100)$ – відповідно основна абсолютна похибка термоперетворювача опору при 0 і 100 °C.

Основну похибку термометра визначають алгебраїчним додаванням основних абсолютних похибок цифрового приладу і термоперетворювачів опору для всіх досліджуваних точок. Слід враховувати похибки цифрової індикації, яка дорівнює половині ціни найменшого розряду.

Відзначаючи основну похибку термометра як єдиного приладу, необхідно виконати експериментальні дослідження з використанням робочих еталонів температури не нижче від другого розряду, наприклад, ПТС-10, ртутних термометрів ТР. Для цього всі термоперетворювачі опору разом з робочим еталоном температури попередньо встановлюють в спеціальні металеві блоки для вирівнювання температури, а потім поміщають в термостати (кріостати), де створюють температурні режими згідно з вибраними температурними точками. Температури вимірюють за методикою ГОСТу 8.461–82. Основну похибку визначають як різницю між одержаним значенням температури за цифровим приладом та робочим еталоном.

Виконані експериментальні дослідження цифрового термометра в температурних точках мінус 80,

мінус 50, 0, 99, 150, 200, 250 °С показали, що при індивідуальному підборі платинових термоперетворювачів опору, тобто коли значення R_0 та W_{100} всіх термоперетворювачів практично однакові, можна отримати значення основної похибки у межах $\pm 0,1^\circ\text{C}$ в діапазоні від мінус 80 до 100 °С, та $\pm 0,2^\circ\text{C}$ в діапазоні від 100 до 250 °С.

Розроблений цифровий термометр можна використовувати не тільки для атестації кліматичних камер, термостатів тощо, а також і для точних вимірювань температури повітря, рідких або сипких речовин одночасно не більше ніж в десяти точках.

Дослідження та досвід метрологічної практики Львівського РДЦСМС із використання вказаного термометра при здійсненні атестації ВО, а також при вимірюванні температури, дає підстави стверджувати про його переваги перед ЗВТ, які раніше застосовувалися. Він забезпечує необхідну точність результатів вимірювання; дає змогу виконати прямі вимірювання температури; зручний під час транспортування.

УДК 536.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕТОГО ТЕЛА В ЛУЧЕПРОЗРАЧНЫХ И ОСЛАБЛЯЮЩИХ СРЕДАХ ПО СПЕКТРУ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

© Русин С., 2003

Институт теплофизики экстремальных состояний ОИВТ РАН, Москва, Россия

Аналізують методи визначення температури нагрітого тіла за спектром теплового випромінювання в прозорою і послаблювальних середовищах.

Анализируются методы определения температуры нагретого тела по спектру теплового излучения в лучепрозрачных и ослабляющих средах.

Methods of determination for temperature of a heater body from the thermal radiation spectrum in diathermic and extinction are analysed.

1. Введение. При взаимодействии высокоэнергетических потоков с объектом в конденсированном состоянии может произойти его частичное плавление и испарение с последующим разрушением за субсекундные интервалы времени. В каждый момент времени в спектре излучения содержится ценная информация о состоянии объекта. В такой ситуации измерение истинной температуры контактными дат-

чиками нецелесообразно, а бесконтактное определение методами пирометрии излучения затруднено наличием облака излучающих, поглощающих и рассеивающих твердых, жидких и газообразных частиц. Кроме того, излучательная способность объекта, даже при неизменном агрегатном состоянии зависит от температуры, рельефа поверхности, степени ее окисления и многих других факторов, которые изменяются в процессе