

УДК 677.07

ПЕРВАЯ Н. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ПРИЛАДІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВЗУТТЯ

Мета. Аналіз існуючих методів та приладів, що використовуються для визначення теплофізичних властивостей матеріалів для взуття та їх показників для з'ясування доцільності їх використання в залежності від задач дослідження.

Методика. Аналітичний огляд та систематизація науково-технічної інформації щодо методів та приладів визначення теплозахисних властивостей матеріалів для взуття.

Результати. В роботі наведений аналіз сучасних методів та пристроїв, що застосовуються для дослідження теплофізичних властивостей матеріалів – зазначено їх особливості, переваги та недоліки.

Наукова новизна. Проведено детальний аналіз існуючих методів та пристроїв, що використовують для визначення теплозахисних властивостей матеріалів для взуття, систематизовано основні напрями та перспективи досліджень.

Практична значимість. Наведена в роботі систематизація методів та пристроїв для дослідження теплофізичних властивостей матеріалів для взуття дозволить швидко орієнтуватися у великій їх кількості, а також визначити доцільність їх використання в залежності від поставлених задач.

Ключові слова: матеріали для взуття, теплофізичні властивості, методи дослідження, прилади.

Вступ. Теплообмін між стопою людини та зовнішнім середовищем здійснюється через матеріали, з яких виготовлене взуття. Знання показників теплофізичних властивостей матеріалів надає можливість раціонального підбору технологічних режимів обробки матеріалів, комплектування матеріалів у пакети верху та низу взуття з урахуванням умов експлуатації та забезпечення комфортних умов для людини.

Теплофізичні (теплозахисні) властивості матеріалів залежать від їх теплопровідності – здатності передавати через свою товщу тепловий потік, що виникає через різницю температур на протилежних поверхнях матеріалу.

Аналіз науково-технічної літератури вказує на підвищений інтерес до проблеми компетентного визначення теплофізичних властивостей матеріалів [1,2,3]. На сьогодні існує багато способів та приладів для визначення теплофізичних властивостей, але не кожен з них доречно застосовувати для взуттєвих матеріалів. Їх аналіз показує, що різноманітність умов випробувань, конструкцій пристроїв та підходів надає можливість отримати показники теплофізичних властивостей матеріалів різними методами, але порівняти їх можливо лише умовно.

Постановка завдання. Враховуючи вищенаведені факти, а також проблеми, виявлені у дослідженнях теплофізичних властивостей матеріалів для взуття, метою роботи є аналіз існуючих методів та пристроїв, що застосовуються для визначення теплофізичних властивостей взуттєвих матеріалів. Це дозволить визначити доцільність використання тієї чи іншої методики в залежності від задач дослідження.

Результати дослідження. Здійснити теоретичний розрахунок теплопровідності матеріалів, особливо тих, які мають складну будову, наприклад, шкіра натуральна, надто складно, тому її визначають експериментальними методами.

Загалом, теплофізичні властивості матеріалів поділяють на стаціонарні та нестаціонарні [1]. Стаціонарні теплофізичні властивості характеризуються такими показниками як теплопровідність λ , Вт/м·К та тепловий опір R_m , м²·К/В, які інформують, наскільки матеріал зберігає тепло. Нестаціонарні теплофізичні властивості характеризуються показником теплового поглинання b , Вт·с⁻²/м²·К, який інформує про відчуття теплоти при першому дотику до матеріалу.

Методи, які використовуються для визначення показників теплофізичних властивостей матеріалів для виробництва взуття, поділяються на дві групи: *методи, що ґрунтуються на принципі стаціонарного теплового режиму*, та *методи, що ґрунтуються на принципі нестаціонарного (регулярного) теплового режиму*. Кожен з представлених методів можна покласти в принцип дії приладу, використовуючи той чи інший спосіб вимірювання. Але від необхідності визначення параметру тієї чи іншої показника теплофізичної властивості матеріалу залежить вибір методу та відповідно приладу, що застосовується для визначення цих показників.

При *стаціонарному тепловому режимі* визначають кількість тепла, необхідного для збереження постійної різниці температур двох поверхонь, які ізольовані одна від одної дослідним зразком матеріалу. За таким принципом працюють такі прилади як ИТ-3 (Академія наук України, Інститут технічної теплофізики), «Lee' disc» (ISO 17705:2003), а також прилад із захищеною гарячою плитою (ASTM D 1518-85, 1990).

Спосіб плаского шару стаціонарного методу покладений в основу принципу дії приладу ИТ-3 [4] (рис. 1). Теоретичною основою даного методу є формула для визначення теплового потоку, що передається при стаціонарній теплопровідності пласкої стінки з граничними умовами 1-го роду [5]:

$$q = K_d \cdot E_d, \quad (1)$$

де E_d – ЕРС, яка розвивається датчиком теплового потоку, мВ;

K_d – коефіцієнт перетворення, який визначається калібруванням датчика для кожного приладу.

Зразок матеріалу розташовують між пластиною, яка нагрівається, та холодильником. Температуру на поверхнях зразка T_1 та T_2 виміряють за допомогою термопар, що притискаються до поверхонь зразка. За допомогою датчика теплового потоку вимірюється питомий тепловий потік q . Цей датчик виробляє електрорушійна сила (ЕРС), величина якої пропорційна величині q . Але необхідно враховувати величину коефіцієнта перетворення K_d , яка визначається калібруванням датчика для кожного приладу.

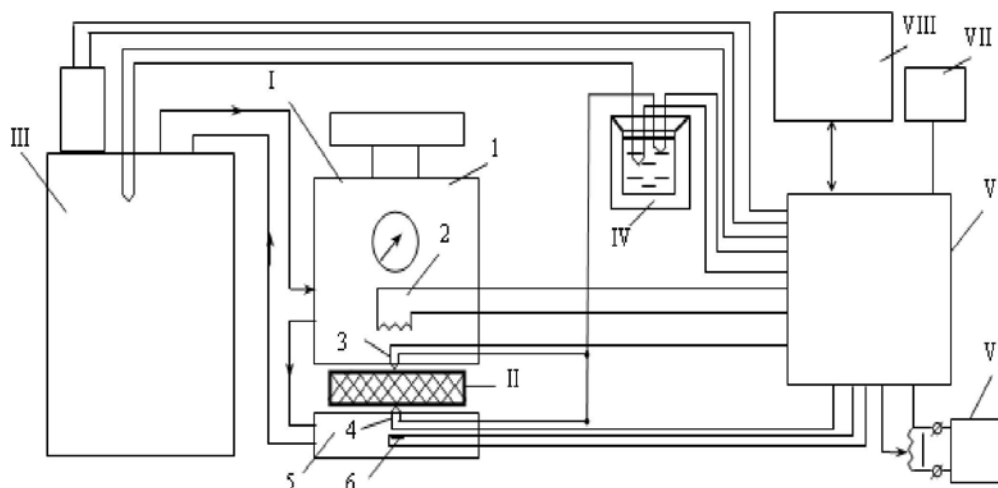


Рис. 1. Схема приладу ИТ-3: I – вимірювач теплопровідності ИТ-3; II – досліджуваний зразок матеріалу; III – термостат; IV – посудина Дьюара; V – блок керування та вимірювання; VI – лабораторний автотрансформатор (джерело постійного струму, що регулюється); VII – стабілізоване джерело постійного струму; 3, 4 – термопари; 5 – холодильник; 6 – датчик теплового потоку

Таким чином, коефіцієнт теплопровідності визначається за формулою:

$$\lambda = \delta \frac{K_D E_D}{K_T E_1 - E_2} \quad (2)$$

де K_T – коефіцієнт перетворення термопар, К/мВ;

E_1 та E_2 – термо-ЕРС відповідних термопар, мВ.

Основною складовою цього експериментального приладу є вимірювач теплопровідності ИТ-3. Він складається з плоского електричного нагрівача, який нагріває верхню поверхню дослідного зразка та стрічкових термопар, які розміщені в еластичних гумових прокладках для нейтралізації контактних термічних опорів. Датчик теплового потоку розташований у верхній частині холодильника. ИТ-3 оснащений механізмом переміщення, за допомогою якого піднімають або опускають рухоми вставку з нагрівачем, що забезпечує можливість закладання зразка та щільного притискання його до холодильника. Також він оснащений індикатором годинникового типу, який дозволяє визначити зміну товщини досліджуваного зразка під час його стиснення та теплового розширення. Дослідний зразок матеріалу повинен мати діаметр 100 мм та товщину не більше 10 мм.

Оскільки прилад ИТ-3 розроблений для визначення стаціонарних теплофізичних властивостей твердих матеріалів та рідин за нормальних умов, його також застосовують для визначення теплопровідності текстильних та шкіряних матеріалів.

Проте, при використанні приладу ИТ-3 для створення одномірного температурного поля у досліджуваних зразках прилад виходить на сталий режим протягом 30 – 45 хв, потім кожні 10 хв потрібно вимірювати значення E_D , E_1 та E_2 , що значно збільшує тривалість дослідження.

Принцип стаціонарного теплового режиму також закладений у прилад «Lee' disc» (рис. 2) [6], у якому постійне джерело тепла розташоване між двома ідентичними металевими циліндрами, встановленими один над одним, тобто їх осі розташовані вертикально.

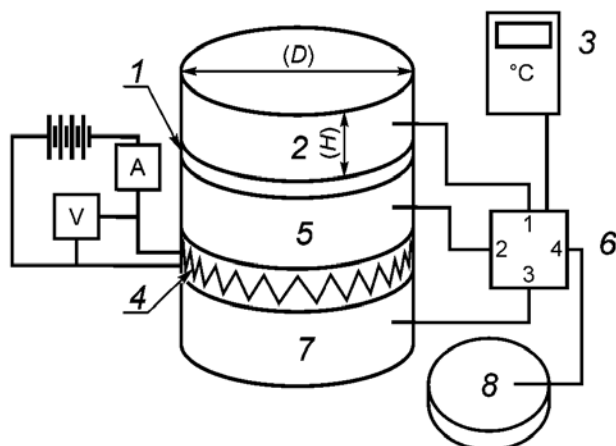


Рис. 2. Схема приладу «Lee' disc»: 1 – досліджуваний зразок; 2 – циліндричний латунний блок В1 з термопарою; 3 – дисплей - показник температури; 4 – нагрівач; 5 – циліндричний латунний блок В2 з термопарою; 6 – перемикач; 7 - циліндричний латунний блок В3 з термопарою; 8 – циліндричний латунний блок В4 з термопарою для визначення температури навколишнього середовища

Досліджуваний зразок матеріалу або пакету матеріалів діаметром 75 мм розташовують на верхній поверхні циліндричного блоку В2, а інший ідентичний циліндричний блок В1 – зверху зразка таким чином, щоб всі циліндри та дослідний зразок матеріалу були концентрично вирівняні. Джерело тепла включають та витримують до досягнення рівноважної температури $(35 \pm 5)^\circ\text{C}$ трьох циліндричних блоків В1, В2, В3.

Теплопровідність дослідного зразка матеріалу визначають за температурою, що встановилася у трьох блоках, відкритих ділянках поверхні блоків і досліджуваного зразка, а також за товщиною досліджуваного зразка:

$$\lambda = P \cdot S \cdot (A_5 \cdot T_5 + 2 \cdot A_1 \cdot T_1) / [(A_1 \cdot T_1 + A_5 \cdot T_5 + A_3 \cdot T_3) \cdot (0,5 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot (T_2 - T_1))] \quad (3)$$

де P – потужність, що подається на нагрівач, Вт;

S – товщина зразка, мм, при тиску $(2,0 \pm 0,2)$ кПа;

A_5, A_1, A_3 – площа зразка та поверхонь циліндричних блоків В1, В3, м^2 , відповідно;

T_5, T_1, T_2, T_3 – температура зразка, поверхонь блоків В1, В2 та В3, К, відповідно.

При використанні приладу «Lee' disc» регулярно, приблизно з інтервалом 30 хв, реєструють температуру блоків В1, В2, В3, В4 з точністю до $0,2^\circ\text{C}$. Після отримання трьох послідовних показників для кожного блоку дослід закінчують. Це значно збільшує тривалість дослідження. Але слід зазначити, що цей прилад використовують для визначення стаціонарних теплофізичних властивостей різноманітних матеріалів, а також відповідно до ISO 17705:2003 матеріалів для верху, підкладки та вкладних устілок взуття.

Для визначення стаціонарних теплофізичних властивостей текстильних та шкіряних матеріалів також застосовують прилад із захищеною гарячою пластиною [7]. Верхній та бічний вигляд цього приладу показано на рис. 3.

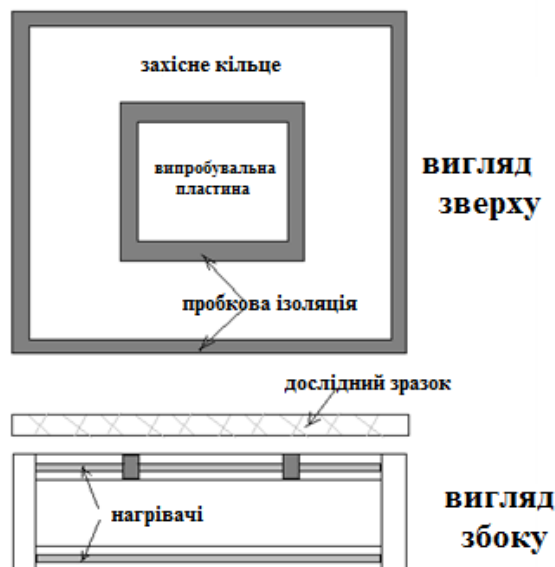


Рис. 3. Захищена гаряча пластина

Прилад складається з випробувальної пластини, що нагрівається, оточеної захисним кільцем та нижньою пластиною під нею. Всі три плити складаються з нагрівачих елементів, закріплених між алюмінієвими листами. Всі пластини підтримують однакову постійну температуру в діапазоні температури шкіри людини (33-36 °С). За наявності дослідного зразка прилад має досягати рівноважної температури. Кількість теплоти, що проходить через зразок, вимірюється за споживанням електроенергії нагрівача випробувальної пластини (Вт/м²·К). Вимірюють температуру випробувальної пластини та повітря на висоті 500 мм над випробувальною пластиною. Розмір дослідного зразка 500×500 мм.

Теплопровідність і тепловий опір розраховують наступним чином:

1. Обчислюють комбіновану тепловіддачу зразка та повітря, U_1 до 0,005 Вт / м²·К:

$$U_1 = P/A \cdot (T_p - T_a) \quad (4)$$

де P - втрата потужності від контрольної пластини, Вт;

A - площа випробувальної пластини, м²;

T_p і T_a - температура пластини і температура повітря, К, відповідно.

2. Обчислюють тепловіддачу пластини без дослідного зразка, U_{bp} .

3. Обчислюють тепловіддачу дослідного зразка, використовуючи рівняння:

$$\frac{1}{U_2} = \frac{1}{U_1} - \frac{1}{U_{bp}} \quad (5)$$

4. Обчислюють теплопровідність досліджуваного матеріалу за рівнянням:

$$\lambda = U_2 \cdot \frac{t_i}{1000} \quad (6)$$

де, t_i - товщина зразка, мм, при тиску 0,07 кПа.

5. Обчислюють тепловий опір досліджуваного матеріалу за рівнянням:

$$R = 1/U_2 \quad (7)$$

Метод випробування охоплює визначення загальних коефіцієнтів теплопередачі внаслідок об'єднаної дії провідності, конвекції та випромінювання для сухих зразків тканин та інших матеріалів товщиною не більше 50 мм, що мають тепловіддачу (U_2) в діапазоні 0,7 – 14 Вт/м²·К. Але на практиці вимірювання швидкості теплового потоку у певному напрямку здійснити важко, оскільки підігрівач, розсіює тепло в усіх напрямках.

Враховуючи вище зазначене, до недоліків методу стаціонарного режиму покладеного в основу приладів ИТ-3, «Lee' disc» та із захищеної гарячою пластиною, можна віднести складність створення одновимірного температурного поля у досліджуваних зразках, облік тепловтрат і тривалість встановлення стаціонарного теплового режиму (від 2 до 5 год), що призводить до зміни вологості досліджуваного матеріалу, тим самим впливаючи на припущення, що температура нагрівача та холодильника дорівнюють температурі відповідних сторін матеріалу.

При *нестационарному або регулярному тепловому режимі* визначається швидкість охолодження нагрітого тіла, яке ізольоване від навколишнього середовища досліджуваним матеріалом. За цим принципом працюють прилади ПТС-225 (ГОСТ 29489-75) та Alambeta (Технічний університет Ліберця, Чеська республіка).

Прилад ПТС-225 [8] використовується для визначення сумарного теплового опору матеріалів для одягу, але, як виняток, його можна використовувати для дослідження матеріалів для взуття (рис. 5). Для визначення теплового опору матеріалу (пакету матеріалів) досліджуваний зразок матеріалу повинен мати розмір не менший за 300×400 мм. Товщину матеріалу вимірюють при тиску 0,2 кПа.

Дослідження теплозахисних властивостей матеріалів проводять як в умовах природної конвекції повітря, так і при дії повітряного потоку зі швидкістю 5 м/с, направлено до поверхні зразка під кутом 45°. Дослідження відбувається при постійних значеннях температури навколишнього середовища та коефіцієнта тепловіддачі з поверхні матеріалу в інтервалі температури (55 – 45 °С) при середньому перепаді 50 °С. Температуру пластини та навколишнього середовища визначають за допомогою термопар. Пластину нагрівають до заданого перепаду температур пластини і повітря та вимірюють час охолодження пластин до заданого температурного перепаду.

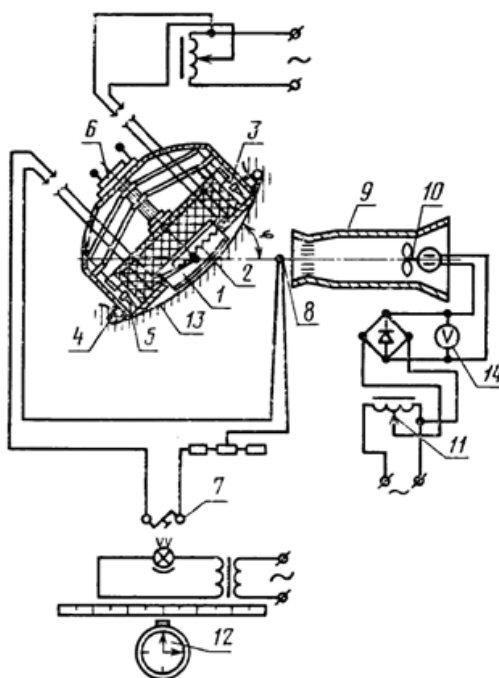


Рис. 5. Схема приладу ПТС-225: 1 – пластина; 2 – електронагрівач; 3 – кришка корпусу; 4 – притисний пристрій; 5 – голчастий пристрій; 6 – механізм притискування; 7 – гальванометр; 8 – диференційна термопара; 9 – труба аеродинамічного пристрою; 10 – вентилятор аеродинамічного пристрою; 11 – регульований автотрансформатор; 12 – секундомір; 13 – досліджуваний зразок

За темпом охолодження обчислюють значення теплового опору зразка матеріалу:

$$R_{\text{сум}} = E/\Phi \cdot K(m - B \cdot E) \quad (8)$$

де E – розрахунковий коефіцієнт, який залежить від повної теплоємності пластини та зразка матеріалу;

Φ – фактор приладу, який визначається за паспортом приладу, $\text{Дж}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

E – коригування розсіювання теплового потоку пристрою, який визначається за паспортом пристрою, с^{-1} ;

m – темп охолодження пластини, с^{-1} ,

Таким чином, прилад ПТС-225, в основу якого покладений принцип нестационарного (регулярного) теплового режиму, більш швидко та просто дозволяє відтворити умови теплообміну в одязі (взутті), коли виріб однією стороною прилягає до нагрітого тіла, а іншою контактує з оточуючим середовищем, зокрема з повітрям. До недоліків даного приладу можливо віднести значний розмір дослідного зразка, якщо враховувати чималу вартість натуральної шкіри для верху взуття.

Чеський прилад Alambeta (рис. 6) [9,2] діє за принципом нестационарного теплового режиму та визначає стаціонарні (тепловий опір R та коефіцієнт теплопровідності λ) та нестационарні (коефіцієнт теплового поглинання b , який надає об'єктивну оцінку властивості матеріалу, відому як "тепле-холодне відчуття", що виникає, коли шкіра людини дотикається до об'єкта) теплофізичні властивості матеріалу.

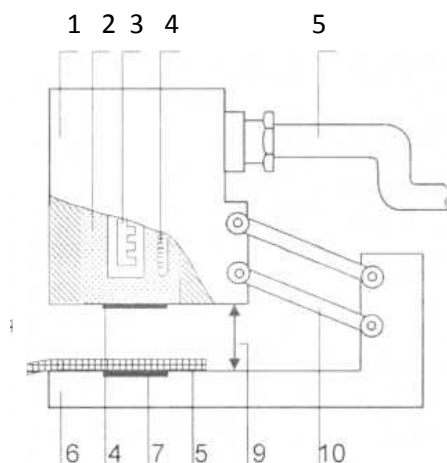


Рис. 6. Схема прилад Alambeta: 1 – вимірювальна головка з постійною температурою; 2 – металевий блок; 3 – датчик температури; 4 – датчики теплового потоку; 5 – зразок для випробування; 6 – основа приладу; 7 – датчиків теплового потоку; 8 – термометр; 9 – регулятор товщини; 10 – регулятор висоти

Прилад складається з двох вимірювальних головок, між якими розміщений дослідний зразок. Обидві вимірювальні головки оснащені термопарами та датчиками теплового потоку. Нижні вимірювальні головки регулюються до температури оточуючого середовища за допомогою відповідних засобів охолодження; верхня вимірювальна головка, що нагрівається, регулюється до контрольованої постійної диференціальної температури. Датчики теплового потоку діють на контактні поверхні обох вимірювальних головок. Після опускання вимірювальної головки на досліджуваний зразок, вимірюють тепловий потік на верхній та нижній сторонах досліджуваного зразка. Основний принцип цього приладу полягає у вимірюванні та обробці теплових потоків залежно від часу. Крім того, прилад вимірює відношення максимальної до стаціонарної щільності теплового потоку (q_{max}/q_s), стаціонарну щільність теплового потоку q_s у контактній точці, а також товщину зразка.

Комп'ютерний контролер приладу Alambeta працює у напівавтоматичному режимі та обчислює всі статистичні параметри вимірювань за допомогою програмного забезпечення. Вся процедура вимірювання та оцінка результатів займає менше 3 – 5 хв.

До переваг даного приладу належить можливість визначати показники теплофізичних властивостей матеріалу без його поділу на досліджувані зразки, але дослідження відбуваються при незмінній величині тиску, що не відповідає реальним умовам експлуатації взуття.

Існує прилад (МГУДТ) (рис.7) [3], який діє за принципом стаціонарного та нестаціонарного теплового режиму.

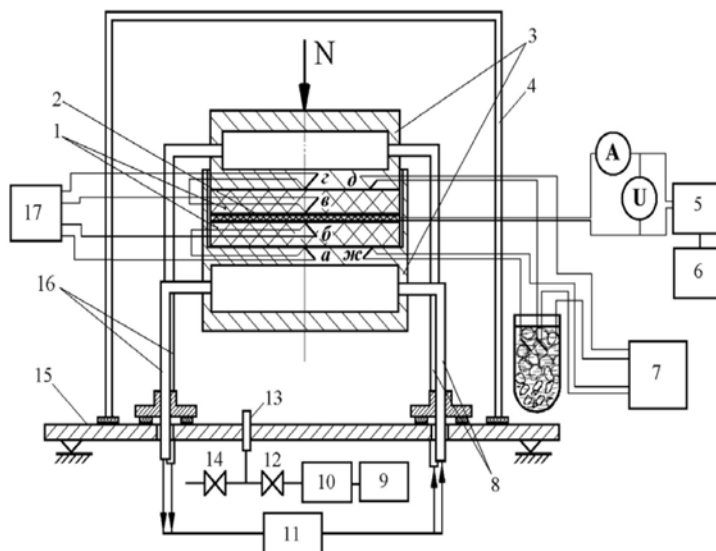


Рис. 7. Схема приладу МГУДТ: 1 – зразки матеріалу; 2 – нагрівач; 3 – холодильники; 4 – вакуумний ковпак; 5 – електросекундомір; 6 – джерело живлення; 7 – прилад для реєстрації температури зразка матеріалу; 8, 16 – трубопроводи; 9 вакуумметр; 10 – форвакуумний та паромасляний насоси; 11 – ультратермостат; 12, 14 – вакуумні вентиля; 13 – трубка; 15 – вакуумна плита; 17 – вимірювач перепаду температур на пробах матеріалу

Прилад МГУДТ виміряє показники теплофізичних властивостей матеріалів та пакетів матеріалів в інтервалі температур від 100 до 500 °К, атмосферному тиску від 10^5 до 10^{-4} Па та при зовнішньому тиску до 2 МПа, що дозволяє наблизити випробування зразків матеріалів для взуття до реальних умов експлуатації.

При дослідження на цьому приладі показників теплофізичних властивостей матеріалів для взуття (λ та R_m) визначено [10], що більш суттєві зміни цих показників спостерігаються при комплексному впливі вологи та силового тиску. При збільшенні вологості до 40 % та тиску до 157,35 кПа спостерігається зменшення теплового опору матеріалів R_m , що пояснюється збільшенням площі контакту між структурними елементами, зменшенням інтегральної пористості матеріалів або середньої щільності.

Висновки. Проведено системний аналіз особливостей різних методів та пристроїв для оцінки теплофізичних властивостей матеріалів для взуття. Визначено, що теплофізичні характеристики матеріалів для взуття визначаються приладами, в основу роботи яких покладено методи стаціонарного або нестаціонарного теплового режиму.

Прилади, в основу роботи яких покладений метод стаціонарного теплового режиму, мають такі недоліки як значна тривалість випробувань, значний розмір зразків та витрати часу на закладку дослідного зразка в пристрій. Прилади, в основу роботи яких покладений метод нестаціонарного теплового режиму, суттєво скорочують часовий проміжок проведення досліджень. До загальних недоліків всіх згаданих вище приладів для визначення теплофізичних властивостей матеріалів можна віднести те, що на практиці виміряти швидкість теплового потоку у певному напрямку досить складно, оскільки підігрівач розсіює тепло в усіх напрямках.

Встановлено, що теплофізичні показники, отримані за допомогою різних методів та приладів, можна порівняти лише умовно. Їх величина залежить від умов проведення дослідження: питомого тиску на зразок матеріалу, його початкової температури та вологості.

Враховуючи вище наведене, для подальших досліджень теплофізичних властивостей матеріалів для взуття рекомендовано використовувати такі прилади як «Lee' disc», Alambeta та прилад МГУДТ.

Література

1. Weedall, P. J. and Goldie, L., 2001, The Objective Measurement of the «Cool Feeling» in Fabrics, *J. of Text. Inst.*, 92(4), pp. 379-386.
2. Devanand Uttam. Objective Measurement of Heat Transport through Clothing, *International Journal of Engineering Research and Development*. Vol.2, Issue 12 (August 2012), pp. 43-47.
3. Селина Н.Г., Кораблина С.Ю., Осина Т.М., Афанасьева Р.Ф., Прохоров В.Т. Оценка обоснованности выбора пакетов материалов по формированию комфортных условий военнослужащим Арктики (сообщение 1) // Научный альманах – 2015. - №12-2(14) – с.177-198.
4. Прибор для измерения теплопроводности твердых тел ИТ-3: паспорт ИТ-300.00.000ПС / Академия наук УССР, ин-т технической теплофизики. – Киев, 1980. – 23 с.
5. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники. – М., 2002, 253 с.
6. ISO 17705:2003 Footwear - Test methods for uppers, lining and insoles - Thermal insulation, IDT
7. ASTM D 1518 “Standard test method for thermal transmittance of textile materials, 2005 Annual Book of ASTM Standards, vol.7.01, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2005
8. ГОСТ 29489-75. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления, М.: Издательство стандартов, 1986. – 11 с.
9. SENSORA, 1990. “Instruction manuals of the Alambeta, Permetest instruments”, SENSORA Liberec Registered Company, Czech. Republic.
10. Жихарев А. П., Петропавловский Д. Г., Кузин С. К., Мишаков В. Ю. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. – М.: Издательский центр "Академия", 2004, 448 с.

References

1. Weedall, P. J. and Goldie, L., (2001), The Objective Measurement of the „Cool Feeling“ in Fabrics, *J. of Text. Inst.*, 92(4), pp 379-386.
2. The device for measuring the thermal conductivity of solids ИТ-3: passport ИТ-300.00.000PS / Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Institute of Technical Thermophysics. - Kiev, 1980. - 23 p.
3. V.I. Lyashkov. (2002) Theoretical foundations of heat engineering. 253 p.
4. ISO 17705:2003 Footwear - Test methods for uppers, lining and insoles - Thermal insulation, IDT
5. ASTM D 1518 “Standard test method for thermal transmittance of textile materials, 2005 Annual Book of ASTM Standards, vol.7.01, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2005
6. GOST 29489-75. Materials for clothes. Method for determining the total thermal resistance, М.: Publishing House of Standards, 1986. - 11 p.
7. SENSORA, (1990). “Instruction manuals of the Alambeta, Permetest instruments”, SENSORA Liberec Registered Company, Czech. Republic.
8. Devanand Uttam. Objective Measurement of Heat Transport through Clothing, *International Journal of Engineering Research and Development*. Vol.2, Issue 12 (August 2012), pp. 43-47.
9. Selina N. G., Korablina S. Yu., Osina T. M., Afanasyeva R. F., Prokhorov V. T. Assessment of the validity of the choice of materials for the formation of a package of comfortable conditions servicemen Arctic (1 message)// Scientific almanac - 2015. - № 12-2 (14) - p.177-198.
10. Zhikharev A.P., Petropavlovsky D.G., Kuzin S.K., Mishakov V.Yu. (2004) Material science in the manufacture of light industry products. - Moscow: Publishing Center "Academy", 448 p.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБУВИ

ПЕРВАЯ Н. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Анализ существующих методов и приборов, используемых для определения теплофизических свойств материалов для обуви и их показателей для определения целесообразности их использования в зависимости от задач исследования.

Методика. Аналитический обзор и систематизация научно-технической информации по методам и приборам для исследования теплозащитных свойств материалов для обуви.

Результаты. В работе представлен анализ современных методов и приборов, применяемых для исследования теплофизических свойств – отмечены их особенности, преимущества и недостатки.

Научная новизна. Проведен детальный анализ существующих методов и приборов, которые используются для определения теплозащитных свойств материалов для обуви и систематизированы основные направления и перспективы исследований.

Практическая значимость. Приведенная в работе систематизация методов, способов и приборов для исследования теплофизических свойств материалов для обуви позволяет быстро ориентироваться в их большом количестве. А также определять целесообразность их использования в зависимости от поставленных задач.

Ключевые слова: материалы для обуви, теплофизические свойства, методы исследования, приборы.

ANALYSIS OF METHODS AND DEVICES FOR MEASURING OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF SHOE MATERIALS

PERVAYA N. V.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. Analysis of existing methods and instruments for measuring the thermophysical properties of shoe materials and its indicators to determine the appropriateness of using one or another technique depending on the research objectives.

Methodology. Analytical review and systematization of scientific and technical information about methods and instruments for studying the the thermophysical properties of shoe materials.

Results. The paper presents an analysis of modern methods and instruments for studying thermophysical properties - their features, advantages and disadvantages are noted.

Scientific novelty. A detailed analysis of existing methods and instruments for determining the thermophysical properties of shoe materials has been carried out, and the main directions and prospects of research have been systematized.

Practical value. The systematization of methods, methods and instruments for studying the thermophysical properties of shoe materials makes it possible to quickly orientate in a large number of methods. And also determine the appropriateness of their use depending on the tasks assigned.

Keywords: shoe materials, thermophysical properties, research methods, instruments.