

УДК 658.562:677.017

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Зінько Р. В., Серкіз О. Р., Теличко Б. І., Абумаїліх М. М.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Мета. Створення лабораторного стенду для дослідження теплофізичних властивостей матеріалів легкої промисловості.

Методика. Аналіз конструкцій, вибір за критерієм складність-ефективність.

Результати. Створено стенд невеликої складності для визначення теплопровідності матеріалів.

Наукова новизна. Представлення стаціонарними способами експериментального визначення теплопровідності на прикладі методу необмеженого плоского шару.

Практична значимість. Стенд дає можливість досліджувати: матеріали з різними теплофізичними і експлуатаційними характеристиками; матеріали різної структури і товщини; пакети матеріалів; двовісно орієнтовані матеріали у вигляді масивних листів.

Ключові слова: лабораторний стенд, легка промисловість, підготовка інженерів, теплофізичні властивості матеріалів, матеріали різної структури

Під дією теплової енергії матеріали, що використовуються в легкій промисловості, проявляють ряд властивостей [1, 2]: здатність проводити теплоту (теплопровідність, тепловий опір, температуропровідність); здатність поглинати теплоту (теплоємність); здатність змінювати або зберігати свої властивості (тепло- і термостійкість, вогнестійкість, морозостійкість).

Теплофізичні властивості матеріалів мають важливе значення при проектуванні взуття та одягу із заданими теплозахисними властивостями, при виконанні волого-теплової обробки швейних виробів і їх експлуатації в різних кліматичних, виробничих і побутових умовах.

Тому важливим є створення лабораторних стендів, які дозволили б досліджувати теплофізичні властивості матеріалів, що використовуються в легкій промисловості. Також при підготовці інженерів за фахом «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування» виникає необхідність створення лабораторних стендів для забезпечення навчального процесу.

Постановка завдання

Для визначення характеристик теплофізичних властивостей матеріалів легкої промисловості, розроблена значна кількість різноманітних лабораторних комплексів і

стендів [3, 4]. Вони використовують методи, які можна розділити на дві групи: методи, засновані на принципі стаціонарного теплового режиму; і методи, засновані на принципі нестаціонарного режиму.

При стаціонарному тепловому режимі визначають кількість теплоти, необхідної для збереження постійної різниці температур двох поверхонь, ізольованих один від одного випробовуваним матеріалом. На такому принципі влаштований, зокрема, прилад ЦНДШерсті для визначення коефіцієнта теплопровідності. Випробовуваний матеріал розташовують між нагрівальним елементом і холодильником. Встановлюючи постійне значення температур нагрівача і холодильника контролюють за допомогою вольтметра і амперметра витрата електроенергії, що йде на підтримку постійного перепаду температур. За отриманими значеннями сили струму I і напруга U розраховують потужність теплового потоку. Потім визначають коефіцієнт теплопровідності. Недоліки методу стаціонарного режиму – тривалість встановлення теплового процесу (2-5 год.), що призводить до зміни вологості випробовуваного матеріалу, і допущення, згідно з яким температури нагрівача і холодильника дорівнюють температурам відповідних сторін матеріалу.

Швидшим і простішим є спосіб нестаціонарного режиму, при якому визначається швидкість охолодження нагрітого тіла, ізольованого від довкілля випробовуваним матеріалом. Цей метод дозволяє відтворити умови теплообміну в одязі, коли виріб однією стороною прилягає до нагрітого тіла, а інший стикається з довкіллям, зокрема з повітрям. На такому принципі працює прилад для визначення сумарного теплового опору матеріалів для одягу ПТС-225 [5].

Пластина з електронагрівачем змонтована на передній кришці корпусу, на якій встановлюють зразок. Між пластиною і зразком створюють за допомогою текстолітового кільця повітряний прошарок завтовшки 5 мм, який дозволяє створювати повітряний потік певної швидкості і напрямку (під кутом φ). Температури пластини і навколишнього повітря вимірюють за допомогою термопар. Пластина нагрівають до певного значення перепаду температур пластини і повітря і вимірюють час охолодження пластини до заданого перепаду температур. По темпу охолодження обчислюють значення сумарного теплового опору випробовуваного матеріалу.

Отже, з навчальною метою для підготовки інженерів за фахом «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування» необхідно створити лабораторний стенд для дослідження теплофізичних властивостей матеріалів, що використовуються в

легкій промисловості.

Результати досліджень

Лабораторний стенд, що використовує спосіб нестационарного режиму, призначений для визначення характеристик теплофізичних властивостей матеріалів легкої промисловості.

Стенд дає можливість досліджувати:

- матеріали з різними теплофізичними характеристиками;
- матеріали різної структури;
- матеріали з різними експлуатаційними характеристиками (вологість, зношеність, забрудненість, тощо);
- матеріали різної товщини;
- пакети матеріалів;
- двовісно орієнтовані матеріали у вигляді масивних листів.

Схема вимірювань показана на рис. 1. Напруга, яка подається на нагрівач (1), регулюється електронним блоком термостата (2), що забезпечує стабільність робочої температури (39°C) на робочій поверхні. Для вимірювання температури досліджуваних зразків (3) використовуються термодавачі (4, 5), опір яких змінюється пропорційно зміні температури на поверхнях нагрівача і вимірювального блоку. Ці зміни опорів обробляються електронним блоком (6) і виводяться на індикатор (7) який показує різницю виміряних температур в одиницях $\Delta T^{\circ}\text{C}$.

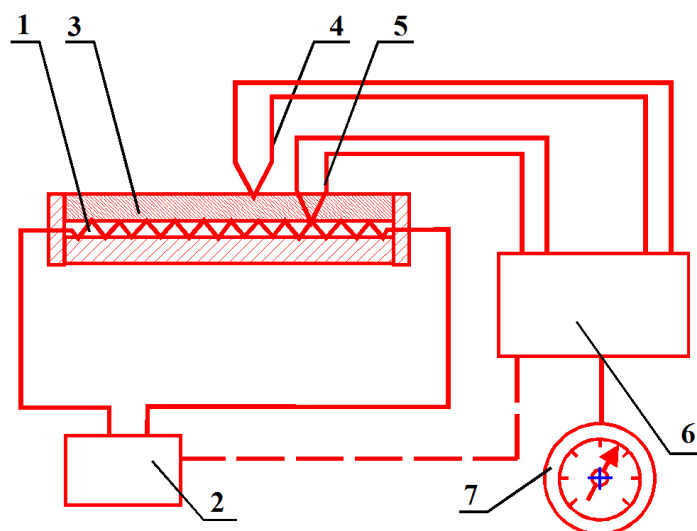


Рис. 1. Схема вимірювання

Зовнішній вигляд лабораторного стенду представлений на рис. 2, а. Робоча частина стенду складається з нагрівального елементу з електричним опором $R=41,7$ Ом, розташованого в термостаті 1 (рис. 2, б). Для зниження радіальних теплових втрат у нагрівачі передбачений теплоізоляційний кожух і активна система підтримки стабільної температури робочої поверхні 2. Досліджуваний зразок розташовується між робочою поверхнею 2 і вимірювальним пристроєм 3. В усталеному тепловому режимі, теплота яка виділяється в нагрівачі (за винятком радіальних теплових втрат), проходить через досліджувані зразки та нагріває верхню пластину вимірювального пристрою 3, температура якої фіксується термометром опору. Стрілка вимірювального приладу 4 показує різницю температур $\Delta T^{\circ}\text{C}$.

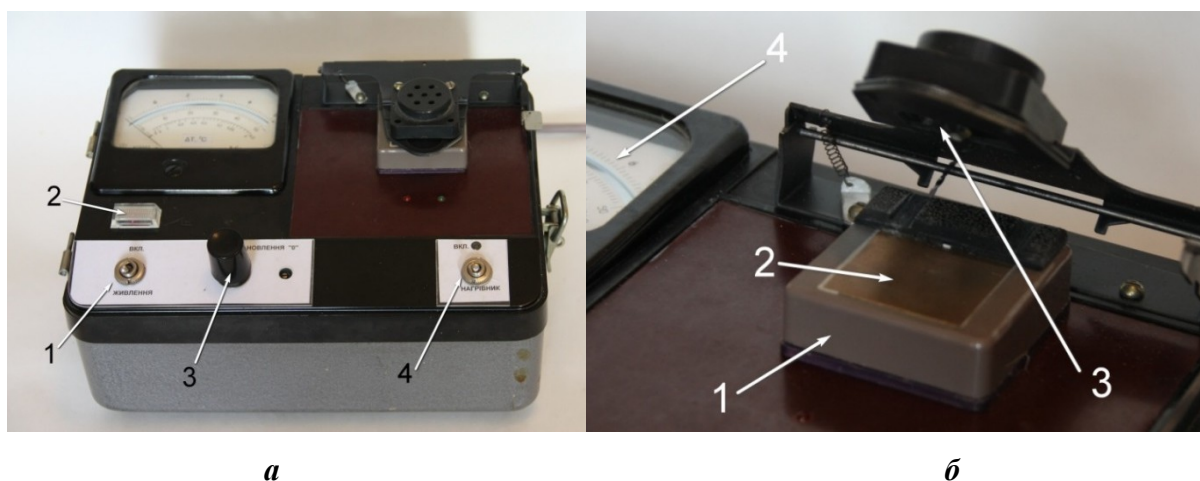


Рис. 2. Загальний вигляд стенду:

- (а) 1 – вимикач «Живлення»; 2 – сигнальна лампочка робочого стану приладу;
3 – потенціометр «Встановлення 0»; 4 – тумблер живлення термостата;
(б) 1 – термостат; 2 – нижня робоча поверхня; 3 – вимірювальний пристрій;
4 – індикатор

Стенд працює наступним чином. Вмикають вимикач 1 (рис.2, а) на панелі управління (спрацьовує сигнальна лампочка 2), а потім тумблером 4 включити живлення термостата. Через 3-4 хв. після включення термостата, ручкою потенціометра 3 «Встановлення 0», встановити стрілку вимірювального приладу в нульове положення. Підняти верхню частину вимірювального пристрою (як зображено на рис. 2, б), покласти досліджуваний зрінець ($l_1 = 0,05$ м и $l_2 = 0,02$ м) на робочу поверхню і опустити верхню частину. Спостерігаючи за стрілкою індикатора, зачекати коли вона зупиниться і зафіксувати цифрове значення $\Delta T^{\circ}\text{C}$ по верхній шкалі приладу. Після цього вилучити досліджуваний зрінець.

Наступне вимірювання слід проводити через 1-2 хвилини для стабілізації характеристик приладу і середовища в зоні вимірювання. Перед наступним вимірюванням, при необхідності, встановити стрілку вимірювального приладу на «0», як описано вище.

Стаціонарність режиму оцінюється по незмінності середньої температури t_{cp} в часі. Після досягнення на установці стаціонарного режиму роблять усі виміри, які заносяться в протокол спостережень (табл. 1).

Таблиця 1

Звідна таблиця заміряних величин

№ з/п	Вимірювана величина	Позначення	Номери досвіду				
			1	2	3	4	5
1	Сила струму	I, А					
2	Напруга	U, В					
3	Товщина матеріалу зразка	δ , м					
4	Середня температура	t_{cp} , °C					

Тепловий потік визначається [6]: $Q = I \cdot U$, Вт.

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{S \cdot t_1}$, Вт/(м·°C)

де δ – товщина матеріалу, м; S – площа поверхні матеріалу, м²;

Тепловий опір: $R_m = \frac{\delta}{\lambda}$, (м²·°C)/Вт,

Коефіцієнт тепловіддачі а: $a = \frac{Q}{S(T_M - T_C)}$, Вт/м²·°C

де T_M – температура поверхні матеріалу, °C; T_C – температура середовища, °C.

Результати розрахунків записують у формі табл. 2.

Таблиця 2

Результуюча таблиця розрахункових величин

№ з/п	Вимірювана величина	Позначення	Номери досвіду				
			1	2	3	4	5
1	Тепловий потік	Q , Вт					
2	Середня температура	t_{cp} , °C					
3	Теплопровідність	λ , Вт/(м·°C)					
4	Температурний коефіцієнт	β , 1/°C					
5	Тепловий опір	R_m , (м ² ·°C)/Вт					
6	Коефіцієнт тепловіддачі	a , Вт/м ² ·°C					

За результатами вимірів і розрахованими даними будується у відповідному масштабі графік залежності теплопровідності теплоізоляційного матеріалу від середньої температури теплової ізоляції. Користуючись графіком, визначають коефіцієнт β , що характеризує вплив температури на теплопровідність матеріалу. При обробці графічного матеріалу характер залежності теплопровідності від температури представляється у вигляді лінійного рівняння

$$\lambda_t = \lambda_o \cdot (1 + \beta \cdot t_{cp})$$

Висновки

З навчальною метою для підготовки інженерів за фахом «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування» створено лабораторний стенд для дослідження теплофізичних властивостей матеріалів, що використовує спосіб нестационарного, або регулярного, режиму. За допомогою стенду можна досліджувати: матеріали різної структури, товщини, з різними теплофізичними та експлуатаційними характеристиками; пакети матеріалів; двовісно орієнтовані матеріали у вигляді масивних листів.

Список використаних джерел

1. Клименко А. В. Теоретические основы теплотехники. / А. В. Клименко, В. М. Зорин. – М. : Изд-во МЭИ, 2001. – 561 с.
2. Мазур Л. С. Техническая термодинамика и теплотехника. / Л. С. Мазур. – М. : ГЭОЭР-МЕД, 2003. – 350 с.
3. Чернышева Т. И. Методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов. / Т. И. Чернышева, В. Н. Чернышев. – М. : Машиностроение, 2001. – 194 с.
4. Назарова М. В. Исследование теплозащитных свойств неразрезной двухполотной основоворсовой ткани / М. В. Назарова, С. Ю. Бойко // Современные проблемы науки и образования. Выпуск № 5, 2009. – С. 113-117; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=1243> (дата звернення: 06.11.2016).
5. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления (с изменениями N 1, 2): ГОСТ 20489-75. – [Введен в действие

01.01.1976]. – М. : Издательство стандартов, 1986. – 11 с. – (Національні стандарти України).

6. Цветков Ф. Ф. Задачник по тепломассообмену. Учебное пособие. / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко. – М. : МЭИ, 1997. – 136 с.

References

1. Klimenko A. V. Teoreticheskiye osnovy teplotehniki. / A. V. Klimenko, V. M. Zorin. – М. : MEI, 2001. – 561 p.
2. Vazur L. S. Tehnicheskaja termodinamika i teplotehnika. / L. S. Mazur. – М. : GEOER-MED, 2003. – 350 p.
3. Chernysheva T. I. Metody i sredstva nerazruwajushchego kontrolja teplofizicheskikh svojstv materialov. / T. I. Chernysheva, V. N. Chernyshev. – М. : Mashinostrojenije. 2001. – 194 p.
4. Nazarova M. V. Issledovanie teplozashchitnych svojstv nerazreznoj dvuhpolotnoj osnovorsovoj tkani / M. V. Nazarova, S.Yu. Bojko. // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. Vypusk № 5, 2009. С.113-117; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=1243> (data zvernennia: 06.11.2016).
5. Materialy dlja odezdy. Metod opredelenia sumarnogo teplovogo soprotivlenia (s izminjenijami N1,2): GOST 20489-75. – [Vvedjen v dejstvije 01.01.1976]. – М. : Izdatelstvo standartov, 1986. – 11 p.
6. Tsvjetkov F. F. Zadachnik po teplomasoobmenu. Uchebnoje posobie. / F. F. Tsvjetkov, R. V. Kerimov, V. I. Velichko. – М. : MEI, 1997. – 136 p.

Лабораторный стенд для исследования теплозащитных свойств материалов легкой промышленности

Зинько Р. В., Серкиз О. Р., Теличко Б. І., Абумаилх М. М.

Національний університет «Львівська політехніка», г. Львів

Цель. Создание лабораторного стенда для исследования теплофизических свойств материалов легкой промышленности.

Методика. Анализ конструкций, выбор по критерию сложность-эффективность.

Результаты. Создан стенд небольшой сложности для определения теплопроводимости материалов.

Научная новизна. Представление стационарными способами экспериментального определения теплопроводимости на примере метода неограниченного плоского слоя.

Практическая значимость. Стенд дает возможность исследовать: материалы с разными теплофизическими и эксплуатационными характеристиками; материалы разной структуры и толщины; пакеты материалов; двухосно ориентированные материалы в виде массивных листов.

Ключевые слова: лабораторный стенд, легкая промышленность, подготовка инженеров, теплофизические свойства материалов, материалы разной структуры

Laboratory stand for testing of heatcover properties of textile industry materials

Zinko R. V., Serkiz O. R., Telychko B. I., Abumailich M. M.

Lviv Polytechnic National university

Purpose. Creation of laboratory stand for research of thermophysical properties of materials of light industry.

Methodology. Analysis of constructions, choice on a criterion complication-efficiency.

Finding. the stand of small complication is created for determination of heat-conducting of materials.

Originality. Presentation of experimental determination of heat-conducting stationary methods on the example of method of unlimited flat layer.

Practical value. Stand gives an opportunity to investigate: materials with different thermophysical and operating descriptions; materials of different structure and thickness; packages of materials; the biaxial oriented materials are as massive folias.

Keywords: laboratory stand, textile industry, education of engineers, thermophysical properties of materials, materials of different structure