



УКРАЇНА

(19) UA (11) 60133 (13) U
(51) МПК
G01N 33/36 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО ОПОРУ ПАКЕТА МАТЕРІАЛІВ ОДЯГУ

1

2

(21) u201014184

(22) 29.11.2010

(24) 10.06.2011

(46) 10.06.2011, Бюл. № 11, 2011 р.

(72) ОСТАПЕНКО НАТАЛІЯ ВАЛЕНТИНІВНА, КО-
ЛОСНІЧЕНКО МАРИНА ВІКТОРІВНА, СКРИПНИК
ЮРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, ЦЕСЕЛЬСЬКА ТЕТЯНА
ВАЛЕНТИНІВНА(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ(57) Спосіб визначення теплового опору пакета
матеріалів одягу, при якому випробовуваний пакет
розміщують між двома металевими осерддями,
одне з яких нагрівають пропусканням змінного
струму через вмонтований електронагрівник,
створюють стаціонарний тепловий потік між осер-
ддями, вимірюють змінний струм електронагрівника
і визначають тепловий опір по формулі, який **від-
різняється** тим, що після нагріву одного з осердь
охладжують інше осердя пропусканням постійно-
го струму через вмонтований термоелектричний
охладжувач до мінімальної температури осердя,
після виміру змінного струму електронагрівника та

температури у обох осерддях збільшують постійний
струм через термоелектричний охолоджувач, фік-
сують збільшення температури нагрітого осердя,
зменшують змінний струм електронагрівника до
досягнення первинної температури нагрітого осер-
дя, вимірюють встановлений змінний струм на-
гріву і збільшену відносно первинної температуру
охладженого осердя, а тепловий опір R_T пакета
матеріалів визначають за формулою:

$$R_T = \frac{S(T_2 - T_1)}{2(J_1 - J_2)R_{J_1}} \cdot \left[(m^2 \cdot K) / W_T \right],$$

де S - площа пакета матеріалів під осерддями; T_1 - первинна температура охолодженого осердя; T_2 - зростаюча температура охолодженого осер-
дя; J_1 - початковий встановлений змінний струм елек-
тронагрівника; J_2 - зменшений змінний струм електронагрівника; R - опір електронагрівника.

Корисна модель належить до техніки випробу-
вань текстильних матеріалів і може бути викорис-
тана для визначення теплового опору пакетів ма-
теріалів одягу.

Для виготовлення одягу широко використову-
ються пакети з декількох шарів текстильних ма-
теріалів, різних по структурі, властивостям і прина-
ченню, між якими є повітряні проміжки. Важливою
характеристикою пакету є його тепловий опір R_T ,
який значною мірою визначається його теплопро-
відністю. Слід врахувати, що коефіцієнт теплопро-
відності пакету матеріалів характеризує теплопе-
редачу через шари пакету не лише
теплопровідністю, але і конвекцією через повітряні
проміжки, пори. Тому тепловий опір пакету матері-
алів визначається виразом:

$$R_T = \frac{\delta}{\lambda_E} \left[(m^2 \cdot K) / W_T \right],$$

де δ - товщина пакету, м; λ_E - еквівалентний коефіцієнт теплопровідно-
сті, $W_T / (m^2 \cdot K)$.

Аналітичний розрахунок R_T пакету матеріалів
по теплопровідності його шарів представляє вели-
ку складність, так як теплофізичні коефіцієнти не
проявляють властивість адитивності. У зв'язку з
цим оцінка R_T пакету матеріалів переважно виро-
бляється експериментально з використанням різ-
них способів, заснованих на формуванні направ-
леного теплового потоку через випробовуваний
пакет і вимірі перепаду температур [Делль Р.А.,
Афанасьєва Р.Ф., Чубарова З.С. Гигиена одежды:
Учеб. пособие для вузов. - 2-е изд. - М.: Легпром-
бытиздат, 1991. - С. 69-73].

Відомий спосіб визначення теплового опору
пакету матеріалів одягу, заснований на виміряно-
му в дослідженні темпі регулярного охолоджуван-

(13) U

(11) 60133

(19) UA

ня заздалегідь нагрітого осердя калориметра через випробовуваний пакет матеріалів одягу у корпусі калориметра в умовах навколишньої кімнатної температури і обчисленні теплового опору пакету матеріалів по формулі [Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества: Справочник / Гущина К.Г., Беляева С.А., Командрикова Е.Я. и др. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - С. 240-243].

У розрахункову формулу входять поряд з відомими параметрами системи калориметр-пакет матеріалів і маловідомі параметри випробувального пакету (теплоємність пакету, об'ємна маса матеріалу, коефіцієнт розсіяння тепла). Із-за неточних значень вказаних параметрів пакету матеріалів істотно знижується точність визначення теплового опору пакету матеріалів (похибка досягає 8-12%). При великій товщині пакету матеріалів виникають додаткові похибки від витоку тепла по теплозахисній оболонці осердя і коливань температури довкілля.

Відомий також спосіб визначення теплового опору пакету матеріалів одягу [Термоэлементы и термоэлектрические устройства: Справочник / Л. И. Анатичук. - Киев: Наукова думка, 1979. - С. 237-239], при якому, випробовуваний пакет розміщують між двома металевими осердями, одне з яких нагрівають пропусканням змінного струму через вмонтований електронагрівник, створюють стаціонарний тепловий потік між осердями, вимірюють і визначають тепловий опір по формулі. Крім того, цей спосіб передбачає вимір перепаду температур між нагрітою і охолоджуваною поверхнями пакету, герметизацію пакету, що нагрівається, постійність потужності електричного нагрівника і відсутність втрат тепла через поверхню пакету матеріалів.

Передбачається у відомому способі, що вся тепла потужність електричного нагрівника переноситься випробувальним пакетом в термостат. Насправді неминучі втрати тепла, яке важко зменшити теплоізолюючими прокладками, засипками і радіаційними екранами. Вплив втрат тепла повністю врахувати розрахунковим способом важко. Тому похибка виміру теплового опору пакету матеріалів досягає 7-8% при використанні розрахункової формули:

$$R_T = \frac{\Delta T S}{J^2 R} \cdot \left[(M^2 \cdot K) / BT \right],$$

де ΔT - вимірний перепад температури;

S - площа пакету, що нагрівається;

J - змінний струм через нагрівник;

R - опір нагрівника.

У основу корисної моделі покладено завдання створити такий спосіб визначення теплового опору пакету матеріалів одягу, в якому введенням нових операцій, забезпечилося б підвищення точності визначення теплового опору.

Поставлене завдання вирішується тим, що в спосіб визначення теплового опору пакету матеріалу одягу, при якому випробовуваний пакет розміщують між двома металевими осердями, одне з яких нагрівають пропусканням змінного струму через вмонтований електронагрівник, створюють стаціонарний тепловий потік між осердями, вимі-

рюють змінний струм електронагрівника і визначають тепловий опір по формулі, згідно корисної моделі, після нагріву одного з осердь охолоджують інше осердя пропусканням постійного струму через вмонтований термоелектричний охолоджувач до мінімальної температури осердя, після виміру змінного струму електронагрівника та температури у обох осердях, збільшують постійний струм через термоелектричний охолоджувач, фіксують збільшення температури нагрітого осердя, зменшують змінний струм електронагрівника до досягнення первинної температури нагрітого осердя, вимірюють встановлений змінний струм нагріву і збільшену відносно первинної температуру охолодженого осердя, а тепловий опір R_T пакету матеріалів визначають за формулою:

$$R_T = \frac{S(T_2 - T_1)}{2(J_1 - J_2)RJ_1} \cdot \left[(M^2 \cdot K) / BT \right],$$

де S - площа пакетів матеріалів під осердями;

T_1 - первинна температура охолодженого осердя;

T_2 - зростаюча температура охолодженого осердя;

J_1 - початковий встановлений змінний струм електронагрівника;

J_2 - зменшений змінний струм електронагрівника;

R - опір електронагрівника.

Введення операцій по охолодженню осердя, протилежного до осердя, що нагрівається постійним струмом, який пропускають через термоелектричний охолоджувач, встановлення оптимального струму охолодження по мінімальній температурі осердя дозволяє збільшити тепловий потік через пакет матеріалів при тому ж самому його тепловому опорі. Вимір температури охолодженого осердя, збільшення постійного струму через термоелектричний охолоджувач і подальше відновлення температури осердя, що нагрівається, до первинного значення зменшенням змінного струму через нагрівник стабілізує рівень теплових втрат у довкілля і збільшує направлений тепловий потік через пакет матеріалів. В результаті збільшення теплового потоку зростає температура охолодженого постійним струмом осердя. Ступінь зменшення охолодження осердя фіксують виміром збільшеної температури осердя. Вимір початкового змінного струму нагріву і його зменшеного значення, вимір початкової і збільшеної температури охолоджуваного осердя дозволяє обчислити тепловий опір пакету матеріалів по запропонованій формулі без впливу неминучих теплових втрат, що сприяє підвищенню точності визначення теплового опору пакету матеріалів при знижених вимогах до рівня теплових втрат у довкілля.

На кресленні представлена вимірювальна схема для визначення теплового опору пакету матеріалів одягу.

На схемі: 1 - металеве осердя, що нагрівається; 2 - електронагрівник; 3 - амперметр; 4 - автотрансформатор; 5 - мережа змінної напруги; 6 - охолоджуване металеве осердя; 7 - термоелект-

ричний охолоджувач; 8 - реостат; 9 - випрямляч; 10 і 11 - термодатчики; 12 - перемикач; 13 - вимірювач температури.

Позицією 14 позначений багатошаровий пакет матеріалів одягу.

Металеve осердя 1 нагрівається вмонтованим електронагрівником 2, через який проходить змінний струм, вимірюваний амперметром 3. Струм регулюється автотрансформатором 4, який підключений до мережі змінної напруги 5. Металеve осердя 6 охолоджується термоелектричним охолоджувачем 7, який підключений через реостат 8 до випрямляча 9. Термодатчики 10 і 11 через перемикач 12 сполучені з вимірювачем температури 13.

Досліджуваний пакет матеріалів одягу 14 розміщують між металевими осердями 1 і 6. Спосіб визначення теплового опору пакету матеріалів одягу відбувається таким чином.

Металеve осердя 1 нагрівають електронагрівником 2, змінний струм через який регулюють автотрансформатором 4. Температуру нагріву встановлюють на рівні 50-60°C, яку контролюють за допомогою термодатчика 11 і вимірника температури 13. Металеve осердя 6 охолоджують за допомогою термоелектричного охолоджувача 7, через який пропускають постійний струм від випрямляча 9. Охолодження осердя 6 відбувається за рахунок поглинання теплоти Пельтьє в спаях термоелектричного охолоджувача 7. Температура охолодження залежить від значення постійного струму, оскільки поряд з поглинанням теплоти за рахунок ефекту Пельтьє безпосередньо в спаях термоелектродів відбувається і виділення теплоти Джоуля у самих термоелектродах і її вступ в спаї за рахунок теплопровідності термоелектродів. Тому електрична потужність, яка перетворюється безпосередньо в холод, визначається виразом:

$$W_X = pI - kI^2r, \quad (1)$$

де p - коефіцієнт Пельтьє матеріалів термоелектродів;

I - постійний струм через термоелектроди;

r - опір термоелектродів;

k - коефіцієнт, що враховує долю теплоти Джоуля, яка поступає в спаї термоелектродів.

Максимальне значення потужності, що охолоджує, від значення струму можна визначити, якщо продиференціювати вираз (1) і прирівняти його до нуля:

$$\frac{dW_X}{dI} = p - 2kIr = 0, \quad (2)$$

Вирішуючи рівняння (2) відносно струму, набуваємо значення оптимального струму охолодження:

$$I_0 = \frac{p}{2kr}, \quad (3)$$

Оптимальний струм можна встановити і експериментально реостатом 8 по мінімальному значенню температури охолоджуваного осердя 6. Для цього термодатчик 10 через перемикач 12 підключається до вимірника температури 13.

В результаті охолодження осердя 6 і нагріву осердя 1 між ними через випробовуваний пакет матеріалів 14 встановлюється стаціонарний тепловий потік великої інтенсивності, що знижує рівень теплових втрат у довкілля. Після досягнення максимального охолодження осердя 6 (практично на 8-10°C) вимірюють сталу температуру T_1 нагрітого осердя 1 і температуру T охолодженого осердя 6 за допомогою термодатчиків 10, 11 і вимірника температури 13. Вимірюють також значення змінного струму нагріву J_1 амперметром 3.

Рівняння теплового балансу нагрітого осердя 1, теплові втрати якого є визначальні, можна представити у вигляді:

$$W_H = \frac{S(T - T_1)}{R_T} + \alpha F(T - T_0), \quad (4)$$

де W_H - електрична потужність нагріву;

S - площа пакету матеріалів під осердями;

R_T - тепловий опір пакету матеріалів;

T_0 - температура довкілля;

α - коефіцієнт тепловіддачі бічної поверхні осердя 1;

F - площа бічної поверхні осердя 1.

Змінюють режим роботи термоелектричного охолоджувача (наприклад, збільшенням постійного струму I_X реостатом 8). При струмі охолодження $I_X > J_0$ температура осердя 6 підвищується, оскільки теплота Джоуля починає переважати над теплотою Пельтьє ($kI^2r > pI$). В результаті підвищення температури T_1 осердя 6 підвищується і температура T' нагріву осердя 1, оскільки зменшився тепловий потік через випробувальний пакет. Рівняння теплового балансу приймає вигляд:

$$W_H' = \frac{S(T' - T_1')}{R_T} + \alpha F(T' - T_0), \quad (5)$$

де $T' > T$ і як наслідок збільшення теплових втрат $\alpha F(T' - T_0)$.

Автотрансформатором 4 зменшують змінний струм нагріву до нового значення, при якому відновлюється первинна температура осердя 1 ($T' = T$). Вимірюють встановлене значення струму нагріву J_2 і сталу температуру T_2 охолодженого осердя 6. Рівняння теплового балансу нагрітого осердя 1 для цього випадку:

$$W_H'' = \frac{S(T - T_2)}{R_T} + \alpha F(T - T_0). \quad (6)$$

З виразу (6) видно, що при відновленні температури осердя, що нагрівається, 1 за рахунок зменшення змінного струму нагріву ($J_2 < J_1$) відновлюється і рівень теплових втрат ($\alpha F(T - T_0)$). Тому, порівнюючи рівняння (4) і (6) по теплових втратах, можна записати:

$$W_H \frac{S(T - T_1)}{R_T} = W_H'' \frac{S(T - T_2)}{R_T}, \quad (7)$$

Вирішивши рівняння (7) відносно теплового опору R_T , отримаємо:

$$R_T = \frac{S(T_2 - T_1)}{W_H - W_H''} \quad (8)$$

Слід врахувати, що потужність нагріву осердя 1 визначається квадратом змінних струмів нагріву J_1 і J_2 . Тому вираз (8) можна представити у вигляді:

$$R_T = \frac{S(T_2 - T_1)}{(J_1^2 - J_2^2)R} \quad (9)$$

де R - опір електронагрівника 2.

При невеликому охолодженні осердя 6 (до 10°C) струми нагріву J_1 і J_2 близькі по значенням. Тому вираз (9) представимо як:

$$R_T = \frac{S(T_2 - T_1)}{(J_1 - J_2)(J_1 + J_2)R} = \frac{S(T_2 - T_1)}{2(J_1 - J_2)RJ_1} \quad (10)$$

З отриманого виразу (10) видно, що тепловий опір R_T визначається відношенням різниці температур охолоджуваного осердя 6 до різниці тих, що нагрівають осердя 1 змінних струмів, і не залежить від рівня теплових втрат нагрітого осердя 1. Завдяки цьому підвищується точність виміру тепло-

вого опору пакетів матеріалів і спрощується методика вимірів, оскільки не потрібна ретельна теплоізоляція осердя, що нагрівається, або його вакуумування. Розрахункова формула (10) не вимагає виміру градієнта температур у випробовуваному пакеті матеріалів, який важко виміряти з високою точністю із-за неминучої нестабільності і неідентичності характеристик термодатчиків, вмонтованих в осердя.

Використання пропонованого способу визначення теплового опору пакетів матеріалів одягу в легкій промисловості забезпечить:

- раціональніший підбір матеріалів, що входять в пакет, для забезпечення теплозахисних властивостей одягу в суворих кліматичних умовах;
- оцінювання нових матеріалів і технологій їх виготовлення по здатності протистояти відкритому вогню і поширенню нагрітого повітря;
- створення композиційних структур з натуральних і синтетичних тканин, що мають хорошу повітропроникність і високу вологопоглинаючу здатність для використання в медичних цілях;
- розвиток нанотехнологій виробництва тканин і плівок із заданими теплозахисними властивостями.

