УДК 677.07:613.481

KURGANSKA M.M.*, BEREZNENKO S.M.*, PAVLOVA M.S., VASYLENKO V.M.***
* Kyiv National University of Technologies and Design
** Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom

EFFECTS OF PHYSICAL PROPERTIES OF CLOTHES ON PARAMETERS OF THE MICROCLIMATE LAYER

Purpose. *It is to set dependencies parameters of the microclimate layer from the physical properties of the fleece garment and physical activity of the subject during accumulation and output of temperature and humidity.*

Methodology. *Applied the principle of area-differentiated arrangement of wireless sensor networks monitoring microclimate under clothing, used standardized methods for determining the physical properties of textile materials. Used wireless monitoring system IBK 2 and specialized software WBIMSoft during research.*

Findings. *The effect of physical parameters of fleece garment in the process of accumulation and output of temperature and humidity from the microclimate outer layer is determined in the laboratory exercise on the subject within the light activity zone.*

Scientific novelty. *The dependences of microclimate temperature and humidity in the outer layer of the physical properties of the fleece garment and physical activity of the subject were obtained. The coefficient of heat and moisture transfer out of the microclimate outer layer was offered.*

Practical value. *The results of the research to assess the compliance of the systems within subject activity and for prediction of compatibility with other elements of special clothing.*

Keywords: *heat and moisture transfer processes, heat, fleece, comfort, IBK2, WBIMSoft.*

Introduction. Thermal comfort, influenced by thermal sensation is an important human performance indicator. Clothing acts as a hurdle for heat and vapor transport between the skin and the environment. This hurdle is formed both by the clothing materials themselves and by the air layer. It will affect the heat loss of the body and will affect the thermal sensation experienced by a subject [1].

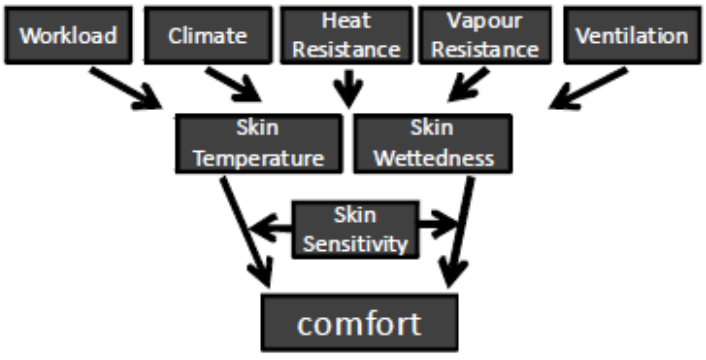

Fig. 1. **Schematic representation of factors influencing thermal comfort [2]**

The comfort is one of the most important properties of the clothes to be considered. The significance of comfort has been underestimated while the complex mechanism and the variables involved in heat and moisture transfer processes within the microclimate can be controlled [3].

The process of moisture output is an important factor which influences the dynamic comfort of the wearer in practical use.

Setting objectives. Role of clothing is important towards the environment and our body metabolism. Clothing acts a bridge between two factors.The human body tries to maintain a constant core temperature about 37^0C. The actual value varies from person to person but the temperature is maintained within narrow limits. However, the body must be kept in thermal balance. The metabolic heat generated with the heat received from external sources must be matched by the body losses of an equivalent amount of heat. If the heat gain and the heat loss are not in balance then the body temperature will either rise or reduced [4]. The purpose of the research is to set dependencies parameters of the microclimate layer from the physical properties of the fleece garment and physical activity of the subject during accumulation and output of temperature and humidity

Research results. On the figure 1 schematically the placement of temperature and humidity sensors weighted on underwear in air gap of outer layer. In turn, the body generates heat and moisture, transfer through air gap of inner layer, underwear and gets in air gap of outer layer.

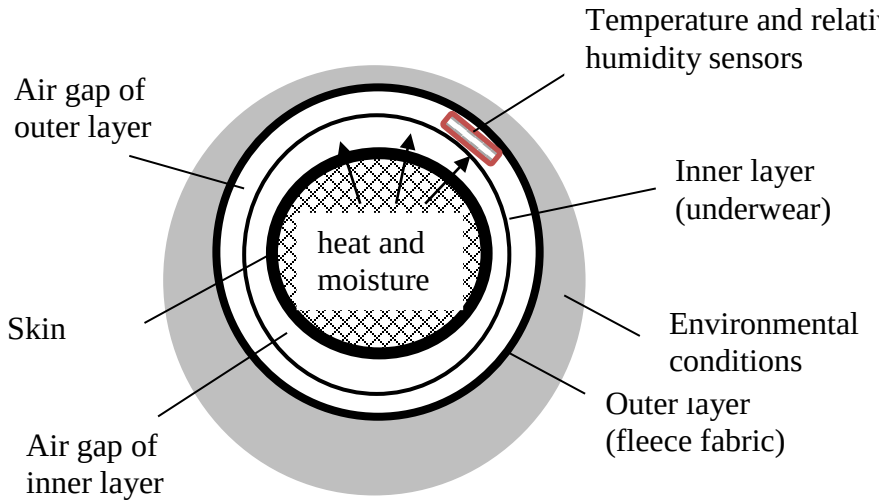

Fig. 1. **Schematic of heat and mass transfer through clothing system**

Three original fleece garments have been tried out. The characteristics of garment fabrics are shown in Table 1, measured in a laboratory ADVL " Textile - TEST " (KNUTD, Kyiv).

Table 1

Characteristics of fleece fabrics

N^o	Type of fleece fabrics	Raw material	Hygroscopic, %	Air permeability, dm³ / (m²s)	Surface density, g/cm^2	Application
1	FF1	100% polyester	2,4	525	245	outer layer
2	FF2	100% polyester	1,45	503	261	outer layer
3	FF3	100% polyester	2.35	506	259	outer layer

Clothing microclimate temperature (Tm,°C) and relative humidity (RHm,%) were measured (1 time per second) during exercise using complex IBK2:

- the central unit IBK 2D;
- remote measurement unit of temperature and humidity IBK3.4R002.

The group of subjects consisted of 12 male participants. The mean age, height and weight of the subjects were 22 (SD ± 2) years, 171,5 (SD ± 1,5) cm and 67,5 (SD ± 2,5) kg. The entire test procedure and the conditions of the test were explained to each participant, and the consent was signed.

Each subject tested three types of fleece garment and went through the test protocol once a day at the same time each day for 70 minutes [5]. The subject were weighted by sensors on undergarment. The test consisted of the following protocol (Figure 2): 10 min rest; 10 min warm up at a workload of 110watt using treadmill speed 2 km/hour; the workload then increased to 140, 200 and 460 watt. After this, the workload decreased to 58 watt.

Activity

Phase 1	**Phase 2**	**Phase 3**	**Phase 4**	**Phase 5**	**Phase 6**
Sitting	**Run 2 km/h**	**Run 3 km/h**	**Run 5 km/h**	**Run 10 km/h**	**Sitting**
58 W/m^2	**110 W/m^2**	**140 W/m^2**	**200 W/m^2**	**460 W/m^2**	**58 W/m^2**
10 min	**10 min**	**10 min**	**10 min**	**10 min**	**20 min**

Air temperature +19 C

Fig. 2. **The test protocol**

The outer layer clothing microclimate temperature and relative humidity were assessed using sensors. Those attached to the underwear (100% cotton T-short) and have area-differentiated arrangement [6] (Figure 3).

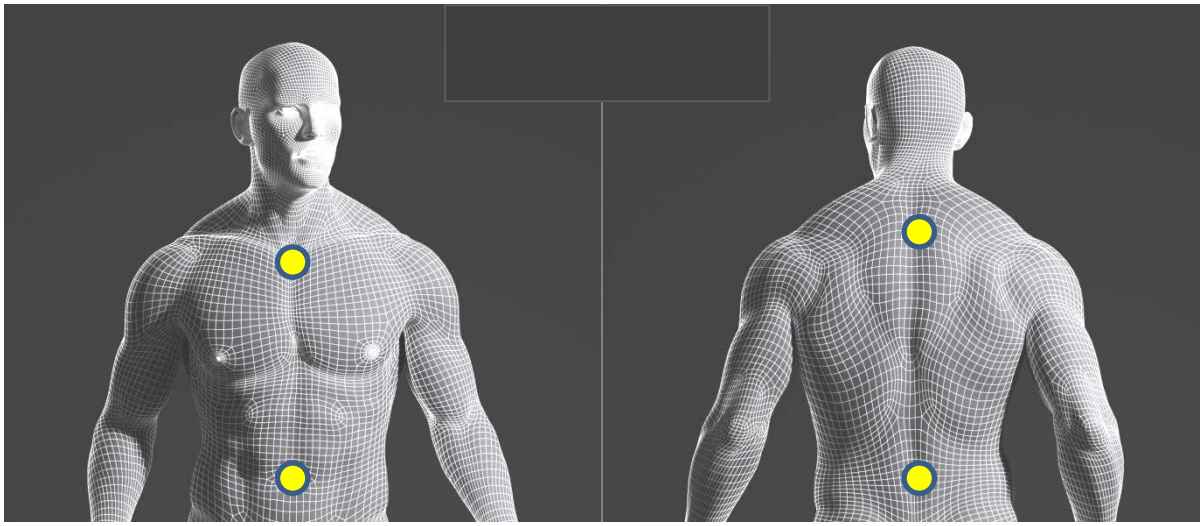

Fig. 3. **Location of the temperature and humidity sensors scheme**

Absorption, distribution, and transport of moisture originating from sweat depend on the presence of underlying clothing layers. The processes associated with this part of moisture transfer include wicking, evaporation and condensation [7]. The results of the research are presented graphically in Figure 4.

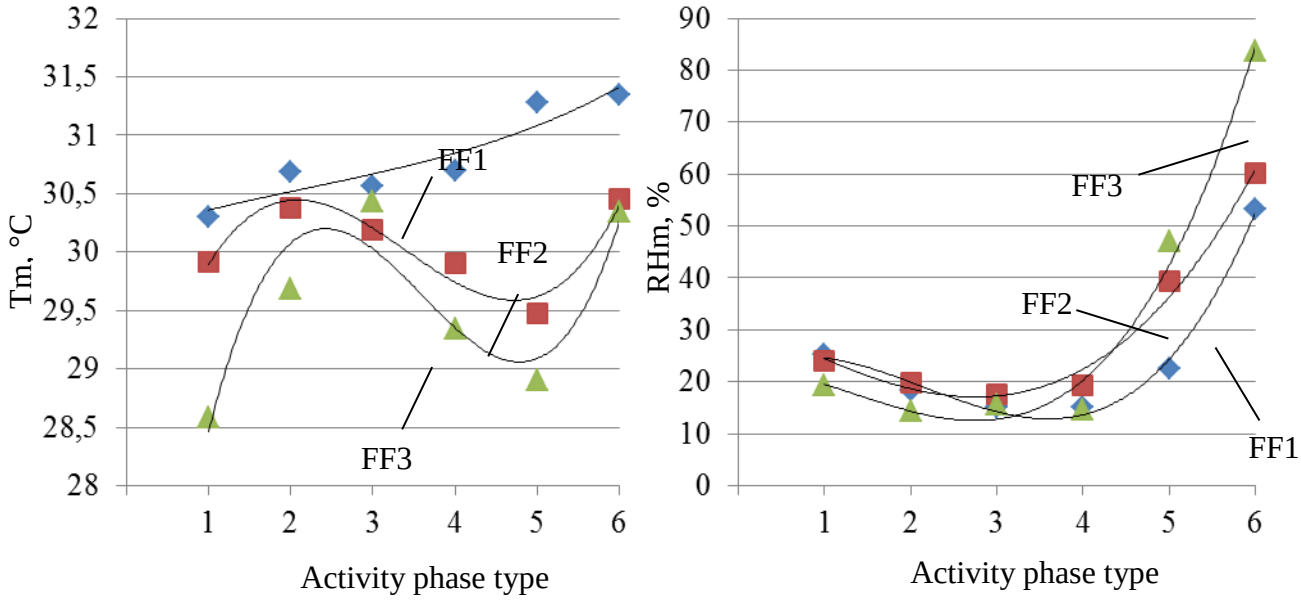

Fig. 4. **Effect of activity phase on microclimate temperature and humidity**

Table 2

Evaluation of the microclimate temperature and humidity as a function of the activity phase type and type of fleece garment

No	Type of fleece fabrics	Equations		K_{RHm}
		Microclimate temperature, ^{0}C	Microclimate humidity, %	
1	FF1	$y = 0{,}0056x^3 - 0{,}0369x^2 + 0{,}2304x + 30{,}16$, $R^2 = 0{,}875$	$y = 1{,}0324x^3 - 6{,}7263x^2 + 8{,}3041x + 21{,}973$, $R^2 = 0{,}9908$	2,36
2	FF2	$y = 0{,}0943x^3 - 0{,}9604x^2 + 2{,}7724x + 27{,}987$, $R^2 = 0{,}9178$	y = 0,9133x3 - 3,6554x2 - 0,6301x + 22,91, $R^2 = 0{,}9841$	1,52
3	FF3	y = 0,1729x3 - 1,8689x2 + 6,0111x + 24,147, $R^2 = 0{,}868$	y = 0,9133x3 - 3,6554x2 - 0,6301x + 22,91, $R^2 = 0{,}9841$	1,78

The coefficient of moisture output from the microclimate outer layer, K_{RHm}, was calculated as:

$$K_{RHm} = \frac{\overline{RHms}}{\overline{RHmr}} \quad , \tag{1}$$

where $\overline{RHmr}$ – average relative humidity for the 6th phase,%; $\overline{RHms}$- average relative humidity for the 5th phase,%.

Those equations can use for prediction of outer layer clothing microclimate temperature and relative humidity with known activity phase and by using same clothing system.

Conclusions. The output humidity under the outer layer of clothes space at rest, (phase 1) was at the same level, within 19-25%, in subsequent loads person (from 2 to 5 phases) the gradual increase in humidity according to intensity of movement. Further, the process of accumulation of moisture continued (phase 6). The research process of moisture absorption and moisture output is divided into stages of lower humidity in the space under clothes by absorbing moisture by package of underwear material and fleece garment (phase 1-3), accumulation stage of moisture (phase 3-5), moisture output (phase 6) within 53-84%. As seen in Figure 6 most intense humidity output was from outer layer of the sample FF2 and the coefficient of moisture output from the microclimate outer layer is 1,52.

References

1. Dorman L. E., Havenith G. The influence of clothing weight and bulk on metabolic rate when wearing protective clothing. – 2005.
2. Havenith G., Smith C., Fukazawa T. The skin interface–meeting point of physiology and clothing science. – 2008.
3. Kim E. A., Yoo S., Kim J. Development of a human-clothing-environment simulator for dynamic heat and moisture transfer properties of fabrics //Fibers and Polymers. – 2003. – Т. 4. – №. 4. – С. 215-221.
4. Malik T., Sinha T. K. Clothing comfort: A key parameter in clothing //Pakistan Textile Journal. – 2012. – Т. 61. – №. 1. – С. 55-57.
5. Erhonomika teplovoho seredovyshcha. Analitychne vyznachennya ta interpretatsiya teplovoho komfortu na osnovi rozrakhunkiv pokaznykiv PMV i PPD i kryteriyiv lokal′noho teplovoho komfortu (EN ISO 7730:2011, IDT): DSTU B EN ISO 7730: 2011. – [chynnyy vid 01.07.2013]. – K.: - Minrehion Ukrayiny, 2012. – 64 s. (Natsional′nyy standart Ukrayiny).
6. Kurhanskyi A.V. Pryntsyp zonal′no-dyferentsiyovanoho roztashuvannya elementiv bezdrotovykh sensornykh merezh monitorynhu mikroklimatu pid odyahom / A. V. Kurhanskyi, S. M. Bereznenko, M. M. Kurganska // Visnyk Kyyivs′koho natsional′noho universytetu tekhnolohiy ta dyzaynu. Seriya : Tekhnichni nauky. - 2016. - № 5. - S. 118-125. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtn_2016_5_16.
7. Nazaré S., Madrzykowski D. A Review of Test Methods for Determining Protective Capabilities of Fire Fighter Protective Clothing from Steam. – 2015.

ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОДЯГУ НА ПАРАМЕТРИ ЗОВНІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТИЧНОГО ПРОШАРКУ

КУРГАНСЬКА М.М.*, БЕРЕЗНЕНКО С.М.*, ПАВЛОВА М.С.**, ВАСИЛЕНКО В.М. *
* Київський національний університет технологій та дизайну
** Казімєж Пуласкі університет технологій та гуманітарних наук в Радомі

Мета. *Встановлення залежностей параметрів зовнішнього мікрокліматичного прошарку від фізичних властивостей одягу з матеріалів типу «фліс» та ступеня фізичної активності суб'єкту на етапі накопичення та виведення температури та вологості.*

Методика. *Застосовано принцип зонально-диференційованого розташування елементів бездротових сенсорних мереж моніторингу мікроклімату під одягом, застосовано стандартизовані методи визначення фізичних властивостей текстильних*

матеріалів. Використано систему бездротового моніторингу ІБК 2 та спеціалізоване програмне забезпечення WBIMSoft 6.0 під час проведення досліджень.

Результати. *Виконано моделювання у лабораторних умовах фізичного навантаження на суб'єкт в межах зони легкої активності та отримано результати для визначення впливу фізичних параметрів матеріалів типу «флісу» на процес виведення тепла та вологи з зовнішнього мікрокліматичного прошарку.*

Наукова новизна. *Встановлено залежності зміни температури та вологості у зовнішньому мікрокліматичному прошарку від фізичних властивостей одягу з матеріалів типу «фліс» та ступеня фізичної активності суб'єкту. Запропоновано застосовувати коефіцієнт вологовиведення з зовнішньому мікрокліматичному прошарку.*

Практична значимість. *Отримані результати досліджень дозволяють оцінити ступінь відповідності системи в межах зони легкої активності та застосовувати їх для подальшого прогнозування ступеня її сумісності з іншими елементами спеціального одягу.*

Ключові слова*: вологовиведення, тепловіддача, фліс, комфорт, ІБК2, WBIMSoft.*

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОДЕЖДЫ НА ПАРАМЕТРЫ ВНЕШНЕГО МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОГО СЛОЯ

КУРГАНСКАЯ М.М.*, БЕРЕЗНЕНКО С.М.*, ПАВЛОВА М.С.**, ВАСИЛЕНКО В.Н.*
** Киевский национальный университет технологий и дизайна*
*** Казимеж Пуласки университет технологий и гуманитарных наук в Радоме*

Цель*. Установление зависимостей параметров внешнего микроклиматического прослойки от физических свойств одежды из материала типа «флис» и степени физической активности субъекта на этапе накопления и вывода температуры и влажности.*

Методика*. Применен принцип зонально-дифференцированного расположения элементов беспроводных сенсорных сетей мониторинга микроклимата под одеждой, применены стандартизированные методы определения физических свойств текстильных материалов. Использована система беспроводного мониторинга ИСК 2 и специализированное программное обеспечение WBIMSoft 6.0 при проведении исследований.*

Результаты*. Выполнено моделирование в лабораторных условиях физическую нагрузку на субъект в пределах зоны легкой активности и получены результаты для определения влияния физических параметров одежды из материалов типа «флиса» на процесс вывода тепла и влаги из внешней микроклиматической прослойки.*

Научная новизна*. Установлены зависимости изменения температуры и влажности во внешней микроклиматической прослойке от физических свойств материала типа «флис» и степени физической активности субъекта. Предложено применять коэффициент вологовиведення с внешней микроклиматических прослойки.*

Практическая значимость. *Полученные результаты исследований позволяют оценить степень соответствия системы в пределах зоны легкой активности и применять их для дальнейшего прогнозирования степени ее совместимости с другими элементами специальной одежды.*

Ключевые слова*: вологовиведення, теплоотдача, флис, комфорт, ИБК2, WBIMSoft*