

УДК 536.2.08.

Васильківський І., Юсик Я.

ДУ "Львівська політехніка", кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ГРАДУЮВАННЯ ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

© Васильківський І., Юсик Я., 2000

At the article is analysed problem of evaluation of rating of metrological features of developping instrument for the measurement thermal conductivity building and heatisolation material, which ensured unity and correctness of conducting measurements.

Під час розробки приладу для вимірювання теплопровідності будівельних та теплоізоляційних матеріалів перед авторами постало завдання оцінки його метрологічних характеристик, яка б забезпечувала єдність і правильність проведених вимірювань [1].

Забезпечити єдність вимірювань теплофізичних характеристик матеріалів можна двома шляхами:

- застосуванням стандартних зразків теплофізичних властивостей;
- використанням зразкових речовин та матеріалів, дані про теплофізичні властивості яких достовірно відомі.

Проаналізуємо переваги і недоліки кожного шляху.

Стандартні зразки (СЗ) теплофізичних характеристик речовин і матеріалів є мірами, призначеними насамперед для перевірки точності вимірювання теплофізичних характеристик матеріалів. Для створення СЗ вибирають декілька речовин або матеріалів, властивості яких добре вивчені; значення, що характеризують ці властивості, повинні бути стабільні в часі і мати високу відтворюваність в інтервалі робочих температур. Розробник СЗ бере достатню для подальшого використання кількість порцій однієї з таких речовин чи матеріалів, рандомізує їх, вибираючи з загальної кількості декілька порцій для дослідження. Виконавши вимірювання величини, що характеризує теплофізичну властивість, за допомогою прецизійних методів та приладів, часто на різних приладах і в різних лабораторіях, отримує значення теплофізичної величини, яке він приписує всій кількості матеріалу, яка є в його розпорядженні. Отримані результати після проходження формальної експертизи називають атестованими значеннями, а самі речовини чи матеріали – СЗ (ГОСТ 8.315-87).

Використання СЗ для градування, випробувань та повірки теплофізичного приладу вимагає великої кількості СЗ, оскільки кожен розроблений прилад повинен бути укомплектований набором атестованих СЗ і відповідними свідоцтвами.

Враховуючи високу вартість СЗ теплофізичних характеристик та їх обмежену номенклатуру (відсутність для багатьох областей та діапазонів) дослідники широко застосовують прийом, при якому для повірки та градування використовують речовину або матеріал з добре вивченими властивостями, відповідні дані про які беруться з літературних джерел. Нині, залежно від порядку затвердження, введено три категорії даних про властивості речовин та матеріалів. Цими категоріями є довідкові, рекомендовані довідкові та стандартні довідкові дані. Віднесення до однієї з перших двох категорій пов'язане лише з тим, оцінена

("рекомендовані довідкові дані") чи не оцінена ("довідкові дані") їх достовірність державною службою. Стосовно даних категорії "стандартні довідкові дані" (СДД), то вони, як і державні СЗ, затверджуються Держстандартом (ГОСТ 8.310-87).

Викладене дозволило в роботах [2,3] запропонувати таке: у метрологічній практиці розглядати зразкові речовини та матеріали як специфічну різновидність СЗ і допускати до офіційного застосування як державні СЗ такі зразкові речовини та матеріали, для яких Держстандартом затверджені СДД. У тих численних областях і діапазонах вимірювань, де СЗ відсутні, і їх створення економічно недоцільне, це практично єдина можливість забезпечити єдність вимірювань.

Повністю відсутні СЗ з теплопровідністю $\lambda < 0,1$ Вт/м·°К, які метрологічно забезпечували б область ефективних теплоізоляційних матеріалів. Їх відсутність стримує створення приладів для вимірювання властивостей цих досить численних і важливих для народного господарства груп матеріалів.

Проведене вище зіставлення дає змогу зробити висновок про доцільність використання для розв'язання нашого завдання зразкових матеріалів, дані про які внесено в "Таблиці СДД". До таких зразкових матеріалів належать [4]:

– скло кварцове оптичне марки КВ (відповідно до ГОСТу 16130-79)- зразковий матеріал теплопровідності в діапазоні температур від 90 до 720 °К ($\lambda=1,349$ Вт/м·°К при температурі 300 °К);

– скло оптичне безколірне марки ЛК5 (відповідно до ГОСТу 13695-78)- зразковий матеріал теплопровідності в діапазоні температур від 90 до 500 °К ($\lambda=1,186$ Вт/м·°К при температурі 300 °К);

– скло оптичне безколірне марки К8 (відповідно до ГОСТу 13695-78)- зразковий матеріал теплопровідності в діапазоні температур від 90 до 500 °К ($\lambda=1,094$ Вт/м·°К при температурі 300 °К);

– скло оптичне безколірне марки ТФ1 (відповідно до ГОСТу 13695-78)- зразковий матеріал теплопровідності в діапазоні температур від 90 до 500 °К ($\lambda=0,704$ Вт/м·°К при температурі 300 °К);

– скло органічне (товарне) безколірне прозоре (відповідно до ГОСТу 17622-72)- зразковий матеріал теплопровідності в діапазоні температур від 90 до 350 °К ($\lambda=0,195$ Вт/м·°К при температурі 300 °К).

Вважається, що для теплофізичного приладу діапазон вимірювання теплопровідності повинен обмежуватися співвідношенням $\lambda_{\max}/\lambda_{\min}=10\div 20$ [5]. Однак при цьому не вказують, яке співвідношення між максимальним та мінімальним значеннями теплового опору досліджуваного зразка R_{\max}/R_{\min} , може бути охоплене цими приладами. На нашу думку, останнє співвідношення точніше характеризує можливості приладу, оскільки в загальному випадку тепловий потік і перепад температури на досліджуваному зразку залежать не стільки від теплопровідності, скільки від теплового опору цього зразка.

Розроблений нами прилад для вимірювання теплопровідності будівельних та теплоізоляційних матеріалів в діапазоні $0,05\div 1$ Вт/(м·К) дозволяє застосування досліджуваних зразків з $R_{x\max}=5$ К/Вт і $R_{x\min}=0,25$ К/Вт, де $R_{x\max}$ – максимально можлива величина теплового опору досліджуваного зразка; $R_{x\min}$ – мінімально можлива величина теплового опору досліджуваного зразка.

Виходячи з заданого діапазону вимірювання, з наведених вище матеріалів, нами вибрано для градуювання розробленого приладу органічне скло, дані про теплопровідність якого прогнозовані з високою точністю $\pm 2\%$ [4]. При цьому як досліджувані зразки використовували набір зразків, виготовлений з органічного скла з однаковими поперечними розмірами 250x250 мм, але з різними товщинами.

Враховуючи, що відповідно до [6]:

$$R = \delta / \lambda \cdot S, \quad (1)$$

де R – тепловий опір зразка; δ , S – товщина та площа поперечного перерізу зразка; λ – теплопровідність, можна зробити висновок, що співвідношення між тепловими опорами двох довільно взятих зразків визначається співвідношенням їх товщин:

$$R_k / R_n = h_k / h_n, \quad (2)$$

де R_k, h_k – тепловий опір та товщина k -го зразка набору; R_n, h_n – тепловий опір та товщина n -го зразка набору.

Отже, враховуючи геометричні розміри міри теплопровідності, виготовленої із зразкового матеріалу (зразкової міри теплопровідності), її можна розглядати як зразкову міру теплового опору.

Виходячи з (1.2), можна розрахувати максимальну і мінімальну товщину зразків набору:

$$h_{\max} = 60 \text{ мм}; h_{\min} = 3 \text{ мм}.$$

Зразкових мір теплового опору, необхідних для того, щоб рівномірно охопити діапазон вимірювання приладу і досягнути високої точності з мінімальними економічними затратами, після розрахунків, які тут не наводяться, вибрано 10, із значеннями теплового опору відповідно: 0,25; 0,345; 0,476; 0,65; 0,9; 1,25; 1,72; 2,38; 3,28; 4,53 К/Вт, або товщинами 3; 4,2; 5,8; 7,9; 10,96; 15; 20,9; 29; 39,9; 55,2 мм.

Проте для точнішого градуювання приладу нами використовувалось значно більше зразків, причому з товщинами, вибраними, виходячи з номенклатури листового органічного скла, яке випускається промисловістю, наприклад: 3; 4; 5; 6; 9; 12; 15 ... мм тощо та їх комбінації.

Отже, нами розроблена методика градуювання приладу для вимірювання теплопровідності будівельних та теплоізоляційних матеріалів із застосуванням нового, ефективнішого способу, який дозволить отримувати результати з достатньою для практики точністю при відносно невеликих матеріальних затратах.

1. Пістун Є.П., Васильківський І.С., Юсик Я.П. Новий метод вимірювання теплопровідності будівельних та теплоізоляційних матеріалів // *Методи та прилади контролю якості. Вісник Івано-Франківського державного технічного університету нафти та газу.* – Івано-Франківськ, 1999. – № 3. 2. Сергеев О.А. Применение образцовых веществ в метрологических исследованиях // *Измерительная техника.* – 1981. № 7. С.60-61. 3. Сергеев О.А. Метрология и средства измерений тепловых величин // *Итоги науки и техники. Метрология и измерительная техника.* – 1982. – № 5. – С.179-223. 4. Сергеев О.А. Метрологические основы теплофизических измерений. – М., 1972. 5. Буравой С.Е. и др. Универсальный ряд приборов для теплофизических измерений // *Инженерно-физический журнал.* – М., 1980. 38. – № 3. – С.420-428. 6. Крейт Ф., Блек У. Основы теплопередачи. – М., 1983.