

# Ocena komfortu fizjologicznego wyrobów odzieżowych technologii "Seamless"

A. Pinar, E. Mielicka

Instytut Włókiennictwa, Zakład Naukowy Technologii Dziewiarskich i Odzieżownictwa

Tematyka artykułu zaprezentowana została na IX Międzynarodowej Konferencji Naukowo – Technicznej Knitt Tech 2010, która odbyła się w dniach 17 – 19. 06. 2010 roku w Rydzynie

## 1. Wprowadzenie

Komfort fizjologiczny jest najważniejszym kryterium oceny wyrobów odzieżowych, mających zapewniać optymalne funkcjonowanie organizmu człowieka zależnie od warunków użytkowania [1]. Do podstawowych czynników określających fizjologiczny komfort użytkowy należą według Macheelsa określone właściwości biofizyczne odzieży w zakresie parametrów izolacyjności cieplnej, sorpcji wilgoci i przewiewności. [2]. Właściwości te stanowią ważną grupę cech specjalnych odzieży i mają szczególne znaczenie w odniesieniu do wyrobów znajdujących się w bezpośrednim kontakcie ze skórą użytkownika.

Na pozytywne odczucia w aspekcie komfortu fizjologicznego decydujący wpływ mają warunki występujące w mikroklimacie pod użytkowaną odzieżą. Zagadnienie oceny warunków mikroklimatu pododzieżowego oraz zjawisk związanych z wymianą ciepła i pary wodnej stanowią od wielu lat przedmiot prac badawczych placówek naukowych [3, 4, 5, 6]. Metody oceny wskaźników charakteryzujących mikroklimat pododzieżowy oraz sposób prezentacji wyników komfortu fizjologicznego znajdują obecnie szerokie zainteresowanie producentów specjalistycznych materiałów i wyrobów odzieżowych.

W artykule przedstawiono wyniki badań rozporozawczych z oceny użytkowej komfortu fizjologicznego dla wyrobów odzieżowych technologii „seamless” [7], które znane są na rynku handlowym przede wszystkim w asortymencie wyrobów bieliznianych i sportowych. Wyroby tej technologii już w najbardziej klasycznym wykonaniu zapewniają konsumentom komfort użytkowania przede wszystkim z uwagi na zmniejszoną, w odniesieniu do klasycznych wyrobów, liczbę szwów oraz modelowany do sylwetki fason, elastyczność, układalność i wysoką estetykę wykonania. Wyroby znajdują głównie zastosowanie jako komfortowa bielizna codziennego użytku oraz bielizna sportowa. Produkowane są również w asortymentach wierzchniej odzieży sportowej o walorach biofizycznych. Dla producentów tej grupy wyrobów odzieżowych podstawę w kształtowaniu właściwości użytkowych stanowi zastosowanie różnorodnych roz-

wiązań strukturalnych dzianin w wybranych obszarach konstrukcyjnych wyrobu. Celem takiej modyfikacji strukturalnej jest zapewnienie komfortu użytkowego i / lub funkcji specjalnych przy uwzględnieniu czynników fizjologicznych organizmu człowieka i warunków użytkowania wyrobu [8].

## 2. Zakres prac badawczych oceny użytkowej wyrobów „seamless”

Celem prac badawczych była ocena komfortu fizjologicznego wyrobów technologii „seamless” w warunkach użytkowania przy wzmożonym wysiłku fizycznym. Ocenie poddano nowy asortyment wyrobów bieliznianych serii Thermo, które charakteryzują się odmiennymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi w odniesieniu do znanych na rynku handlowym wyrobów marki Brubeck [9]. Przeznaczenie wyrobów objętych badaniami ukierunkowane jest szczególnie na zastosowanie w sezonie jesiennie - zimowym i zimowym oraz na bieliznę sportową w obszarach turystyki górskiej, narciarstwa, snowboardu itp. Podstawowe cechy, którymi powinny charakteryzować się te wyroby obejmują zapewnienie komfortu cieplnego poprzez funkcje konduktywno – dyfuzyjne oraz optymalną przewiewność materiału. Zależnie od różnic w emisji ciepła i wilgoci wybranych partii ciała człowieka oraz przy uwzględnieniu warunków wzmożonego wysiłku fizycznego, wyroby wykonane zostały z zastosowaniem różnorodnych rozwiązań splotowych, zapewniających zróżnicowany stopień wypełnienia struktury dzianiny przędzą. Charakterystykę podstawowych parametrów strukturalnych (ścisłości rządkowej  $Prz$ , ścisłości kolumienkowej  $Pk$  i grubości  $D$ ) i wybranych parametrów użytkowych (masy powierzchniowej  $M$ , przepuszczalności powietrza  $R$  i przepuszczalności pary wodnej  $P$ ) dzianin zastosowanych w konstrukcji ocenianych wyrobów przedstawiono w tabeli 1. Wyroby stanowiące materiał badań obejmowały koszulkę z długim rękawem i getry (zdjęcie 1) o składzie surowcowym: 55% PA, 40% PP i 4% włókna elastomerowego. Do badań porównawczych zastosowano powszechnie znane elastyczne wyroby bielizniane z bawełny, wykonane z dzianiny rządkowej o splotcie podstawowym dwupra

Tabela 1. Wyniki badań wybranych właściwości strukturalnych i użytkowych dzianin

Obszar zastosowania w wyrobie	$P_{rz}$ , liczba rzędków / dm	$P_k$ , liczba kolumnienek / dm	$D$ , mm	$M$ , g/m <sup>2</sup>	$R$ , mm/s	$P$ , g/m <sup>2</sup> /24h
dzianiny wyszczególnione w konstrukcji wyrobu technologii „seamless”						
podstawowy	27,7 ± 0,4	15,9 ± 0,4	0,88 ± 0,01	188 ± 2	147 ± 3	834 ± 14
wybrane obszary rękawów i części majteczkowej	25,0 ± 0,3	16,2 ± 0,1	0,78 ± 0,02	165 ± 2	227 ± 6	945 ± 48
pachy	23,5 ± 0,3	16,7 ± 0,2	0,98 ± 0,02	159 ± 3	342 ± 11	1001 ± 32
boki	28,3 ± 0,2	16,1 ± 0,2	1,30 ± 0,04	214 ± 5	149 ± 2	874 ± 28
wybrane obszary rękawów i nogawek	30,0 ± 0,0	16,0 ± 0,0	2,03 ± 0,02	254 ± 4	206 ± 3	876 ± 13
dzianina bawełniane klasycznych wyrobów bieliznianych						
cały wyroby	18,0 ± 0,0	22,8 ± 0,0	0,89 ± 0,02	220 ± 3	618 ± 27	838 ± 14

wym 1/1 [10]. Charakterystykę podstawowych właściwości dzianiny bawełnianej przedstawiono w tabeli 1. Badania dzianin bawełnianych i technologii „seamless” przeprowadzono w akredytowanym Laboratorium Badań Surowców i Wyrobów Włókienniczych Instytutu Włókiennictwa, zgodnie z wymaganiami norm przedmiotowych [11].

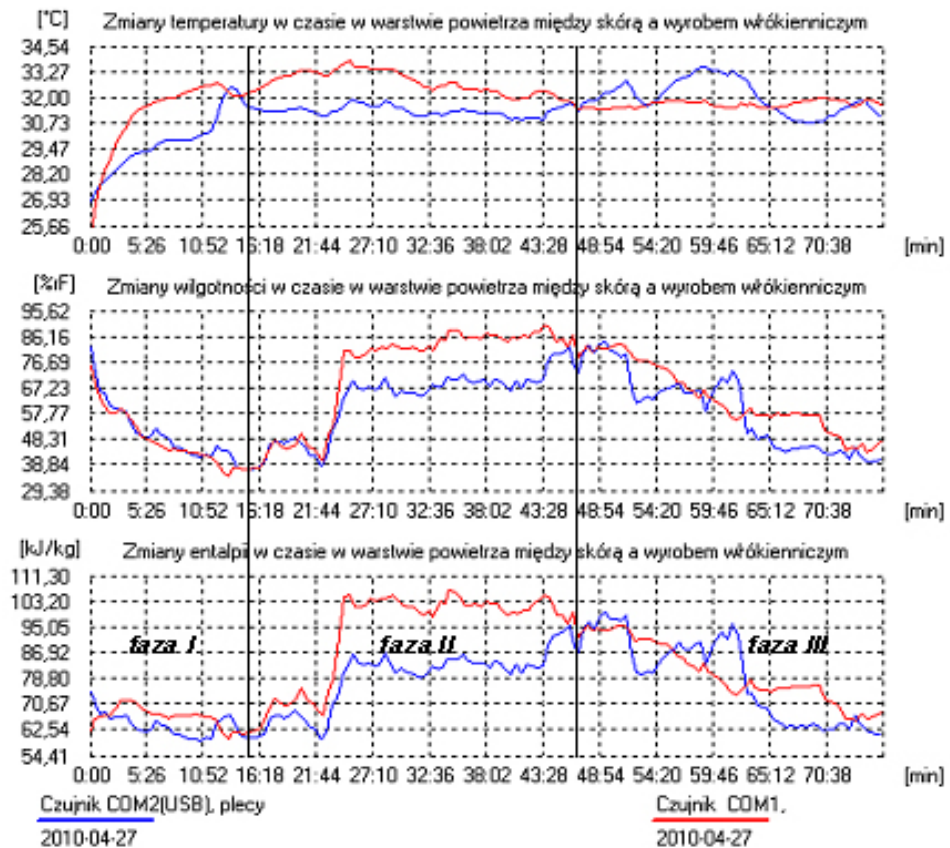


Zdjęcie 1. Termo aktywne wyroby bielizniane „seamlesswear” – Brubeck.

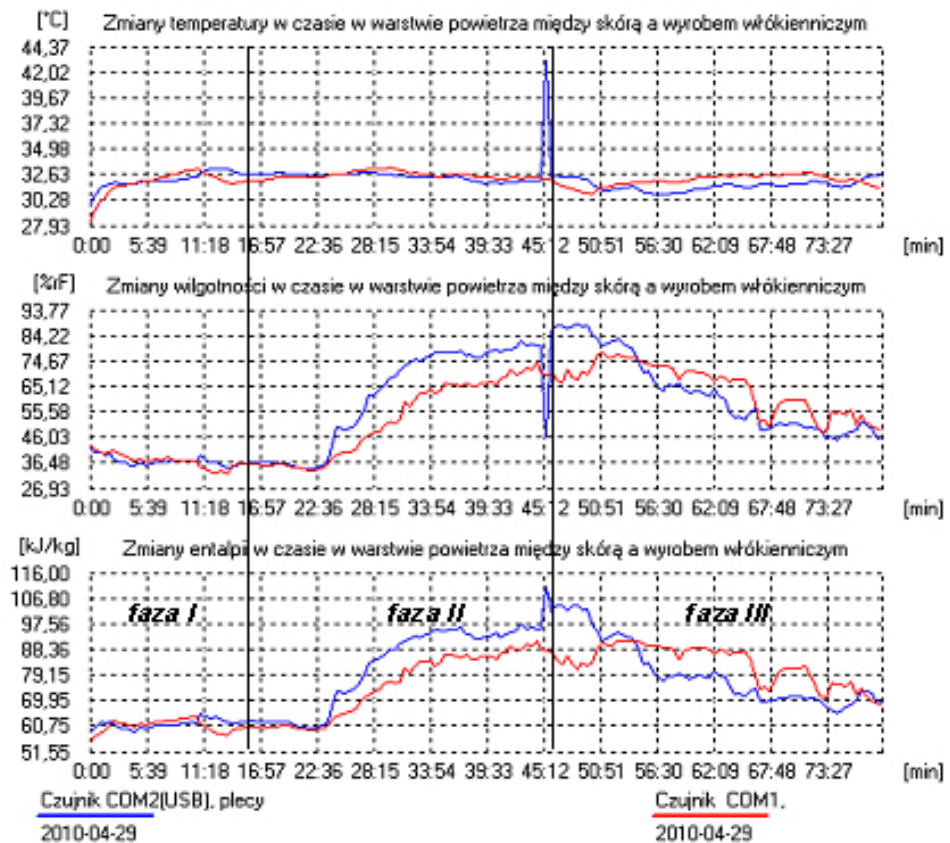
Ocenę funkcji biofizycznych wyrobów bieliznianych przeprowadzono na podstawie wyników z pomiaru parametrów mikroklimatu pododzieżowego, które wykonano w warunkach kontrolowanego wysiłku fizycznego z zastosowaniem stanowiska badawczego wyposażonego w urządzenie wysiłkowe tzw. cykloergometr. Badania zrealizowano w Laboratorium Badań Surowców i Wyrobów Włókienniczych Instytutu Włókiennictwa. Metoda pomiaru została opracowana w ramach projektu badawczego [12] i polega na bezpośrednim pomiarze i rejestracji w czasie wartości temperatury  $T$  [°C] i wilgotności względnej

powietrza  $rF$  [%], znajdującego się w warstwie przy-skinnej mikroklimatu pododzieżowego. Czujniki pomiarowe umieszczone są w górnym obszarze pleców i na klatce piersiowej osoby realizującej test. Parametrem złożonym, syntetyzującym określone parametry mikroklimatyczne, jest entalpia  $E$  [kJ /kg]. Parametr ten informuje o zawartości ciepła w mikroklimacie pododzieżowym odniesionym do masy powietrza. Wartość entalpii  $E$  może więc być ważnym kryterium oceny komfortu fizjologicznego, informującym o zdolności wyrobu do przywrócenia wyjściowej równowagi cieplnej organizmu [8, 13].

W ocenie właściwości biofizycznych wyrobów bieliznianych zrealizowano pomiary wysiłkowe przy obciążeniu energetycznym 50 W. Wartość przyjętego obciążenia stosowana jest w standardowych badaniach odzieży oraz wyrobów bieliznianych i odpowiada warunkom zwiększonej intensywności fizycznej człowieka [1, 14]. Badania przeprowadzono w zakresie rozpoznawczym z udziałem dwóch użytkowników – kobiet w wieku 36 i 45 lat, prowadzących podobny tryb aktywności fizycznej. Dla każdego wyrobu wykonano dwa testy wysiłkowe z udziałem dwóch użytkowników. Cykl pomiarowy testu na cykloergometrze obejmował rejestrację określonych parametrów mikroklimatycznych w warunkach stacjonarnych - w stanie spoczynku (czas 15 min.) oraz w warunkach niestacjonarnych, obejmujących fazę wysiłku fizycznego (czas 30 min.) i fazę odpoczynku (czas 30 min.). Fazy testu oznaczono odpowiednio: faza testu I, II i III. Całość testu dla obu asortymentów wyrobów bieliznianych przeprowadzono w pomieszczeniu o klimacie normalnym, zgodnym z warunkami klimatycznymi normy PN-EN 139:2006 (temperatura 20° C i wilgotność powietrza 65%) [15].



Wykres 1. Charakterystyka zmian parametrów mikroklimatu poddzieżowego w czasie dla wyrobu serii Thermo technologii „seamless” (użytkownik 1 – tabela 2 i 3)



Wykres 2. Charakterystyka zmian parametrów mikroklimatu poddzieżowego w czasie dla wyrobu bieliżnianego z bawełny (użytkownik 1 – tabela 2 i 3)

### 3. Wyniki badań użytkowych właściwości biofizycznych wyrobów bieliznianych

Na wykresach 1 i 2 przedstawiono przykładowo charakterystyki zmian wartości określonych parametrów mikroklimatu pododzieżowego w czasie, które otrzymano dla jednego z użytkowników wyrobów bieliznianych w teście wysiłkowym na cykloergometrze [7].

Dane pomiarowe zarejestrowano przez czujniki umieszczone w obszarze pleców (ozn. COM1) i w obszarze klatki piersiowej (ozn. COM2).

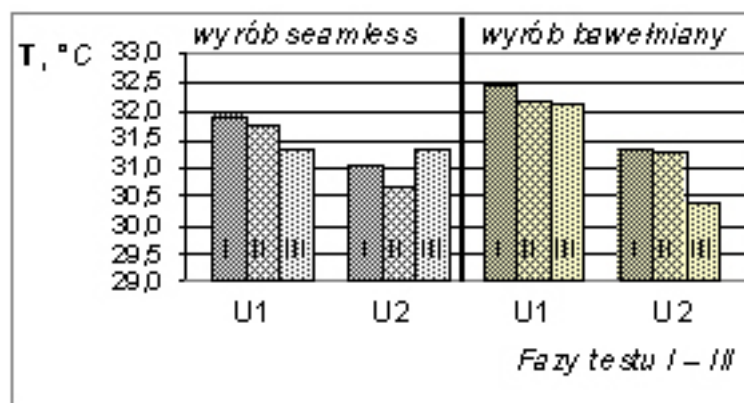
Wyniki z pomiarów przedstawiające wartości określonych parametrów mikroklimatycznych zestawiono w tabelach 2 – 3 oraz na wykresach 1 – 9. W prezentacji wyników badań dla użytkowników wyrobów przyjęto oznaczenia „U1” dla kobiety w wieku 36 lat i „U2” dla kobiety w wieku 45 lat. Przedstawione w tabeli 2 wartości średnie parametrów mikroklimatu pododzie-

żowego temperatury  $T$ , wilgotności względnej powietrza  $rF$  i entalpii  $E$  oraz współczynniki ich zmienności wyznaczono odrębnie dla każdego testu na podstawie danych pomiarowych otrzymanych w wyszczególnionych fazach testu. W tabeli 3 zestawiono wartości parametrów mikroklimatycznych, odczytane w określonych obszarach pomiarowych po I fazie testu, będącej etapem aklimatyzacji wyrobu na użytkowniku oraz po fazie III, kończącej test wysiłkowy.

Zilustrowane na wykresach 3, 6 i 9 wartości parametrów mikroklimatu pododzieżowego są wartościami średnimi z wartości zarejestrowanych po każdej fazie testu przez czujniki pomiarowe. Wartości parametrów, które przedstawiono na wykresach 4 – 5, 7 – 8 i 10 – 11 obrazują warunki mikroklimatyczne pod odzieżą w obszarze klatki piersiowej i pleców, i stanowią wartości zarejestrowane przez czujniki pomiarowe COM1 i COM2 po każdej fazie testu wysiłkowego.

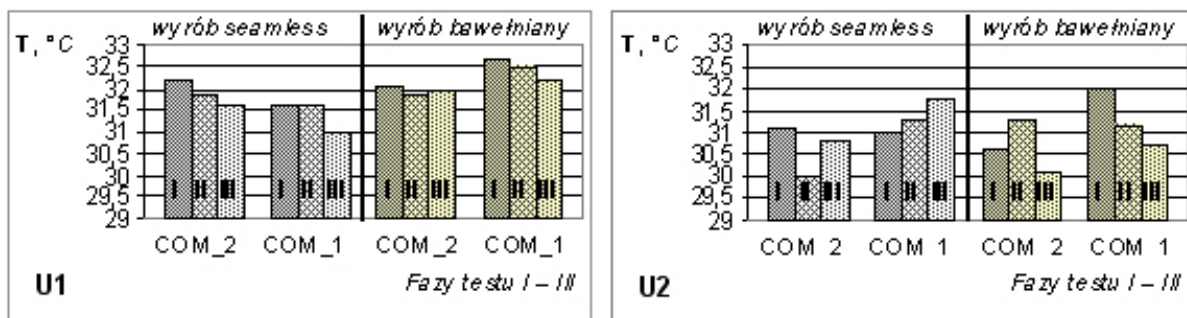
Tabela 2. Wartości średnie z pomiaru parametrów mikroklimatu pododzieżowego na cykloergometrze

Wyrób – Użytkownik	Spoczynek – faza testu I			Wysiłek – faza testu II			Odpoczynek – faza testu III		
	$T, ^\circ\text{C}$	$rF, \%$	$E, \text{kJ/kg}$	$T, ^\circ\text{C}$	$rF, \%$	$E, \text{kJ/kg}$	$T, ^\circ\text{C}$	$rF, \%$	$E, \text{kJ/kg}$
	$V_{TP} \%$	$V_{rF} \%$	$V_E \%$	$V_{TP} \%$	$V_{rF} \%$	$V_E \%$	$V_{TP} \%$	$V_{rF} \%$	$V_E \%$
Thermo – U1	30,4	49,5	65,1	32,0	67,8	85,8	31,8	61,7	80,1
	5,6	21,7	3,6	1,1	21,5	13,5	1,3	21,2	13,7
Bawełna – U1	32,2	36,9	61,2	32,5	58,4	79,6	31,8	64,2	81,8
	1,6	4,3	1,6	0,8	27,8	16,3	1,0	16,8	9,5
Thermo – U2	30,6	41,3	60,4	31,1	56,1	72,9	31,1	64,5	79,7
	2,8	9,9	6,6	1,0	27,2	15,0	1,5	14,9	8,8
Bawełna – U2	30,2	43,1	60,4	31,4	57,9	75,5	30,6	70,2	81,8
	4,5	8,4	2,7	0,8	24,7	15,2	0,9	8,6	6,6

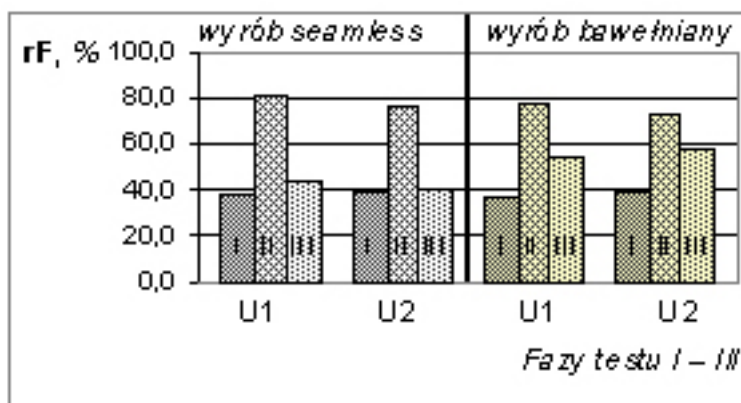


Wykres 3. Wartości średnie parametru temperatury  $T$  w mikroklimacie pododzieżowym, oznaczone po każdej fazie testu wysiłkowego

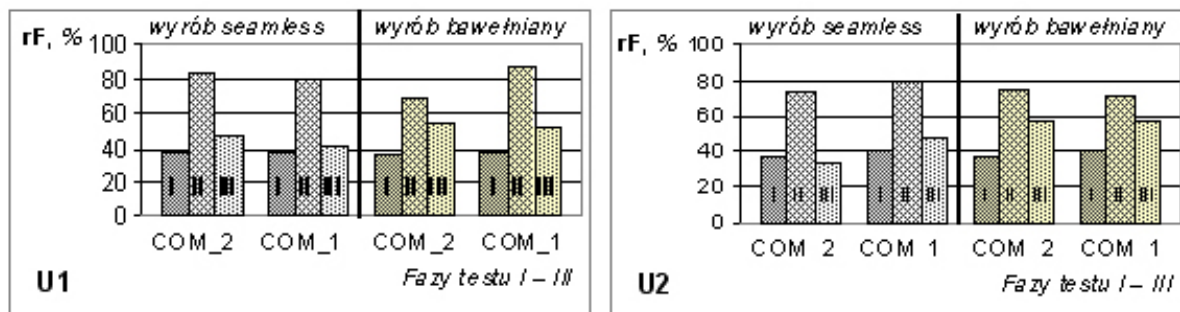




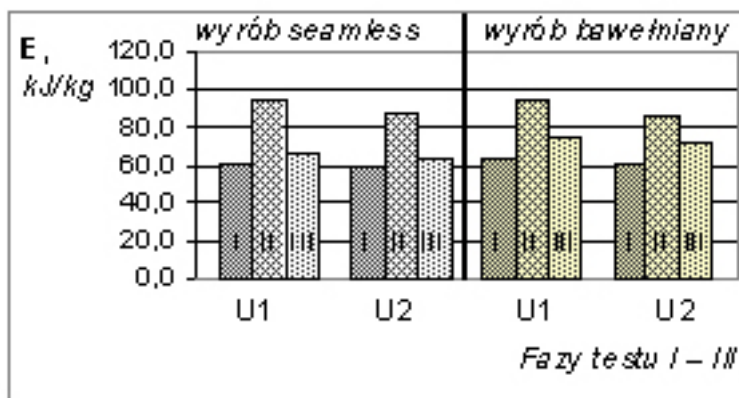
Wykres 4 i 5. Wartości parametru temperatury  $T$  w mikroklimacie poddzieżowym, odczytane po każdej fazie testu wysiłkowego



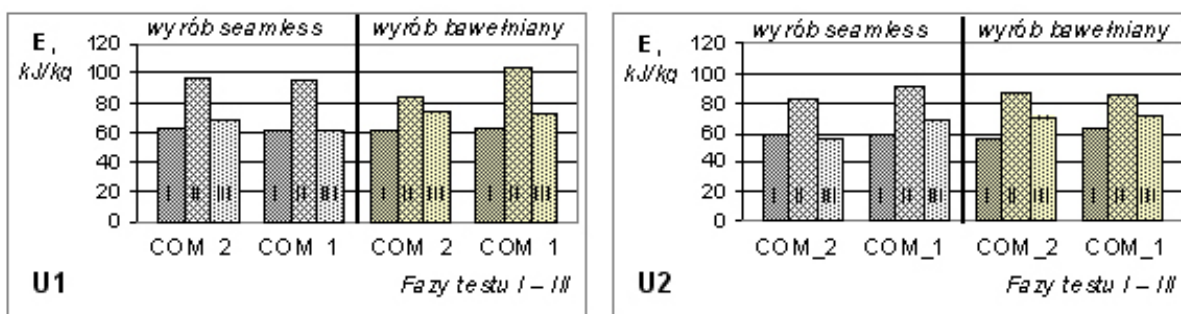
Wykres 6. Wartości średnie parametru wilgotności względnej powietrza  $rF$  w mikroklimacie poddzieżowym, oznaczone po każdej fazie testu wysiłkowego



Wykres 7 i 8. Wartości parametru wilgotności względnej powietrza  $rF$  w mikroklimacie poddzieżowym, odczytane po każdej fazie testu wysiłkowego



Wykres 9. Wartości średnie parametru entalpii  $E$  w mikroklimacie poddzieżowym, oznaczone po każdej fazie testu wysiłkowego



Wykres 10 i 11. Wartości parametru entalpii E w mikroklimacie pododzieżowym, odczytane po każdej fazie testu wysiłkowego

Tabela 3. Wartości parametrów klimatu pododzieżowego zarejestrowane po I i III fazie testu wysiłkowego

Faza testu	rejestracja pomiaru – klatka piersiowa			rejestracja pomiaru – plecy		
	T, °C	rF, %	E, kJ/kg	T, °C	rF, %	E, kJ/kg
Użytkownik 1 – wyrób Thermo technologii „seamless”						
spoczynek	32,2	37,2	61,4	31,6	37,5	60,3
odpoczynek	31,6	47,8	68,2	31,0	40,8	61,1
Użytkownik 2 – wyrób Thermo technologii „seamless”						
spoczynek	31,1	38,0	59,2	31,0	39,3	60,0
odpoczynek	29,8	48,2	62,9	31,8	47,9	68,7
Użytkownik 1 – wyrób bieleńniany z bawełny						
spoczynek	32,1	35,9	60,2	32,7	36,9	62,6
odpoczynek	32,0	54,4	74,6	32,2	51,8	73,2
Użytkownik 2 – wyrób bieleńniany z bawełny						
spoczynek	30,6	37,3	57,2	32,0	39,7	62,9
odpoczynek	30,1	58,3	70,9	30,7	57,7	72,7

#### 4. Ocena komfortu fizjologicznego w użytkowniku wyrobów technologii „seamless”

Wyniki badań wyszczególnionych rodzajów dzianin z wyrobu serii Thermo (tabela 1) wykazują zróżnicowanie pomiędzy wskaźnikami strukturalnymi i użytkowymi na skutek zastosowanych przez producenta wyrobów rozwiązań splotowych. W pracy badawczej do oceny porównawczej właściwości wyrobów Thermo zastosowano powszechnie stosowane bawełniane wyroby bieleńniane o jednorodnej strukturze i parametrach przedstawionych w tabeli 1. W odniesieniu do rodzaju dzianiny, którą w tabeli 1 określono w podstawowym zastosowaniu w konstrukcji wyrobu Thermo, dzianina z wyrobu bawełnianego charakteryzuje się porównywalnym stopniem zagęszczenia oczek w jednostce powierzchni (wniosek na podstawie wartości ścisłości powierzchniowej dzianin, stanowiącej iloczyn przedstawionych w tabeli 1 wartości wyników badań ścisłości rządkowej Prz i kolumnkowej dzianin Pk) oraz podobną grubością D, natomiast o ca 15% wyższą masą powierzchniową M. W zakresie parametrów biofizycznych porównywane warianty dzianin wykazują podobne wartości wskaźnika prze-

puszczalności pary wodnej P i zróżnicowany poziom wartości wskaźnika przepuszczalności powietrza R. Dzianina bawełniana charakteryzuje się o ca 75% wyższą wartością wskaźnika R w odniesieniu do dzianiny podstawowej z wyrobu serii Thermo.

Ogólna analiza charakterystyk zmian parametrów mikroklimatu pododzieżowego w czasie, które otrzymano z przeprowadzonych testów wysiłkowych, wykazała dla obu użytkowników wyrobów wyższy komfort dla wyrobów technologii „seamless” (przebieg zmian wartości parametrów mikroklimatycznych dla jednego z użytkowników zilustrowano na wykresach 1 i 2). Niewielkie zmiany wartości temperatury, które odnotowano w teście wysiłkowym dla wyrobów bawełnianych mogą wskazywać na dyskomfort termiczny użytkowników dla tego asortymentu wyrobów [12, 14].

Analiza wartości średnich parametrów mikroklimatycznych, które przedstawiono w tabeli 2 nie wykazuje istotnych różnic w ocenie cech komfortu fizjologicznego dla porównywanych asortymentów wyrobów bieleńnianych. Zilustrowane na wykresach 3, 6 i 9 wyniki badań, stanowiących wartości średnie z wartości zarejestrowanych przez czujniki pomiarowe umieszczone

w obszarze klatki piersiowej i pleców, wykazują przede wszystkim wpływ rodzaju surowca na charakter zmian parametrów mikroklimatycznych pod użytkowanymi wyrobami. Odnotowano wyższe wartości wskaźnika temperatury dla wyrobów bawełnianych, zwłaszcza w I i II fazie testu wysiłkowego (wykres 3) oraz obniżone w odniesieniu do wyrobów Thermo funkcje konduktywno – dyfuzyjne wilgoci z mikroklimatu pododzieżowego po zakończeniu testu wysiłkowego (wykres 6 i 9). Wartości średnie parametrów wilgotności względnej powietrza rF i entalpii E kształtują się na podobnym poziomie w I i II fazie testu wysiłkowego dla obu grup wyrobów białych.

Kierunek zmian parametrów mikroklimatycznych w zakresie wilgotności względnej powietrza rF i entalpii E zależy od miejsca rejestracji danych pomiarowych jest dla obu asortymentów wyrobów białych analogiczny (wykresy 7 i 8, 10 i 11). Kierunek i zakres zmian wartości parametru temperatury T w określonych pod odzieżą obszarach pomiarowych, wykazuje wpływ indywidualnych cech fizjologicznych realizatorów testu wysiłkowego (wykresy 4 i 5).

Zestawione w tabeli 3 wyniki badań określają warunki panujące w mikroklimacie pod odzieżą po I fazie testu aklimatyzacji wyrobów na użytkownika, którą w zastosowanej metodzie badawczej określa się jako stan chwilowej równowagi i po III fazie testu, będącej fazą odpoczynku po wysiłku fizycznym na cykloergometrze. Wyniki tych badań wykazują, że wyroby serii Thermo charakteryzują się w odniesieniu do wyrobów bawełnianych lepszymi właściwościami biofizycznymi poprzez lepsze odprowadzanie wilgoci i pary wodnej z powierzchni skóry użytkowników w określonym czasie fazy odpoczynku.

#### Wykaz oznaczeń:

- Prz - ścisłość rządkowa,
- Pk - ścisłość kolumnienkowa
- D - grubość
- M - masa powierzchniowa
- R - przepuszczalność powietrza
- P - przepuszczalność pary wodnej
- T - temperatura
- rF - wilgotność względna powietrza
- E – entalpia
- COM1 - czujniki umieszczone w obszarze pleców
- COM2 - czujniki umieszczone w obszarze klatki piersiowej
- U1 - kobiety w wieku 36
- U2 - kobiety w wieku 45 lat

#### Literatura

1. Z. Mikołajczyk, M. Dembowski: *Gradient temperatury ciała ludzkiego jako determinant zróżnicowanej ciepłochronności wyrobu dzianego. Materiały konfe-*

- rencyjne. 42nd Congress of the International Federation of Knitting Technologists. Łódź, 5. – 8.10.2004r.*
2. J. Zieliński: *Rola odzieży i materiałów tekstylnych w zapewnieniu człowiekowi komfortu. Spektrum tekstylno-włókiennicze, Nr 3, 2004, s. 14-15.*
3. Baertels V. T.: *Physiological comfort of sportswear. Textiles in Sports, 2005, Hohenstein Institutes, p177-203.*
4. Gersak J., Marcić M.: *Assessment of thermo physiological wear comfort of clothing system. Journal of Textile & Clothing Technology, vol. 57 (10) 2008 pp. 489-506.*
5. G. Bartkowiak: *Dynamika mikroklimatu w funkcji parametrów fizycznych odzieży pod barierą ochronną. Praca doktorska, CIOP. Warszawa 2000.*
6. Wehner J.A., Rebenfeld L. Miller B.: *Dynamic Moisture Sorption and Transport Characteristics of Textile Materials. Lenzinger Berichte, (1985), 6, s. 48.*
7. *Projekt celowy nr 6 ZR7 2008C / 07096: Zawodowa odzież ochronna o konstrukcji „seamlesswear”. 2008 – 2010 r.*
8. *Kurs szkoleniowy: Projektowanie dzianin na maszynach typu seamless. Firma Santoni S.p.A. Brescia. Włochy. 01.-05.10.2007r.*
9. *Wyroby firmy „Filati” Mirosław Kubiak Sp. Jawna – marka Brubeck, <http://www.brubeck.pl>.*
10. A. Pinar, E. Mielicka: *Charakterystyka wyrobów technologii seamless. Przegląd Włókienniczy – WOS 10/2010.*
11. PN-P-04613:1997: *Tekstyli. Dzianiny i przędziny. Wyznaczanie masy liniowej i powierzchniowej. PN-EN 14971:2007. Tekstyli. Dzianiny. Wyznaczanie liczby oczek na jednostkę długości i na jednostkę powierzchni. PN-EN ISO 9237:1998 Tekstyli. Wyznaczanie przepuszczalności powietrza wyrobów włókienniczych. PN-EN ISO 5084:1999. Tekstyli. Wyznaczanie grubości wyrobów włókienniczych. Przepuszczalność pary wodnej wg BS 7209:1999.*
12. *Projekt badawczy nr 4 T08E 014 22: Modelowanie i projektowanie struktur dzianych o zamierzonych walorach biofizycznych wraz z weryfikacją empiryczną. ITTD „Tricotextil”. 2002 – 2004.*
13. K. Kowalski i inni: *Wpływ rodzaju surowca na parametry mikroklimatu pododzieżowego w niestacjonarnych warunkach użytkowania. 42 Kongres IFKT, Łódź, 2004.*
14. I. Jasińska: *The analysis of clothing microclimate in dynamic conditions in the context of specialized underwear”. ClothTech 2010.*
15. PN – EN ISO 139: 2006: *Tekstyli. Klimaty normalne do aklimatyzacji badań.*