

ВОЛОГОПЕРЕНОС В ПАКЕТАХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОДЯГУ

Проведено порівняльний аналіз стандартизованих методик, які використовуються для визначення вологопереносу в текстильних матеріалах. Визначено розподіл температури та вологості у повітряних прошарках пакету одягу.

Ключові слова: вологопровідність, підодяговий мікроклімат.

Y.O. VASHCHENKO, N.P. SUPRUN, M.A. MARHAY

Kyiv national university of technologies and design

MOISTURE TRANSPORT IN THE MATERIAL PACKAGES FOR CLOTHES

Abstract – It was done the comparative analysis of standard methods, which are used for determination of water vapour permeability in packages and materials for clothes. Was determined the distribution of temperature and humidity in the packages of clothes.

Keywords: water vapour permeability, microclimate in underwear.

Вступ

Одяг не є пасивним покривом тіла. Він створює оболонку, що зберігає локальний мікроклімат у підодяговому просторі, видозмінюючи функцію тепловиділення, і допомагає організму людині у встановленні теплового балансу. Раціонально підібраний пакет матеріалів одягу має забезпечувати протягом тривалого часу евакуацію вологи з підодягового простору і підтримувати його повітрообмін з навколишнім середовищем. Рішення цієї проблеми ускладнюється відсутністю ґрунтовних експериментальних даних про вплив показників фізичних властивостей текстильних матеріалів і їх пакетів на параметри підодягового мікроклімат і самопочуття людини.

Вивченням функціональних і гігієнічних властивостей різних видів одягу багато років займалися вітчизняні дослідники. Докладні методики оцінки гігієнічних характеристик одягу, що включають методи визначення властивостей матеріалів і основних параметрів мікроклімату підодягового простору, приведені в роботах, опублікованих ще більш 50 років тому [1, 2]. Розвиток методів оцінки і, особливо, прогнозування комфортності різних видів одягу у визначених умовах експлуатації в даний час є одним із пріоритетних напрямків досліджень в матеріалознавстві. Підтвердженням тому служить розроблений міжнародний стандарт ISO 7933 [3], у якому встановлені характеристики термічних і вологопровідних властивостей текстильних матеріалів, що забезпечують комфортність одягу різних видів.

Відомо, що в процесі життєдіяльності тіло людини виділяє не тільки пароподібну вологу; на поверхні шкіри також у великій кількості утворюється краплиннорідка волога (піт). Запорукою комфортного підодягового мікроклімату є повне та швидке відведення вологи з шкіри тіла та із підодягового простору, що можливе лише за рахунок активної вентиляції і вільної паропроникності через пакет одягу. У цьому випадку шкіра залишається сухою і зберігається відчуття прохолоди, оскільки тілу для випарування вологи потрібна менша кількість тепла.

Видалення вологи з підодягового простору через пакет одягу є складним нестационарним процесом. Два повітряні середовища, що розділяють одяг (навколишнє середовище і мікроклімат підодягового простору), як правило, розрізняються значеннями температури і парціального тиску водяної пари. Ця різниця викликає потік пароповітряної суміші, спрямований від тіла людини в зовнішнє середовище через пакет одягу. Інтенсивність переміщення вологи усередині матеріалу обумовлена градієнтом концентрації вологи по товщині одягу, а також температурним градієнтом, пов'язаним з різною температурою шарів вологого матеріалу. При виникненні градієнтів вологості та температури за рахунок різниці значень цих показників у мікрокліматі підодягового простору та у навколишньому середовищі волога переміщується у вигляді пари чи рідини в напрямку теплового потоку. Процеси вимушеної конвекції та вологопереносу регулюється здатністю сукупності усіх шарів одягу відводити залишкову вологу.

Поглинання і подальше виведення вологи з підодягового простору в навколишнє середовище здійснюється за допомогою системи капілярів різної природи і розмірів – наскрізних, міжволоконних, міжниткових, поверхневих і інших [4]. У процесі просочування водяної пари (як через пори матеріалу дифузійно, так за механізмом сорбції–десорбції) може мати місце конденсація пари, внаслідок чого волога переміщується як у газоподібному, так і в рідкому стані під дією градієнту капілярного потенціалу. З цієї причини найчастіше цей процес називають вологопровідністю.

Короткий аналіз методів визначення вологопровідності

Для визначення паропроникності (а, фактично, вологопровідності) текстильних матеріалів в нашій країні використовується стандартизована методика [5], згідно якої бюкси з дистильованою водою, зверху яких закріплені зразки матеріалів (рис. 1), поміщають в ексикатор, в якому підтримуються нормальні умови, і періодично зважують. Коефіцієнт паропроникності, B_v , (мг/(м²·с)) розраховується за різницею маси:

$$B_h = \frac{A}{S \cdot t},$$

де A – маса вологи, що випаровувалась з бюксу, мг;
 S – площа зразка, м²;
 t – тривалість випробування, с.

Існує також декілька міжнародних стандартів для визначення вологопровідності, короткий аналіз особливостей приладів та методів, що в них закладені, наведений нижче.

В ISO 11092 [6] стандартизовано використання приладу (рис. 1 а), який складається з вимірювального блоку та з блоку, в якому знаходиться вода. Вимірювальний блок кріпиться на металевій пористій пластині 1 з нагрівальним елементом 2, який сконструйовано таким чином, що тепловий потік та потік вологи проходить тільки через товщу зразка матеріалу. Через пористу пластину, яка вкрита целофановою мембраною, до поверхні зразка за допомогою дозуючого елементу 5 підводиться дистильована вода. Температура пористої пластини підтримується в межах 35⁰С, що відповідає температурі поверхні тіла людини. Весь прилад розміщено в спеціальній камері, в якій підтримуються нормальні умови оточуючого середовища. Після встановлення стаціонарного режиму загальний опір випаруванню розраховується за формулою:

$$R_{et} = \frac{A(P_s - P_a)}{H - \Delta H_E},$$

де R_{et} – загальний опір випаруванню, який забезпечується мембраною, тканиною та граничним шаром повітря, м²·Па/Вт;

A – площа зразка, м²;

P_s – тиск водяної пари на поверхні пластини, Па;

P_a – тиск водяної пари повітря, Па;

H – потужність нагріву, Вт;

ΔH_E – корекційний коефіцієнт для потужності нагріву, Вт.

В стандарті ASTM E96 1995 [7] паропроникність визначається за методикою прямої чашки (рис 1, б).

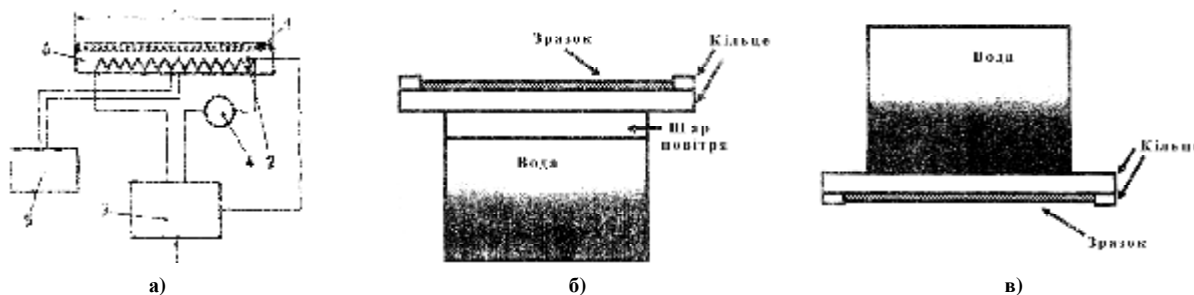


Рис. 1. Схема приладу для визначення паропроникності: а) згідно з ISO 11092 – методика прямої чашки; б) згідно зі стандартом ASTM E96 1995 –методика перевернутої чашки

Ємність заповнюється 100 мл дистильованої води, зверху накладається круглий зразок текстильного матеріалу (діаметром 74 мм), і закріплюється кільцем. Система поміщується в камеру з нормальними умовами оточуючого середовища і система протягом доби періодично зважується з точністю до 0,001 г. Швидкість проходження водяної пари WVT розраховується за зміною ваги:

$$WVT = \frac{G \cdot 24}{t \cdot A},$$

де G – зміна ваги, г;

T – час, за який пройшла ця зміна ваги, год.;

A – площа зразка, м².

Метод переверненої чашки описаний в стандарті ASTM E96 1995 [7]. Методика визначення швидкості проходження водяної пари та розрахункова формула – такі ж, як у попередньому методі. Відмінність в тому, що стовп води подається зверху зразка, проходячи через мікропористу гідрофобну політетрафторетиленову мембрану (рис 1, в).

Набагато складнішим є прилад для визначення вологопровідності текстильних матеріалів, описаний в стандарті ASTM F2298 2003 [8] (рис 2, а). Зразок тканини розміром 6x5 см² розташовується у чарунці між двома однаковими металевими пластинами. Пропускається два окремих струменя азоту, причому один з них абсолютно сухий, другий насичений парами води. Тестування проводиться у відсутності градієнту тиску по обидва боки зразка, а рух водяної пари через зразок створюється за рахунок різниці концентрації пари.

Швидкість переміщення маси (приблизно 2000 см³/хв), температура і відносна вологість потоків контролюються комп'ютером протягом 10 секунд. Після того, як система досягне стабільного стану, останні 10 даних замірів використовують для розрахунку показника швидкості проходження водяної пари через зразок WVT:

$$WVT = \frac{Q \cdot (C_2 - C_1)}{A} \cdot 1000 \cdot 3600 \cdot 24$$

- де WVT – швидкість проходження водяної пари, г/м²/доба;
 A – площа зразка, м²;
 Q – об’ємна швидкість руху, м³/с;
 C_1 – концентрація водяних парів в струмені, що входить, кг/м³;
 C_2 – концентрація водяних парів в струмені, що виходить, кг/м³.

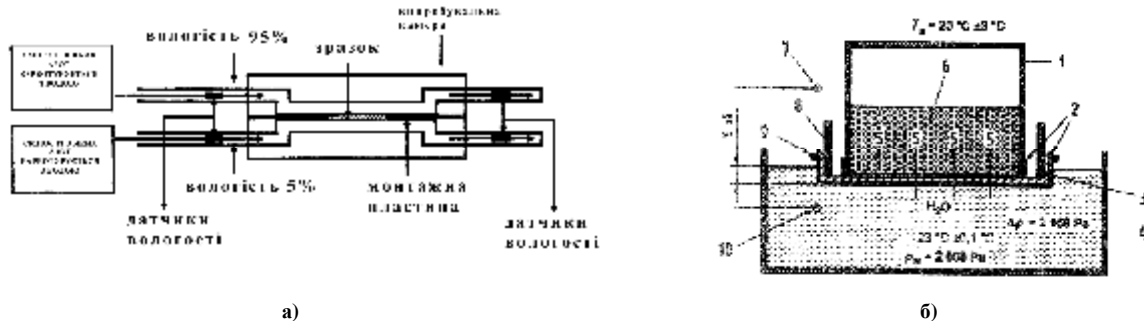


Рис. 2. Схема приладу для визначення паропроникності текстильних матеріалів згідно зі стандартами: а) ASTM F2298 2003; б) ISO 15496 2004

В іншому стандарті ISO 15496 2004 для визначення паропроникності тканин використовується аналогічна методика. Для створення абсолютно сухого повітря використовують поташ, замість градієнту тиску створюється градієнт концентрації водяної пари [9]. Насичений розчин поташу 6 виливають у мірний стакан 1, який покривається водонепроникною, але паропроникною мембраною 2 і закріплюється по краях за допомогою заварювання. Зразок тканини 3 діаметром 180 мм встановлюється на отвір, покривається ще одним шаром такої мембрани 2 і закріплюються за допомогою гумового кільця 9. Потім тримач зразка 8 вставляється в опорну раму (рис. 5), яка складається з двох пластин, що тримають зразок у ємкості 4 з дистильованою водою з постійною температурою 23°C, що вимірюється спеціальним термометром для води 10. Через 15 хвилин мірний стаканчик знімають та зважують за допомогою ваг з точністю ± 1 мг, потім знову встановлюють в утримувач зразка та повторно зважують. Проникність зразка 3 для водяної пари 5 розраховується за формулою:

$$WVT = \frac{96 \cdot (a_1 - a_0)}{A}$$

- де VT – швидкість проходження водяної пари, г/м²/доба;
 a_1 – маса зразка після випробування, г;
 a_0 – маса зразка після випробування, г;
 A – площа зразка, м²;

Оскільки одяг, як правило, представляє собою багат шаровий комплект, представляє інтерес визначення не тільки паропроникності матеріалів, але й значення температури та вологості в прошарках пакету. Найчастіше досліджуються процеси переносу водяної пари через пакет матеріалів, які розташовуються над поверхнею, що імітує зволожену шкіру (дзеркало води, зволожений фільтрувальний папір або керамічний фільтр). Градієнт температур (близько 13°C) задається, як правило, рівний тому, що виникає за нормальних умов між тілом людини і навколишнім середовищем. У різних, іноді дуже складних варіантах апаратурного оформлення (наприклад, рис. 3), цей метод [10] досить повно характеризує гігієнічні властивості матеріалів. Перевага подібних досліджень полягає в їх простоті, високій відтворюваності результатів, надійності і низькій вартості.

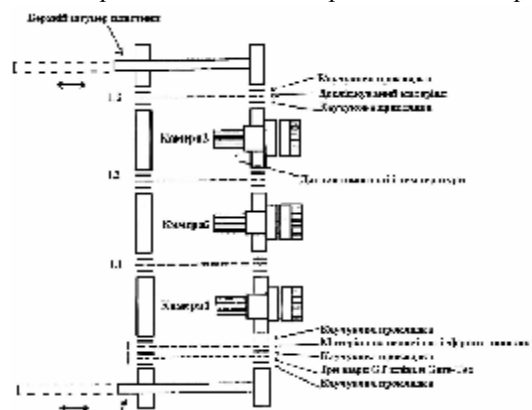


Рис. 3. Схема дифузійної колони

Об’єкти та методи дослідження.

Для дослідження розподілу значень температури та відносної вологості у повітряних прошарках пакету одягу, який складається з поліефірної курточної тканини щільного ткацтва та трьох видів трикотажних полотен, які використовуються для натільної білизни, нами було використано спеціально розроблену установку.

Виклад основного матеріалу

Особливістю розробленої установки [11] є можливість дослідження температури та вологості в прошарках пакету одягу. Установка складається з металевого циліндра, який складається із набірних кілець,

що щільно закріплюють зразки білизняного трикотажу (шар l_1) та курточної тканини (шар l_2) на відстані по 10 см між собою l_{02} та над дзеркалом водяної поверхні l_{01} , розташовується над ємністю, яка заповнена пінополіуретаном і залита водою. Температура води в ємності за допомогою термостату підтримується на рівні $33 \pm 1^\circ\text{C}$. Температура і вологість в кожному повітряному прошарку пакету одягу визначається, виходячи із значень термоЕРС мідь-константанових термопар, з наступною математичною обробкою отриманих результатів. Цей метод дозволяє забезпечити високу точність вимірювання без порушення ходу експерименту і забезпечує можливість вимірювання малих градієнтів температури і вологості між шарами матеріалу в пакеті, без додаткового градування датчиків.

Значення температури $T, ^\circ\text{C}$ та відносної вологості повітря $\varphi, \%$ у повітряних прошарках l_{01} (між поверхнею води і матеріалом підкладки) та l_{02} (між матеріалом підкладки та тканиною верху) отримані розробленим методом вимірювання, для трьох варіантів пакетів. В якості матеріалів верху використано плащова тканина арт. ТК122001 (100% ПЕ), для матеріалів підкладки були обрані трикотажні полотна різного сировинного вмісту та переплетення: №1 – інтегрований трикотаж чеського виробництва, який складається з бавовняних та поліпропіленових ниток у співвідношенні 50:50, №2 – трикотажне полотно, переплетення гладь (100% ПП), №3 – трикотажне полотно переплетення гладь (100% бавовни) (табл. 1). У приміщенні (шар повітря l_{03}) підтримувалася постійна температура $22 \pm 1^\circ\text{C}$ і відносна вологість повітря $65 \pm 2\%$.

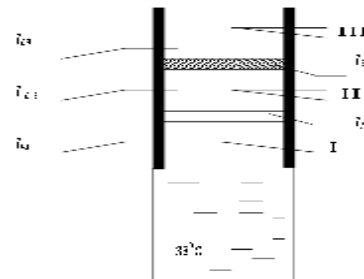


Рис. 4. Схема зборки досліджуваного пакету одягу

Таблиця 1

Значення температури та вологості у повітряних прошарках пакетів одягу

№ п/п	Склад пакету: тканина верху – тканина арт. ТК122001; білизняний шар:	Сировинний вміст	Температура, $T, ^\circ\text{C}$		Відносна вологість повітря, $\varphi, \%$	
			l_{01}	l_{02}	l_{01}	l_{02}
1	Інтегрований трикотаж	50 % бавовни, 50% ВПП	28,8	26,6	92,2	86,7
2	Трикотажне полотно	100% ВПП	28,1	26,2	94,2	83,7
3	Трикотажне полотно	100% бавовна	29,3	26,9	94,7	87,0

Аналіз отриманих даних (табл. 1) дає підставу очікувати, що найменш комфортні умови експлуатації пакету одягу створюються при використанні в якості білизняного шару трикотажного бавовняного полотна. Адаже значення температури та вологості повітря у повітряному прошарку l_{01} , який імітує в одязі прошарок між зволуженим (спітнілим) тілом людини і білизною, є найбільш високим з усіх досліджуваних варіантів пакетів. Найменші значення температури в повітряних прошарках фіксується при використанні трикотажу, отриманого з ультра тонкого поліпропіленового волокна. Показник відносної вологості в шарі l_{01} в такому пакеті доволі високий (34,7%), але найменше з усіх отриманих значень вологості в прошарку l_{02} . Це дає підставу вважати, що в такій системі за рахунок градієнту вологості буде створюватися потік переносу зволоженого повітря від найближчого до тіла мікрокліматичного прошарку, що відповідно буде забезпечувати комфортність виробу.

Висновки

Проаналізовано існуючі вітчизняні та міжнародні стандартизовані та вдосконалені методики визначення показників вологопереносу через матеріали та пакети матеріалів для одягу.

З використанням розробленої установки проведено визначення показників температури та відносної вологості в прошарках пакетів одягу.

Література

1. Оппл Д. Методика измерения микроклиматических условий гигиенической практике / Оппл Д., Йокл М. – М. : Медгиз, 1962. – 256 с.
2. Калмыков П.Е. Методы гигиенического исследования одежды / Калмыков П.Е. – Л. : Медгиз, 1960. – 160 с.
3. ISO 7933 Hot environments. – Analytical determination and Interpretation of Thermal Stress using Calculation of Required Sweat Rate. – Geneva. – 1989.
4. Луцкы Р.В. Теплообмен при обработке текстильных материалов / Луцкы Р.В., Малкин Э.С., Абарджи И.И. – К. : Наукова думка, 1993. – 344 с.
5. Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропроницаемости и

влагопоглощення : ГОСТ 22900-78. – М. : ИПК Издательство стандартов 1998. – 8 с.

6. ISO 11092 1993 "Textiles – Physiological Effects – Measurement of Thermal and Water Vapour Resistance Under Steady-state Conditions (Sweating Guarded Hot Plate Test)". International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland (1993).

7. ASTM E96 1995 Standard Test Methods for Water Vapour Transmission of Materials, in. 'Annual Book of ASTM Standards 4.06". American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 1995.

8. ASTM F2298 2003 Standard Test Methods for Water Vapor Diffusion Resistance and Air Flow Resistance of Clothing Materials Using the Dynamic Moisture Permeation Cell, in "Annual Book of ASTM Standards 11.03", American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2003.

9. ISO 15496 2004 "Textiles – Measurement of Water Vapour Permeability of Textiles for the Purpose of Quality Control". International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2004.

10. J.-H. Wang, H. Yasuda. Dynamic water vapor and heat transport through layered fabrics. Textile research journal №1 1991, p. 10–20.

11. Пат. 60816 А Україна, МПК⁷G01N 33/36. Спосіб оцінки мікроклімату багатошарових пакетів текстильних матеріалів / Скрипник Ю.О., Суглоба М.О., Супрун Н.П. – № 2003021621 ; заявл. 24.02.03 ; опуб. 15.10.03. – Бюл. №10. – 6 с.

References

1. Oppl D., Yokl M. Methods of measuring of microclimatic conditions hygiene practices. - Moscow: Medgiz, 1962 - 256 p.
2. Kalmyks P.E. Hygienic methods of research of clothing. - L.: Medgiz, 1960. - 160.
3. ISO 7933 Hot environments. – Analytical determination and Interpretation of Thermal Stress using Calculation of Required Sweat Rate. - Geneva.- 1989.
4. Lutsyk R.V., Malkin E.S., Abardzhi I.I., Heat and mass transfer in the processing of textiles. - Kiev: Naukova Dumka, 1993. - 344 p.
5. GOST 22900-78 - Artificial leather and film materials. Methods for determination of water vapor permeability and moisture absorption. - Moscow: Publishing IEC standard in 1998. - 8.
6. ISO 11092 1993 "Textiles – Physiological Effects – Measurement of Thermal and Water Vapour Resistance Under Steady-state Conditions (Sweating Guarded Hot Plate Test)". International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland (1993).
7. ASTM E96 1995 Standard Test Methods for Water Vapour Transmission of Materials, in. 'Annual Book of ASTM Standards 4.06". American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 1995.
8. ASTM F2298 2003 Standard Test Methods for Water Vapor Diffusion Resistance and Air Flow Resistance of Clothing Materials Using the Dynamic Moisture Permeation Cell, in "Annual Book of ASTM Standards 11.03", American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2003.
9. ISO 15496 2004 "Textiles – Measurement of Water Vapour Permeability of Textiles for the Purpose of Quality Control". International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2004.
10. J.-H. Wang, H. Yasuda. Dynamic water vapor and heat transport through layered fabrics. Textile research journal №1 1991, p. 10–20.
11. Pat. 60816 and Ukraine MPK 7G01N 33/36. Assessment method microclimate of multilayer packages textile materials // Skrypnyk YU.O., Sygloba M.O., Suprun N.P. / № 2003021621 appl. 2/24/03; Opub. 15.10.03.-Bul. № 10. - 6 p.

Рецензія/Peer review : 13.3.2013 р.

Надрукована/Printed :20.4.2013 р.