



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 102475

(13) C2

(51) МПК

G01K 17/08 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2012 05405

(22) Дата подання заявки: 03.05.2012

(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.07.2013

(41) Публікація відомостей про заявку: 10.08.2012, Бюл.№ 15

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2013, Бюл.№ 13

(72) Винахідник(и):

Декуша Леонід Васильович (UA),
Шмаров Єгор Володимирович (UA),
Воробйов Леонід Йосипович (UA),
Грищенко Тетяна Георгіївна (UA)

(73) Власник(и):

ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ НАН
УКРАЇНИ,
вул. Желябова, 2-а, м. Київ-57, 03057 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:

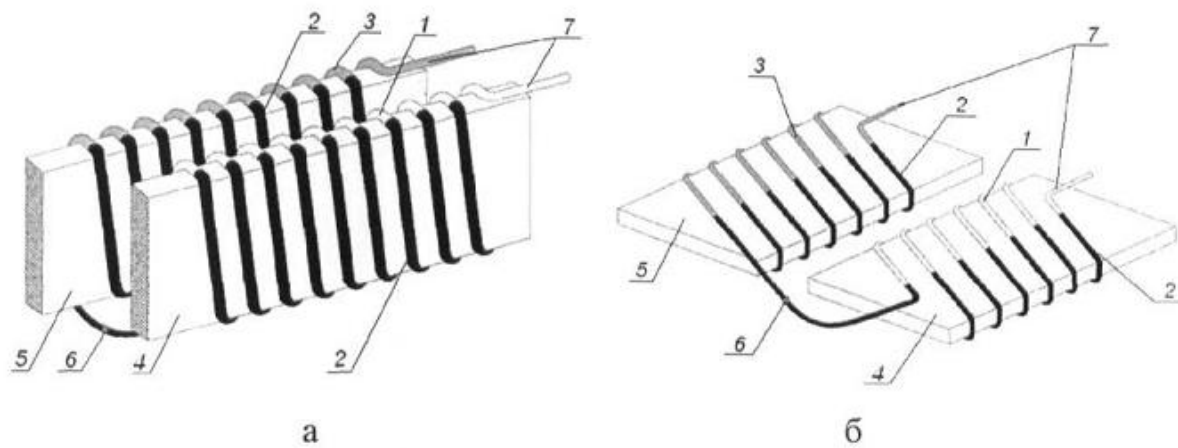
SU 705281; 27.12.1979
SU 1067376 A; 15.01.1984
SU 1177691 A; 07.09.1985
RU 2017089 C1; 30.07.1994.
RU 90898 U1; 20.01.2010
RU 2403540 C1; 10.11.2010
EP 2341326 A2; 06.07.2011
О.А. Геращенко О.А. Основы теплотехники. -
К.: Наукова думка. - С. 83-100.

(54) ПЕРЕТВОРЮВАЧ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ

(57) Реферат:

Винахід належить до перетворювачів теплового потоку і може бути застосований для вимірювання теплового потоку та (або) густини теплового потоку в космічній, хімічній, будівничій, металургійній та інших галузях промисловості. Перетворювач теплового потоку містить дві батареї диференційних термоелектричних елементів - основну та додаткову, що включені послідовно за електричним сигналом і паралельно за тепловим потоком. Батареї виконані з дротів у вигляді пласкої спіралі, причому дрони для батарей виготовлені з парних термоелектродних матеріалів, а кожен виток спіралей утворює термоелемент, складений з піввитків, які покриті іншим термоелектродним матеріалом та непокритих, що чергуються між собою. Покриття, нанесене на піввитки обох батарей виконане з одного матеріалу. Конструкція перетворювача теплового потоку забезпечує зменшення впливу температурної залежності коефіцієнта термоЕРС матеріалу покриття за рахунок того, що до сигналу основної батареї термоелементів додається сигнал додаткової батареї. Зміна чутливості основної батареї, викликана змінням температури, частково або повністю компенсується зміною чутливості додаткової батареї. Досягається зменшення залежності чутливості перетворювача від температури, що позитивно впливає на точність вимірювання теплового потоку.

UA 102475 C2



Фіг. 1 - Перший варіант конструкції батарей термоелементів перетворювача теплового потоку - батареї розташовані нарізних каркасних стрічках

Винахід належить до термоелектричних перетворювачів теплового потоку типу допоміжної стінки, призначених для вимірювання теплового потоку та (або) густини теплового потоку в космічній, хімічній, будівничій, металургійній та інших галузях промисловості.

Відомий поодинокий перетворювач теплового потоку, який є своєрідною сплющеною диференційною термопарою, проміжний термоелектрод якої є допоміжною стінкою. Чутливим елементом такого перетворювача є тонка константанова пластинка, на обидві поверхні якої нанесене покриття із парного термоелектродного матеріалу (міді), з під'єднаними потенціалознімними дротами [О.А. Геращенко. Основы теплотметрии. -Киев: Наук. думка, 1971. - 192 с.].

Недоліком такого пристрою є низька чутливість до теплового потоку та неможливість його застосування при підвищеній температурі через те, що мідь швидко окислюється при температурі вищій за 150 °С.

Відомий перетворювач теплового потоку, який є термобатареєю, змонтованою на пластині з поліметилметакрилату. Термобатарея виготовлена з відрізків хромелевого та копелевого дротів, які послідовно з'єднані. Термобатарея розміщена в середній частині зазначеної пластини, а спаї відрізків дротів розташовані по чергово з одного та другого боків пластини. До кінців термобатареї приєднані два дроти з копелі. З обох боків пластини з термобатареєю ізольована приклеєним шаром лакотканини [ГОСТ 26263-84. Грунты. Метод определения теплопроводности мерзлых грунтов]. Такий пристрій за рахунок значної кількості термоелементів в батареї має значно більшу чутливість, ніж поодинокий перетворювач, а використання парних термоелектродних матеріалів забезпечує відносно стабільну чутливість у робочому діапазоні температури.

Недоліком цього пристрою є низька технологічність, великий тепловий опір та обмежена термостійкість.

Найбільш близьким аналогом пристрою, що заявляється, є батарейний термоелектричний перетворювач теплового потоку у вигляді допоміжної стінки, який є батареєю термоелементів, що виконана у вигляді пласкої стрічкоподібної спіралі. Спіраль виготовлена з термоелектродного дроту і складена з піввитків, які покриті іншим термоелектродним матеріалом та непокритих, що чергуються між собою, причому місця переходів від покритої ділянки до непокритої розташовані у паралельних площинах, що рознесені на висоту термобатареї. [О.А. Геращенко. Основы теплотметрии. -Киев: Наук. думка, 1971. -192 с.].

Недоліком цього пристрою є те, що технологічно можливо нанесення покриття переважно з чистого металу, що обмежує використання широкого класу спеціально створених парних термоелектродних матеріалів на основі сплавів, у яких взаємний коефіцієнт термоЕРС є стабільним або монотонно змінним у робочому діапазоні температури. Це, в свою чергу, не дає змогу отримати термoneзалежну чутливість до теплового потоку в широкому температурному діапазоні.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення батарейного термоелектричного перетворювача теплового потоку, шляхом зменшення впливу термоелектричних властивостей матеріалу покриття на чутливість перетворювача для досягнення незалежної від температури чутливості перетворювача до теплового потоку в широкому температурному діапазоні.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому перетворювачі теплового потоку, що включає батарею диференційних термоелектричних елементів, виконаних з термоелектродного дроту у вигляді пласкої спіралі, складеної з піввитків, які покриті іншим термоелектродним матеріалом та непокритих, що чергуються між собою, у якій місця переходів від покритої ділянки до непокритої розташовані у паралельних площинах, що рознесені на висоту термобатареї. Відповідно до винаходу до основної батареї послідовно за сигналом підключена додаткова батарея термоелементів у вигляді спіралі з дроту, виготовленого з термоелектродного матеріалу, парного до матеріалу дроту основної батареї, причому на піввитки додаткової батареї нанесене покриття з того ж самого матеріалу, що і покриття у основній батареї термоелементів.

В іншій конкретній формі виконання перетворювача теплового потоку дріт додаткової батареї термоелементів навитий паралельно з дротом основної батареї термоелементів на одну й ту ж каркасну стрічку з ізолювальним проміжком між дротами.

В іншій конкретній формі виконання параметри конструкції основної та додаткової батарей підібрані так, що зв'язані співвідношенням:

$$\frac{n_1}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_1}{\rho_1 \cdot f_{2-1}}} = \frac{n_3}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_3}{\rho_3 \cdot f_{2-3}}}, \quad (1)$$

де n_1 , n_3 - кількість термоелементів у основній та додатковій батареях, відповідно;

ρ_1, ρ_2, ρ_3 - питомі електричні опори матеріалів дроту основної батареї, покриття та дроту додаткової батареї, відповідно;

f_1, f_3 - площі перерізу дротів, з яких виготовлено основну та додаткову батареї, відповідно;

f_{2-1}, f_{2-3} - площа перерізу покриття в основній та додатковій батареях, відповідно.

5 Запропонована конструкція перетворювача теплового потоку забезпечує зменшення впливу температурної залежності коефіцієнта термоЕРС матеріалу покриття за рахунок того, що до сигналу основної батареї термоелементів додається сигнал додаткової батареї. Зміна чутливості основної батареї, викликана змінням температури, частково або повністю компенсується зміною чутливості додаткової батареї. При цьому зменшується залежність чутливості перетворювача від температури, що позитивно впливає на точність вимірювань теплового потоку.

10 Загальний вигляд першого варіанта конструкції батарей термоелементів перетворювача теплового потоку, згідно з винаходом, показаний на Фіг. 1, а інші варіанти конструкцій батарей термоелементів показані на Фіг. 2, 3 та 4. Як приклад на Фіг. 5 наданий графік температурної залежності чутливості термоелемента з копелевого дроту з нікелевим покриттям одного піввитка. На Фіг. 6 наведений графік температурної залежності чутливості послідовно включених термоелементів з копелевого та хромелевого дротів із покриттям одного піввитка кожного термоелементу нікелем.

20 Пристрій на Фіг. 1 має батарею диференційних термоелектричних елементів, виконаних з термоелектронного дроту 1 у вигляді пласкої спіралі, складеної з піввитків, відповідно, з покриттям 2 іншим термоелектродним матеріалом та непокритих, що чергуються між собою, а також додаткову батарею термоелементів у вигляді спіралі з дроту 3, виготовленого з термоелектродного матеріалу, парного до матеріалу дроту основної батареї, причому на піввитки додаткової батареї нанесене покриття 2 з того ж самого матеріалу, що і покриття в основній батареї термоелементів. Термоелектродний дріт 1 навитий на каркасну стрічку 4, а термоелектродний дріт 3 - на каркасну стрічку 5. Каркасні стрічки 4 та 5 виконані з електроізоляційного матеріалу, однакові за висотою і розташовані паралельно, так, що верхні спаї обох батарей розміщені в одній площині, а нижні спаї обох батарей - в іншій, причому площини верхніх і нижніх спаїв паралельні і рознесені на висоту термобатарей. Спіралі батарей з'єднані послідовно у спаї 6. Сигнал обох батарей термоелементів виводиться потенціалознімними дротами 7. Вся конструкція перетворювача теплового потоку зафіксована у вигляді пластини за допомогою електроізоляційного компаундного матеріалу (на рисунку не показаний).

35 На Фіг. 1а показаний варіант конструкції, в якій спаї батарей термоелементів розташовані на торцях каркасних стрічок, а на Фіг. 2 - варіант конструкції, в якій спаї батарей термоелементів розташовані на пласких сторонах каркасних стрічок.

В іншому варіанті конструкції батарей термоелементів, що показаний на Фіг. 3 та 4, дріт 3 додаткової батареї термоелементів навитий паралельно з дротом 1 основної батареї термоелементів на одну й ту ж каркасну стрічку 4 з ізолювальним проміжком між дротами. Батарей з'єднані послідовно за електричним сигналом у спаї 6.

40 Перетворювач теплового потоку працює таким чином. Тепловий потік із поверхневою густиною q , що проходить крізь пластину перетворювача, спричиняє виникнення різниці температури ΔT між спаями батарей термоелементів, розташованими у верхній та нижній площині. Різниця температури пропорційна густині теплового потоку та тепловому опору R_T шару матеріалу між площинами спаїв:

$$\Delta T = R_T \cdot q. \quad (2)$$

Батарея термоелементів, що утворена дротом 1 з покриттям 2, генерує термоЕРС E_1 , яка з урахуванням формули (2), дорівнює:

$$E_1 = S_1 \cdot n_1 \cdot R_T \cdot q, \quad (3)$$

а додаткова батарея термоелементів, що утворена дротом 3 з покриттям 2 генерує термоЕРС, що дорівнює:

$$E_3 = S_3 \cdot n_3 \cdot R_T \cdot q, \quad (4)$$

50 де S_1 та S_3 - чутливість одного термоелемента батареї з дроту 1 та батареї з дроту 3, відповідно.

Чутливості термоелементів можуть бути обчислені за формулами [О.А. Геращенко. Основы теплотметрии. - Киев: Наук. думка, 1971.-192 с.]:

$$S_1 = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_1}{\rho_1 \cdot f_{2-1}}}, \quad (5)$$

$$S_3 = \frac{\alpha_2 - \alpha_3}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_3}{\rho_3 \cdot f_{2-3}}}, \quad (6)$$

де $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - коефіцієнти термоЕРС (коефіцієнти Зеєбека) матеріалів дроту 1, покриття 2 та дроту 3, відповідно.

Виходячи з виразів (3)...(6) сумарний сигнал послідовно включених батарей дорівнює:

$$E_{\Sigma} = E_1 + E_3 = R_T \cdot q \cdot (S_1 \cdot n_1 + S_3 \cdot n_3) = R_T \cdot q \cdot S_{\Sigma}, \quad (7)$$

де S_{Σ} - сумарна чутливість перетворювача теплового потоку, що дорівнює:

$$S_{\Sigma} = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_1}{\rho_1 \cdot f_{2-1}}} \cdot n_1 + \frac{\alpha_2 - \alpha_3}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_3}{\rho_3 \cdot f_{2-3}}} \cdot n_3 =$$

$$= \frac{\alpha_1}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_1}{\rho_1 \cdot f_{2-1}}} \cdot n_1 - \frac{\alpha_3}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_3}{\rho_3 \cdot f_{2-3}}} \cdot n_3 + \alpha_2 \cdot \left(\frac{n_3}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_3}{\rho_3 \cdot f_{2-3}}} - \frac{n_1}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_1}{\rho_1 \cdot f_{2-1}}} \right), \quad (8)$$

- 5 Останній доданок у формулі (8) відповідає впливу коефіцієнта термоЕРС матеріалу покриття на чутливість перетворювача. Вибором параметрів конструкції батарей термоелементів можна збільшити або зменшити цей вплив. У варіанті виконання перетворювача теплового потоку, для якого підібрані параметри так, що виконується співвідношення (1), вплив коефіцієнта термоЕРС термоелектродного матеріалу покриття
- 10 нівелюється, а оптимізована сумарна чутливість такого перетворювача теплового потоку визначається за формулою:

$$S_{\Sigma \text{опт}} = \frac{\alpha_1}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_1}{\rho_1 \cdot f_{2-1}}} \cdot n_1 - \frac{\alpha_3}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_3}{\rho_3 \cdot f_{2-3}}} \cdot n_3 \quad (9)$$

Таким чином при зміні температури зміна чутливості основної батареї, викликана температурною залежністю коефіцієнту термоЕРС матеріалу покриття, компенсується зміною чутливості додаткової батареї.

- 15 Можливість здійснення винаходу підтверджується даними, представленими на Фіг. 5 та Фіг. 6, де представлені результати експериментальних досліджень температурної залежності чутливості термоелементів, у яких дріт основної батареї виконаний з хромелі, дріт додаткової батареї - з копелі, а покриття - з нікелю. Покриття з нікелю дуже зручне, оскільки цей метал корозійностійкий при високих температурах, а технологія гальванічного нанесення покриття з
- 20 нікелю добре відпрацьована. Але для нікелю температура точки Кюрі складає 627 К, тому у відповідному діапазоні температури спостерігається значна зміна коефіцієнта термоЕРС цього металу. На Фіг. 5 представлені графіки температурної залежності чутливості термоелементу з хромелевого дроту у парі з нікелевими термоелектродами різного відносного перерізу. Відношення перерізів нікелевого та хромелевого термоелектродів зазначено з правого боку
- 25 графіків. Для графіка 8 на Фіг. 5 відношення перерізів складає $f_{2-1}/f_1=2$, а зміна відносної чутливості термоелемента в діапазоні температури від 400 К до 1070 К сягає $\pm 13\%$ від середнього значення. На Фіг. 5 також представлені графіки температурної залежності чутливості термоелементу з копелевого дроту у парі з нікелевими термоелектродами різного відносного перерізу. Відношення перерізів нікелевого та копелевого термоелектродів зазначено з правого боку графіків. Для графіка 9 на Фіг. 5 відношення перерізів складає $f_{2-3}/f_3=2$, а зміна відносної чутливості термоелемента в діапазоні температури від 400 К до 1070 К сягає $\pm 18\%$ від середнього значення. На Фіг. 6 представлені графіки температурної залежності чутливості
- 30 перетворювача, що складений з термоелементів, на основі хромелевого та копелевого дрітів. Графік 10 відповідає термоелементам, характеристики яких представлені графіками 8 на Фіг. 3а та 0 на Фіг. 5. Зміна відносної чутливості такого перетворювача в діапазоні температури від 400 К до 1070 К не перевищує $\pm 4\%$ від середнього значення.
- 35

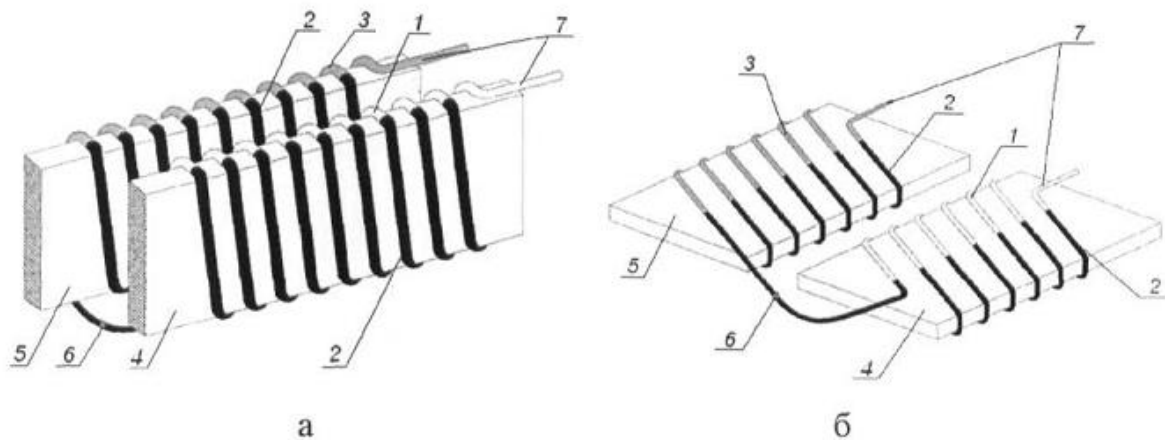
- Таким чином, зміна чутливості основної батареї, викликана змінням температури, компенсується зміною чутливості додаткової батареї. При цьому зменшується залежність чутливості перетворювача від температури, що дає змогу використовувати перетворювач
- 40 теплового потоку в широкому температурному діапазоні і позитивно впливає на точність вимірювань теплового потоку.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

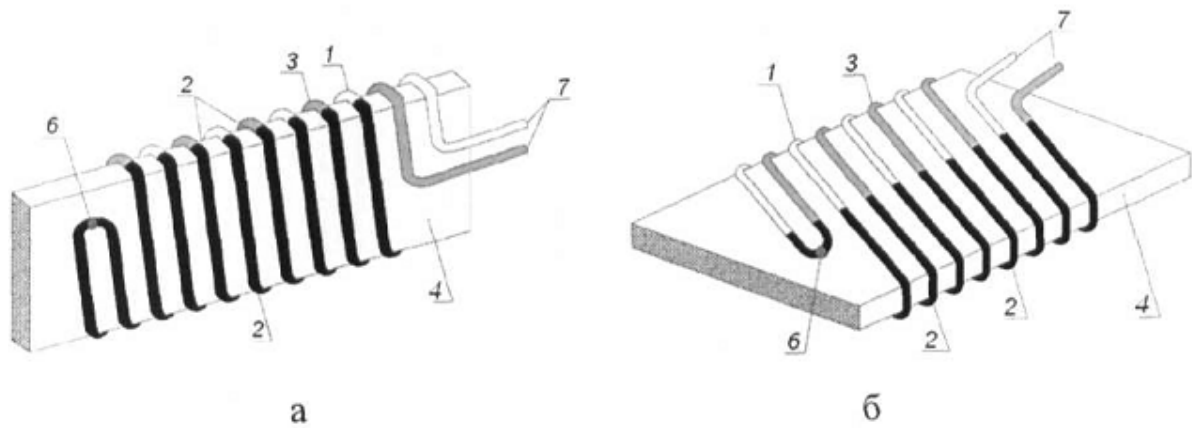
1. Перетворювач теплового потоку, що включає батарею диференційних термоелектричних елементів, виконаних з термоелектродного дроту у вигляді пласкої спіралі, складеної з піввитків, які покриті іншим термоелектродним матеріалом та непокритих, що чергуються між собою, у якій місця переходів від покритої ділянки до непокритої розташовані у паралельних площинах, що рознесені на висоту термобатареї, який **відрізняється** тим, що до основної батареї послідовно за сигналом підключена додаткова батарея термоелементів у вигляді спіралі з дроту, виготовленого з термоелектродного матеріалу, парного до матеріалу дроту основної батареї, причому на піввитки додаткової батареї нанесене покриття з того ж самого матеріалу, що і покриття в основній батареї термоелементів.
2. Перетворювач теплового потоку за п. 1, який **відрізняється** тим, що дріт додаткової батареї термоелементів навитий паралельно з дротом основної батареї термоелементів на одну й ту ж каркасну стрічку з ізолювальним проміжком між дротами.
3. Перетворювач теплового потоку за п. 1, який **відрізняється** тим, що параметри конструкції основної та додаткової батарей зв'язані співвідношенням:

$$\frac{n_1}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_1}{\rho_1 \cdot f_{2-1}}} = \frac{n_3}{1 + \frac{\rho_2 \cdot f_3}{\rho_3 \cdot f_{2-3}}},$$

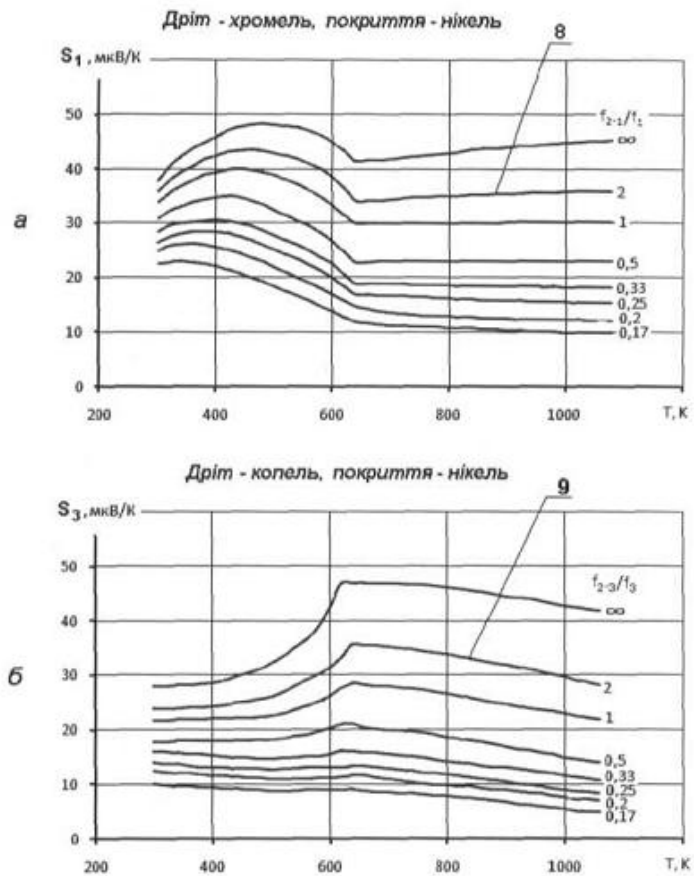
- де n_1, n_3 - кількість термоелементів у основній та додатковій батареях, відповідно;
 ρ_1, ρ_2, ρ_3 - питомі електричні опори матеріалів дроту основної батареї, покриття та дроту додаткової батареї, відповідно;
 f_1, f_3 - площі перерізу дротів, з яких виготовлено основну та додаткову батареї, відповідно;
 f_{2-1}, f_{2-3} - площа перерізу покриття в основній та додатковій батареях, відповідно.



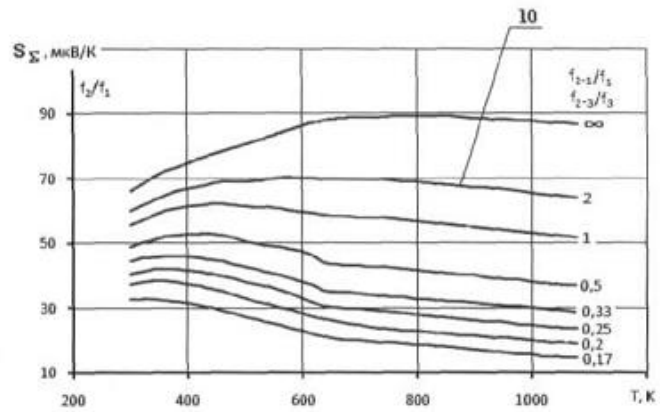
Фіг. 1 - Перший варіант конструкції батарей термоелементів перетворювача теплового потоку - батареї розташовані нарізних каркасних стрічках



Фіг. 2 - Другий варіант конструкції батарей термоелементів перетворювача теплового потоку - дві батареї термоелементів розташовані на одній каркасній стрічці



Фіг. 3 - Температурна залежність чутливості термоелементів, виготовлених з хромелевого дроту (а) та з конпелевого дроту (б) у парі з нікелем у обох випадках



Фіг. 4 - Температурна залежність чутливості перетворювача з двох послідовно включених термоелементів хромель-нікель та константан-нікель

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601