

УДК 677.017.56:536.21

В.К. ЧОРНОМОРЧЕНКО, Т.В. СТРУМІНСЬКА

Київський національний університет технологій та дизайну

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВІДНОСТІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті розглянуто метод експериментального визначення коефіцієнта температуропровідності матеріалів в нестационарному режимі теплопередачі з використанням мікропроцесорного модуля збору даних. Наведені результати досліджень одного з матеріалів (полотно голкопробивне з волокон оксалону).

Ключові слова: температуропровідність, режим теплопередачі, модуль збору даних.

Коефіцієнт температуропровідності є одним з найбільш важливих теплофізичних показників теплоізоляційних матеріалів, які використовують для виготовлення спецодягу, оскільки він визначає швидкість передачі тепла від одного шару пакету матеріалу до іншого, отже тривалість процесу прогріву теплозахисних засобів захисту людини від високотемпературного середовища.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження є процес теплопередачі в нестационарному режимі з метою визначення коефіцієнта температуропровідності теплоізоляційних матеріалів.

Постановка завдання

Завданням дослідження було розробка методу визначення теплофізичних властивостей текстильних матеріалів та експериментальної установки для проведення досліджень.

Результати та обговорення

Для визначення коефіцієнта температуропровідності матеріалів запропонована математична модель, яка базується на використанні відомого рівняння Фур'є нестационарного розподілу температури в об'єктах з розподіленими параметрами.

Для експериментального визначення теплофізичних властивостей пакету тканини розроблена установка, яка складається з двох основних блоків: теплообмінного та електровимірювального.

Теплообмінник є основним вузлом установки, тому що саме в ньому відбуваються процеси теплопередачі, аналізуючи характер яких, можна встановлювати важливі теплофізичні властивості матеріалів.

Електровимірювальний блок складається з чотирьох сенсорів температури, чутливими елементами яких є термоелектричні перетворювачі типу Т (мідь-константан), виготовлені з термопарних проводів діаметром 140 мікрон, модуля аналогового вводу даних і персонального комп'ютера.

Аналіз інформації про технічні характеристики сучасних мікропроцесорних засобів, призначених для побудови системи збору даних, дозволив вибрати з поміж виробів різних виробників (OBER, MICROL, ICP DAS, SE PC та інші) чотирьохканальний модуль аналогового вводу з поканальною гальванічною розв'язкою вхідних каналів WAD-AIK-BUS (USB) виробництва вітчизняної фірми АКОН.

Модуль призначений для вимірювання фізичних величин представлених у електричних сигналах, обробки інформації, передачі її по лініям послідовного інтерфейсу RS-485 або USB в комп'ютер та архівування даних у відповідному файлі.

Структурна схема модуля WAD-AIK-BUS(USB) наведена на рис. 1.

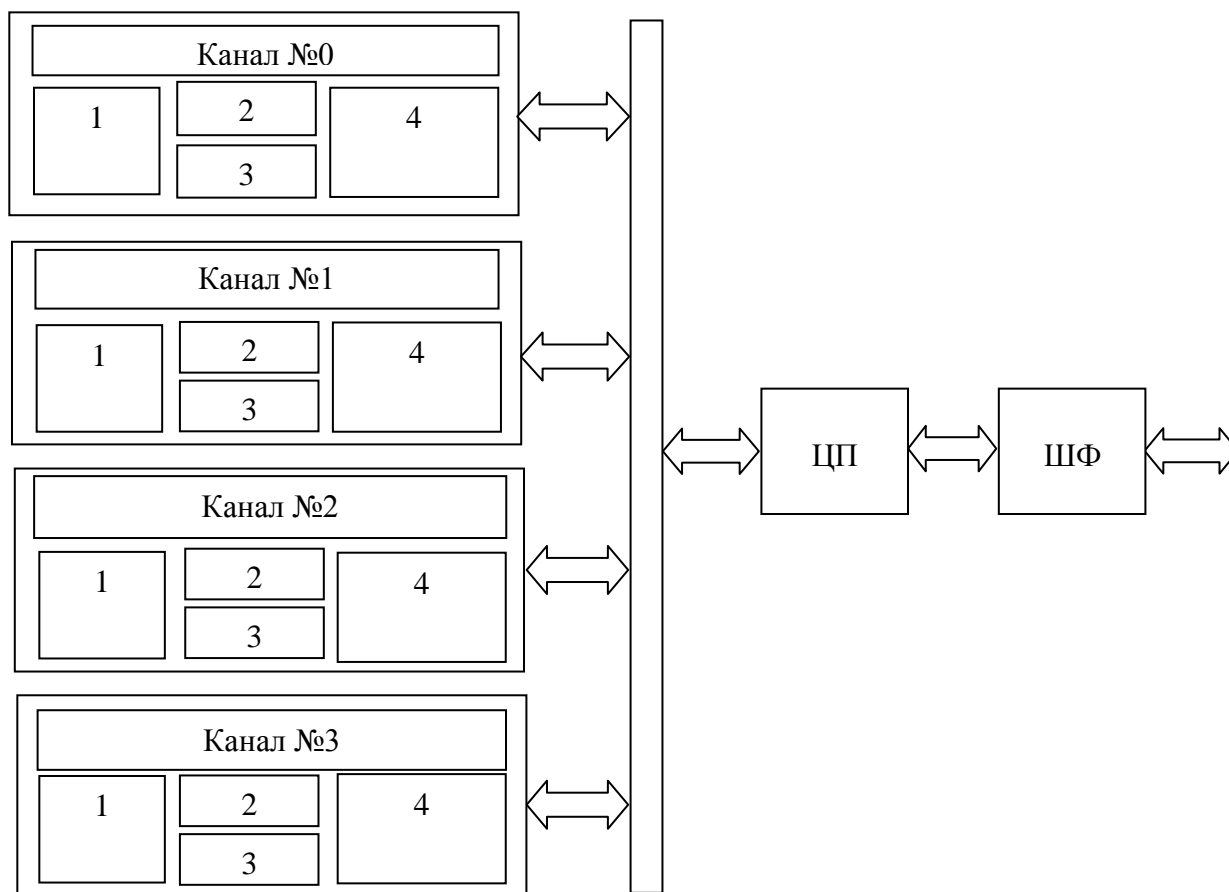


Рис. 1. Структурна схема чотирьохканального модуля збору даних:

ЦП – центральний процесор; ШФ – шинний формувач.

1 – вхідні ланцюги; 2 – індикатор; 3 – контролер з 24-бітним аналого-цифровим перетворювачем (АЦП); 4 – гальванічну розв'язку

Коефіцієнт температуропровідності α визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{h^2 T_i(t_{n+1}) - T_i(t_n)}{\tau_k T_{i-1}(t_n) - 2T_i(t_n) + T_{i+1}(t_n)},$$

де $T_i(t_n)$ – температура в i -му шарі матеріалу в n -й момент часу; $T_i(t_{n+1})$ – температура в i -му шарі матеріалу в $(n+1)$ -й момент часу; $T_{i-1}(t_n)$ – температура в $(i-1)$ -му шарі матеріалу в n -й момент часу; $T_{i+1}(t_n)$ – температура в $(i+1)$ -му шарі матеріалу в n -й момент часу; h – товщина шару; τ_k – крок дискретизації часу.

Розроблена методика експериментального визначення коефіцієнта температуропровідності матеріалів, змонтована схема поєднання первинних перетворювачів з 4-х каналним модулем збору даних WAD-AIK-BUS(USB), проведені експериментальні дослідження на розробленій установці.

При підготовці до роботи модуля WAD-AIK-BUS(USB) були встановлені наступні параметри його налаштування:

– частота зрізу 0,5 Гц – величина, яка визначається інерційністю процесу, що реєструється (для теплових процесів використовують значення в межах 0,5 – 1 Гц);

– час відгуку 50 мс – мінімальна тривалість сигналу, на який зреагує модуль, параметр, що запобігає реакції модуля на швидкоплинні випадкові сигнали (перешкоди, шуми);

– період опитування сенсорів 1000 мс – період дискретизації часу τ_k .

З метою забезпечення максимальної ідентичності каналів модуля за допомогою блоку «Поліном користувача» після 10-хвилинного прогріву модуля було проведено калібрування. З цією метою реєструвалися показання по чотирьох каналах для двох різних сталих температур середовища (20°C і 100°C), де були розміщені усі чотири термоелектричні перетворювачі. Потім відповідною настройкою коригувалася крутість та зміщення їх статичних характеристик для отримання ідентичних показань по всім каналам модуля.

Коефіцієнт температуропровідності матеріалів визначався по результатам нестационарного перерозподілу температур в окремих шарах пакету в процесі прогрівання або охолодження пакету.

Температури у чотирьох шарах матеріалу щосекундно одночасно для кожного каналу реєструвалися модулем; числові дані архівувалися в окремому файлі комп'ютера, який містив також і значення моментів часу спостереження. Розрахунок коефіцієнта температуропровідності здійснювалися шляхом обробки отриманих даних в редакторі таблиць Microsoft Office Excel.

Значення коефіцієнта температуропровідності розраховувалося для кожного моменту опитування сенсорів, а потім будувався графік залежності розрахованого значення від відносного часу, який при $\tau_k=1\text{с}$ формально дорівнює порядковому номеру моменту опитування сенсорів. На графіках з зображенням зміни температури в шарах пакету (рис. 2) помітна вада притаманна модулю збору даних: в модулі існує випадкова незначна флуктуація даних в межах $\pm 0,5^\circ\text{C}$, яка відіграє негативну роль при розрахунку коефіцієнта температуропровідності, що проявляється у випадкових коливаннях розрахованих значень (показано пунктиром на рис. 3).

Тому кожного разу виконувалася апроксимація розрахункових даних по методу найменших квадратів зміни коефіцієнта температуропровідності поліномом другого порядку (показано суцільною лінією), вигляд апроксимаційного полінома наведений в полі графіка рис. 3.

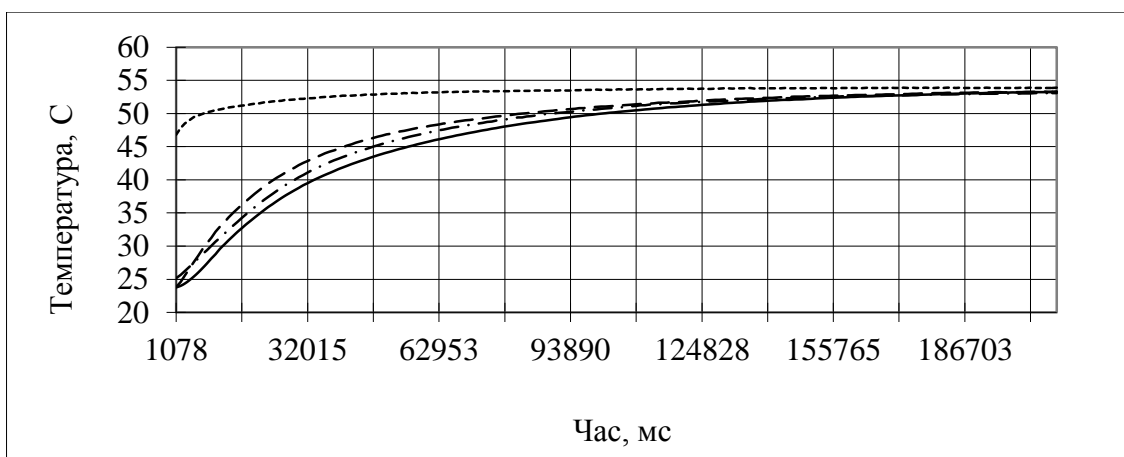


Рис. 2. Графік розподілу температурного поля в пакеті полотна голкопробивного з волокон оксалону (нагрівання, товщина шару матеріалу $h=2,75$ мм)

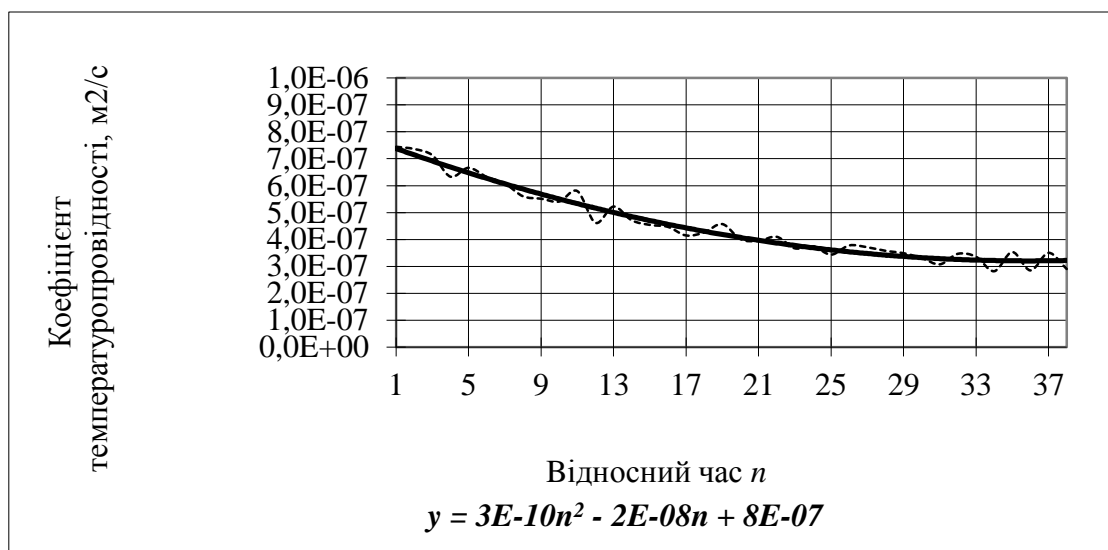


Рис. 3. Визначення коефіцієнта температуропровідності полотна голкопробивного з волокон оксалону

Аналіз перехідних характеристик засвідчив, що криві прогрівання та охолодження першого і третього шарів дещо не співпадають, хоча обидва знаходяться на однаковій відстані від поверхонь ємностей теплообмінника з однаковою температурою, цей факт пояснюється тим, що в пакеті окрім кондуктивного способу теплопередачі наявна ще і конвекція.

Визначення коефіцієнта температуропровідності проводилося з метою оцінки повторюваності результатів експериментів, як в режимі прогрівання пакету матеріалу, так і в процесі охолодження. Відмічена достатньо висока повторюваність результатів дослідів у різних режимах, відмінність результатів визначення не перевищувала 2%).

Висновки

Результати проведених досліджень засвідчили доцільність застосування обраного методу визначення коефіцієнта температуропровідності, достатньо високу точність засобів вимірювання. Розроблена установка може успішно використовуватися для експериментального визначення теплофізичних властивостей тканин та нетканих матеріалів.

Список використаної літератури

1. Платунов Е. С. Теплофизические измерения и приборы / Е.С. Платунов и др. – Л.: Машиностроение, 1986. – 255 с.
2. Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды / П.А. Колесников – М.: Легкая индустрия, 1965. – 346 с.
3. Аверин Ю.Ф. Моделирование нестационарных температурных полей в многослойных пакетах теплозащитной одежды / Ю.Ф. Аверин, Н.И.Простов, В.И.Логинов, А.К. Некрасов // Проблемы повышения эффективности пожарной техники: Сб. научных трудов – М.: ИНИИПО МВД СССР, 1988. – С.98–104.
4. Остапенко Ю.О. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування. / Ю.О.Остапенко – К.: Задруга, 1999. – 424 с.

Стаття надійшла до редакції 28.05.2013

Экспериментальное определение коэффициента температуро-проводности теплоизоляционных материалов

Чорноморченко В.К., Струминская Т.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В статье рассмотрен метод экспериментального определения коэффициента температуро-проводности материалов в нестационарном режиме теплопередачи с использованием микропроцессорного модуля сбора данных. Приведены результаты исследований одного из материалов (полотно иглопробивное из волокон оксалону).

Ключевые слова: температуропроводность, режим теплопередачи, модуль сбора данных.

Experimental determination of the coefficient of thermal diffusivity conductivity insulation materials

V. Chornomorchenko, T. Strumynska

Kiev National University of Technologies and Design

The paper presents a method of experimental determination of the coefficient of temperature-conductivity materials off-site mode of heat transfer using a microprocessor data acquisition module. The presented results of a study of materials (fabric needle punched fibers oksalonu).

Keywords: thermal diffusivity, rezhimteploperedachi, modulsboradanny.