

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ НА ОСНОВІ КОНСТАНТАН-НІКЕЛЕВИХ І КОПЕЛЬ-НІКЕЛЕВИХ ТЕРМОЕЛЕМЕНТІВ

Є.В. Шмаров, Л.В. Декуша, Д.П. Коломісць, О.Г. Мазуренко

***Анотація.** Описано клас термоелектричних перетворювачів теплового потоку виду допоміжної стінки, проаналізовано використання різних гальванічних пар. Проаналізовано лінійність індивідуальних функцій перетворення пар термоелементів.*

***Ключові слова:** термоелектричні перетворювачі, тепловий потік, метрологічна атестація, пари термоелементів.*

Вступ. Вимірювання теплового потоку поряд з вимірюванням температури є одним з найбільш розповсюджених у науці та техніці. При цьому зростає не тільки кількість та номенклатура засобів вимірювання, але невпинно підвищуються й вимоги до точності вимірювань. Найбільш широко розповсюдженим засобом вимірювання теплового потоку або його поверхневої густини є термоелектричні перетворювачі теплового потоку (ТЕПТП) виду допоміжної стінки.

Конструктивно ТПТП цього типу виконані у вигляді стінки, пласкої або циліндричної, яка складається з термоелементу або з певної кількості ідентичних термоелементів. Між собою термоелементи з'єднані паралельно за тепловим потоком, що визначається, та послідовно за електричним сигналом, що генерується в них при проходженні потоку теплоти.

Багатоелементний ТЕПТП згідно з ДСТУ 3756-98 є первинним перетворювачем, теплочутлива зона якого представляє собою батарею термоелементів, виконану у вигляді плоскої стрічкоподібної спіралі (рис. 1), яка виготовлена з основної термоелектродної проволочки 1 навитої на електроізоляційну каркасну стрічку 2 з періодично нанесеним електролітичним способом покриттям 3 іншого термоелектродного матеріалу, при цьому границі переходу від основного термоелектроду до вкритих ділянок виконують функцію з'єднань 4 термоелементів. Готовий ТЕПТП зазвичай має форму плоского диску або прямокутної (квадратної) пластини.

Традиційно в якості основного та парного термоелектроду використовують наступні поєднання матеріалів: константан-мідь, копель-мідь, хромель-копель, хромель-алюмель, копель-срібло. Використання таких комбінацій як константан-нікель та копель-нікель є досить протирічним тому, що константан, копель і нікель мають однаковий знак коефіцієнта Зеєбека відносно платини, а його значення в два рази нижче при кімнатній температурі, ніж у парах константан-мідь і копель-мідь. Однак використання нікелю, як парного термоелектродного матеріалу по відношенню до константану та копелю має ряд переваг: по-перше, нікель легко гальванічно осаджується на проволочку з константану та копелю; по-друге, нікель є більш корозійно стійким матеріалом в широкому температурному діапазоні, ніж мідь, яка вже при 400 К починає активно окислюватись.

Для використання в термоелектричних перетворювачах гальванічних пар константан-нікель і копель-нікель експериментально були встановлені температурні залежності їх термочутливості. При цьому кожна пара представляла собою звиті між

собою пари проволоч з основного та парного термоелектродних матеріалів, з'єднані з однієї сторони робочим спаєм (злutom).

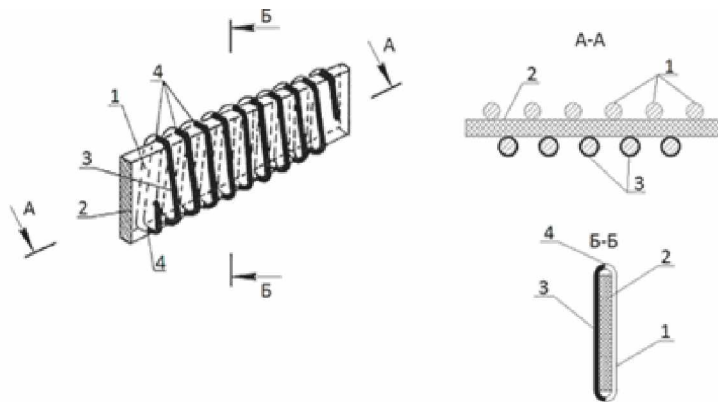


Рис. 1. Принципова будова батарей гальванічних елементів

Методи досліджень. Вимірювання проводились за допомогою комплексу “Ресурс-96”, вимірювана інформація від якого передавалась та автоматично запам’ятовувалась у комп’ютері. Робочий з’єднання гальванічних пар розташовувався у термостатуючому циліндрі, який було виготовлено з нержавіючої сталі та заповнено сухим кварцовим піском. Цим забезпечувалося рівномірне температурне поле в зоні з’єднання та виключався електричний контакт з’єднання з корпусом циліндра.

Наведені на рис.2 результати досліджень залежностей чутливості S константан-нікелевих та копель-нікелевих пар термоелементів від температури T , показали, що за різних співвідношень площ перерізів основного та парного термоелектродних матеріалів (на рис 2 відповідно позиції: 1 – 2; 2 – 1; 3 – 0,50; 4 – 0,33; 5 – 0,25; 6 – 0,20; 7 – 0,17) найбільш стабільну температурну залежність мають пари термоелементів зі співвідношенням 0,5 (там же, поз. 3 на а) та б).

Результати та обговорення. Зазвичай ТЕПТП, що є засобами вимірювальної техніки (ЗВТ), підлягають метрологічній атестації, яка полягає у встановленні статичної функції перетворення та оцінки похибки її визначення [1,2]. Особливістю цих ЗВТ є те, що кожний конкретний ТПТП має свої функцію перетворення та похибку її визначення, які знаходять експериментально при індивідуальній атестації.

Метрологічну атестацію ТПТП проводять в стаціонарному режимі на стендах, в яких теплова енергія до чутливого елемента підводиться, як правило, за допомогою теплового випромінювання, тобто безконтактно, або кондуктивним шляхом, тобто контактно.

Порівнювальний метод визначення коефіцієнта перетворення ТПТП полягає в тому, що від джерела теплове випромінювання з фіксованим значенням поверхневої густини теплового потоку підводиться одночасно до еталонного та ТПТП, що атестується. ТПТП розташовані на спільному термостатованому теплостосі в зоні однорізного теплового потоку і їх поверхні, що сприймають теплоту, рівновіддалені від джерела теплового випромінювання. При цьому ТЕПТП повинні мати також однакові значення коефіцієнтів поглинання інфрачервоного випромінювання. За відомих значень коефіцієнта перетворення k_e еталонного ТЕПТП та значення його вихідного сигналу E_e ,

за умови рівності значень густини потоку теплового випромінювання, сприйнятого поверхнями еталонного та атестованого ТЕПТП, індивідуальна статична функція перетворення останнього при його вихідному сигналі E знаходиться із співвідношення $k = k_e E_e / E$.

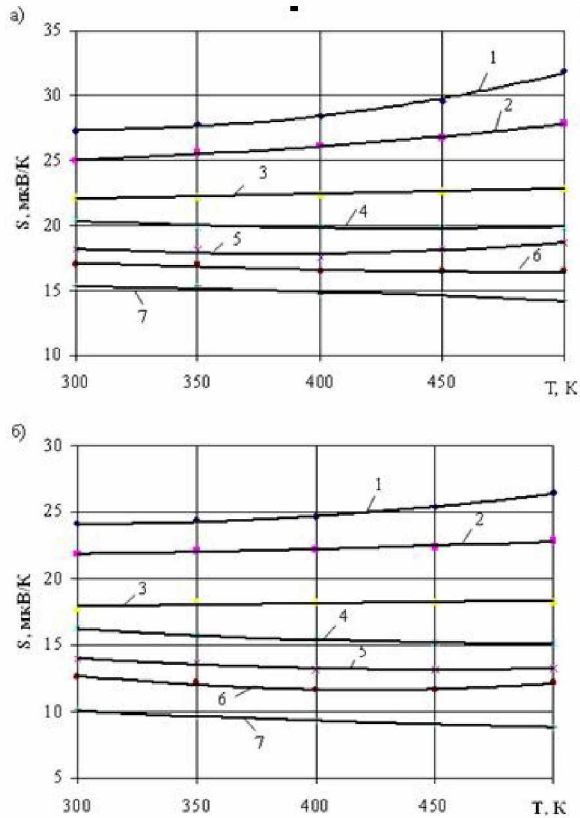


Рис. 2. Температурні залежності чутливості $S=f(T)$ константан-нікелевих (а) та копель-нікелевих пар термоелементів (б) .

На рис. 3 наведені експериментальні залежності коефіцієнта перетворення у діапазоні температур (300-500) К для наступних типів ТЕПТП: 1, 2 – еталони (зразкові) ТЕПТП на основі копель-нікелевих термоелементів та 3, 4 – ТЕПТП з константан-нікелевими термоелементами. Бачимо, що значення коефіцієнта перетворення кожного ТЕПТП в діапазоні температури від 300 К до 500 К відрізняється від середньоарифметичного не більше ніж на 3%, що свідчить про лінійність індивідуальних функцій перетворення цих ТЕПТП.

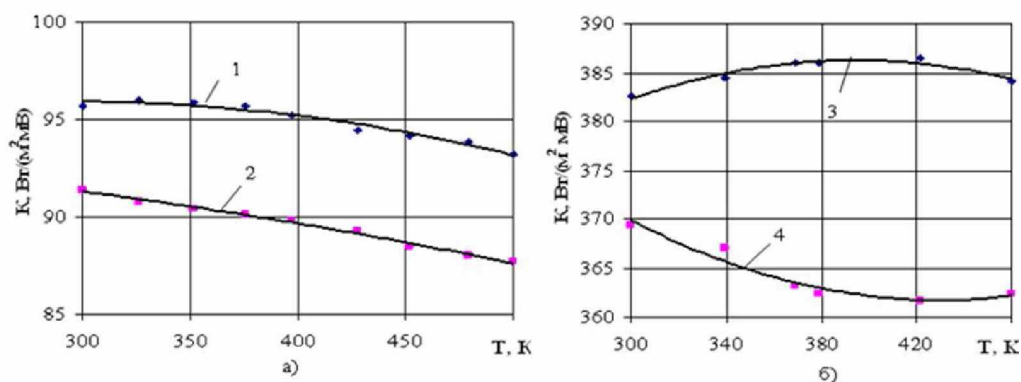


Рис. 3. Залежність коефіцієнтів перетворення конгел-нікелєвих (а) і константан-нікелєвих (б) ТЕПТІ від температури.

ВИСНОВКИ.

1. Отже ТЕПТІ з константан-нікелєвими термоелементами є більш прийнятними, ніж ТЕПТІ з хромель-нікелєвими термоелементами, для використання в якості чутливого елемента для перетворювачів, що працюють при температурі від кімнатної до 500 К.

2. Їх доцільно використовувати як при проведенні лабораторних досліджень так і в системах контролю робочих середовищ харчових виробництв.

Література.

1. ДСТУ 3756-98 (ГОСТ 30619-98.) Енергозбереження. Перетворювачі теплового потоку термоелектричні загального призначення. Загальні технічні умови.
2. ДСТУ 2837-94 (ГОСТ 3044-94). Перетворювачі термоелектричні. Номінальні статичні характеристики перетворення.

Авторська довідка.

1. Шмаров Єгор Володимирович, провідний інженер, Інститут технічної теплофізики НАНУ, тел. (044) 453-28-42, e-mail: teplomer@ukr.net

2. Декуша Леонід Васильович, к.т.н., с.н.с., завідувач відділу, Інститут технічної теплофізики НАНУ, тел. (044) 453-28-42, e-mail: teplomer@ukr.net

3. Коломієць Дмитро Петрович, старший викладач, кафедра електротехніки, Національний університет харчових технологій, e-mail: kdp1210@i.ua.

4. Мазуренко Олександр Григорович, д.т.н., професор, зав. кафедри, кафедра електротехніки, Національний університет харчових технологій, тел. (044) 278-94-78.