

mgr inż. MAGDALENA ZWOLIŃSKA
dr inż. ANNA BOGDAN
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Izolacyjność cieplna odzieży



Fot. Rui Vale de Sousa/Bigstockphoto

Na wielu stanowiskach pracy konieczne jest stosowanie przez pracowników środków ochrony indywidualnej, w tym odzieży ochronnej, chroniących przed szkodliwym działaniem czynników fizycznych i chemicznych, występujących w środowisku pracy. Należy jednak zadbać, aby odpowiednia ochrona nie była realizowana kosztem zaburzenia równowagi cieplnej organizmu. Z tej przyczyny bardzo istotne jest poznanie izolacyjności cieplnej odzieży w celu sprawdzenia, czy nie dochodzi do stresu cieplnego organizmu pracownika.

W artykule przedstawiono informacje na temat izolacyjności cieplnej odzieży, a także różnych jej definicji podawanych w poszczególnych normach.

Thermal insulation of clothing

Personal protect equipment, including protective clothing, is necessary at many workstations. It protects against the harmful effect of physical and chemical factors in the working environment. Good protection should not disturb human's thermal balance. Therefore, it is very important to know what the thermal insulation of clothing is. We should check if garment insulation is sufficient, and if there is thermal stress. Information about clothing insulation and its definition from European Standards are presented.

Wstęp

Prawidłowy dobór odzieży, która jest elementem chroniącym organizm przed nadmiernym oddawaniem ciepła do otoczenia w środowisku zimnym pozwala na wykonywanie prac w warunkach komfortu termicznego, co wpływa na wydłużenie czasu pracy, zmniejszenie ryzyka zawodowego czy absencji zawodowej [1, 2, 3]. Z tej przyczyny bardzo istotne jest dokładne określenie izolacyjności cieplnej zestawu odzieży stosowanego w środowisku zimnym, które można przeprowadzić wyłącznie na podstawie wyników pomiarów.

Pojęcie izolacyjności cieplnej odzieży występuje we wszystkich normach dotyczących oddziaływania środowiska cieplnego na człowieka (np. PN-EN ISO 9920:2008¹, PN-EN ISO 342:2006² czy PN-EN ISO 11079:2008³). W każdej z nich pojawiają się różne

¹ PN-EN ISO 9920:2008 *Ergonomia środowiska termicznego – szacowanie izolacyjności cieplnej i oporu pary wodnej zestawów odzieży*

² PN-EN ISO 342:2006/AC:2008 *Odzież ochronna – zestawy odzieży i wyroby odzieżowe chroniące przed zimnem*

³ PN-EN ISO 11079:2008 *Ergonomia środowiska termicznego. Wyznaczanie i interpretacja stresu termicznego wynikającego z ekspozycji na środowisko zimne z uwzględnieniem wymaganej izolacyjności cieplnej odzieży (IREQ) oraz wpływu wychłodzenia miejscowego*

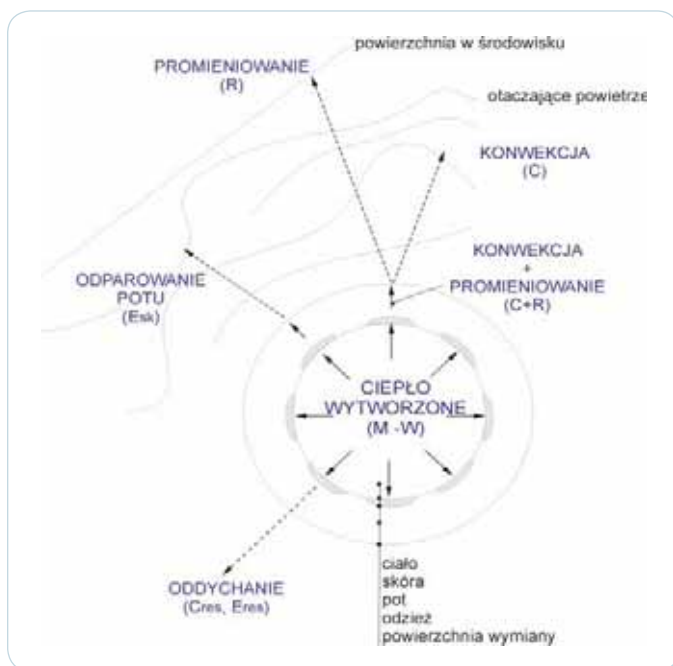
określenia dotyczące izolacyjności cieplnej: podstawowa, efektywna, wynikowa itp. Celem niniejszego artykułu jest przybliżenie czytelnikom informacji na temat istoty określania izolacyjności cieplnej odzieży, a także wyjaśnienie każdej z pojawiających się w normach definicji.

Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem

Podstawą do zrozumienia istoty określania izolacyjności cieplnej odzieży jest zrozumienie wymiany ciepła, jaka zachodzi pomiędzy człowiekiem a otoczeniem (rys. 1.).

W wyniku przemian metabolicznych zachodzących w organizmie człowieka produkowana jest określona ilość ciepła (M). Część to energia niezbędna do wykonywania pracy (W), pozostała ilość ciepła powinna być jednak w całości oddawana do otoczenia poprzez: konwekcję i promieniowanie oraz odparowanie potu z powierzchni skóry (C, R, E_{sk}), konwekcję i odparowanie w procesie oddychania (C_{res}, E_{res}) oraz promieniowanie i konwekcję z powierzchni odzieży (C, R).

Jeżeli ilość ciepła produkowanego w organizmie jest w całości odprowadzana do otoczenia, wówczas człowiek znajduje się w stanie komfortu cieplnego (nie odczuwa ani nadmiernego chłodu, ani ciepła). Jeżeli jednak część ciepła nie może być oddana do otoczenia, lub też z organizmu odbierana jest zbyt duża ilość ciepła, dochodzi do stresu cieplnego – akumulacji lub długu cieplnego w organizmie. Dochodzi wtedy do obciążenia cieplnego niebezpiecznego dla zdrowia człowieka, gdyż w środowisku cieplejszym od komfortowego organizm narażony jest na przegrzanie (i wszelkie dolegliwości z tym związane) aż do hipertermii, natomiast w zimnym – może dojść do wychłodzenia i w konsekwencji do hipotermii.



Rys. 1. Procesy wymiany ciepła pomiędzy organizmem a otoczeniem (ASHRAE 2005)
 Fig. 1. Thermal interaction of human body and environment (ASHRAE 2005)



Fot. 1. Stanowisko do badania podstawowej izolacyjności cieplnej
 Photo. 1. Test stand to measure basic thermal insulation (static manikin)

Określenie izolacyjności cieplnej zestawu odzieży

Każdy zestaw odzieży charakteryzuje się konkretną wartością izolacyjności cieplnej (clo). W normach, m.in. PN-EN ISO 9920:2008¹ umieszczono tabele izolacyjności poszczególnych części garderoby oraz zestawów odzieży. W tabeli 1. przedstawiono wybrane wartości izolacyjności cieplnych typowych zestawów.

Korzystając z danych zamieszczonych w tego rodzaju tabelach możemy jedynie oszacować izolacyjność danej odzieży – w celu poprawnego określenia izolacyjności odzieży należy przeprowadzić odpowiednie badania.

Badania izolacyjności cieplnej odzieży można wykonać w dwojaki sposób: z udziałem manekina termicznego oraz z udziałem ochotników. Z badań porównawczych wykonanych w CIOP-PIB w ramach projektu pn. „Utworzenie centrum badania nad ograniczeniem ryzyka pracowników narażonych na zimno i gorąco” (z udziałem manekina, jak i udziałem ochotników) wynika, iż wartość izolacyjności cieplnej zestawów badanej odzieży, uzyskana w przypadku pomiarów prowadzonych na manekinie termicznej jest o 13% wyższa od izolacyjności cieplnej określonej na

podstawie badań z udziałem ochotników. Na podstawie wyników tegoż projektu stwierdzono również, iż badania z użyciem manekina są znacznie bardziej dokładne, niż badania z udziałem ochotników. Błąd uzyskany podczas badań na manekinie termicznej wynosił 2%, podczas gdy błąd badania z udziałem ochotników mieścił się w granicach 12%-18%. Badania z użyciem manekina termicznego uznane zostały zatem za bardziej dokładny oraz ekonomiczny sposób określenia izolacyjności cieplnej odzieży [4].

Izolacyjność cieplna określana za pomocą manekina termicznego

Ogólna metoda obliczenia izolacyjności cieplnej zestawu odzieży z wykorzystaniem manekina termicznego określona jest następującym równaniem:

$$I_d = \frac{t_{sk} - t_a}{H}$$

gdzie:
 t_{sk} – temperatura na powierzchni skóry, °C
 t_a – temperatura powietrza w pomieszczeniu, °C
 H – ilość ciepła przenikająca przez odzież, W/m²

Temperatura skóry manekina termicznego (t_{sk}) jest wartością zadawaną i znaną, podobnie jak temperatura powietrza w otoczeniu (t_a). Wartością określaną na podstawie badań jest ilość ciepła przenikającego poprzez odzież do otoczenia (H), co jest parametrem charakteryzującym dany zestaw odzieży. W zależności jednak od przyjętego schematu badań (np. manekin nieruchomy lub ruchomy, rodzaj zastosowanej bielizny, parametry powietrza w otoczeniu) dąży się do odwzorowania warunków występujących na danym stanowisku pracy w celu określenia izolacyjności cieplnej zestawu odzieży w sposób zbliżony do rzeczywistego jej zastosowania.

Na podstawie wyników badań uzyskanych z użyciem manekina (zgodnie z normą PN-EN ISO 15831:2006⁴) można określić odpowiednio podstawową i wynikową izolacyjność cieplną odzieży. Stanowisko do badań izolacyjności podstawowej (fot. 1.) składa się z nieruchomego manekina termicznego umieszczonego w odpowiednich warunkach w komorze klimatycznej.

Jednak izolacyjność podstawowa odzieży nie odpowiada rzeczywistej ochronie podczas użytkowania tej odzieży przez pracownika. Użytkownik nie stoi nieruchomo przez cały czas – porusza się, wykazuje aktywność fizyczną, a co za tym idzie powoduje zmianę dopasowania ubrania do sylwetki ciała, odmiennego od dopasowania podczas badań na nieruchomym manekinie. Należy zatem pamiętać o czynnikach, które wpływają na wartość izolacyjności cieplnej odzieży. Aktywność fizyczna czy ogólnie ruch powietrza powoduje, iż podczas poruszania się zaczynają się „przesuwać” przestrzenie powietrzne uwię-

Tabela 1. Wartości izolacyjności wybranych typowych zestawów odzieży (PN-EN ISO 9920:2008)

Table 1. Typical insulation values for clothing ensembles (PN-EN ISO 9920:2008)

Rodzaj odzieży	Izolacyjność cieplna odzieży
	clo
Koszula z krótkimi rękawami	0,15
Typowa koszula z długimi rękawami	0,25
Slipy, T-shirt, krótkie spodenki, cienkie skarpetki, sandały	0,30
Bielizna z krótkimi rękawami i nogawkami, koszula, spodnie, kurtka, kurtka i spodnie grubo pikowane, skarpety, buty, czapka, rękawice	2,00

⁴ PN-EN ISO 15831:2006 *Odzież – Właściwości fizjologiczne – Pomiar izolacyjności cieplnej z zastosowaniem manekina termicznego*



Fot. 2. Stanowisko do badania izolacyjności wynikowej
Photo. 2. Test stand to measure resultant thermal insulation (dynamic, movable manikin)

zione pod ubraniem, powodując tym samym wtłoczenie „nowego” powietrza (tzw. efekt pompowania). Powoduje to wzrost wymiany powietrza z otoczeniem (np. przenikanie wiatru przez tkaninę). Im mniejsza prędkość powietrza, tym mniejsza utrata izolacyjności, natomiast ze wzrostem jego prędkości spada izolacyjność warstwy powietrza.

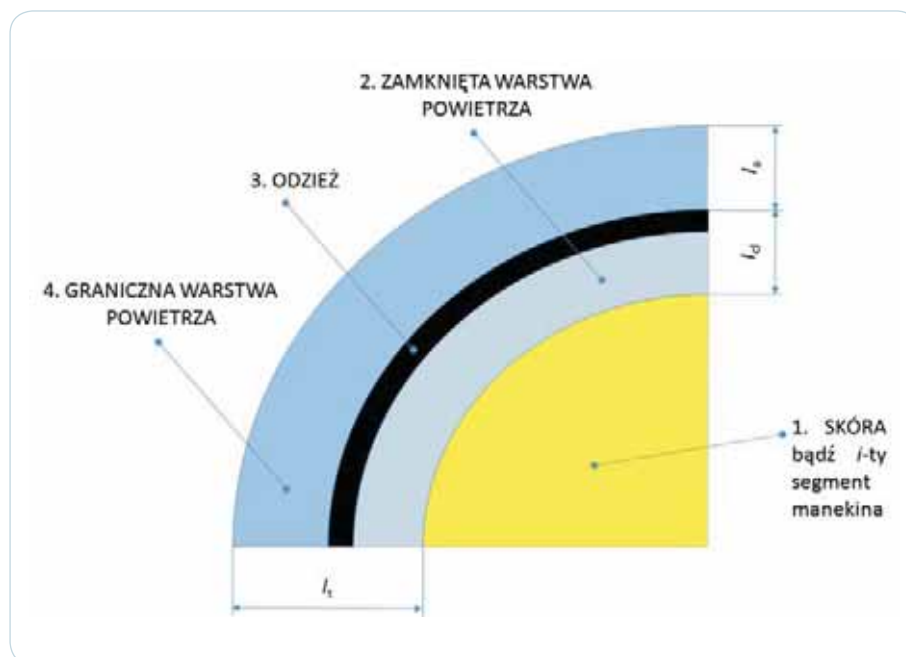
Ten wariant izolacyjności nazywamy izolacyjnością wynikową. Badania wynikowej izolacyjności cieplnej wykonywane są z wykorzystaniem manekina termicznego umieszczonego na stanowisku symulującym chodzenie manekina (fot. 2.).

Na podstawie wyników badań uzyskanych z użyciem manekina nieruchomego (fot. 1.), jak i poruszającego kończynami górnymi i dolnymi (fot. 2.) zgodnie z normą PN-EN ISO 15831:2006 można określić odpowiednio podstawową, jak i wynikową izolacyjność cieplną: granicznej warstwy powietrza (I_{gr}), całkowitą (I_t), wewnętrzną (I_{cl}) oraz efektywną ($I_{cl,e}$) (omówione szczegółowo w dalszej części artykułu).

Tabela 2. Efektywna izolacyjność cieplna odzieży $I_{cl,e}$ i warunki temperatury otoczenia dla zachowania bilansu cieplnego przy różnych czasach ekspozycji

Table 2. Effective clothing insulation $I_{cl,e}$ and environmental parameters to keep thermal balance in different exposition time

Izolacyjność I_{cl} $m^2 K/W$	Stojący pracownik (aktywność 75 W/m ²)	
	8 h	1 h
0,310	11	-2
0,390	7	-10
0,470	3	-17
0,540	-3	-25
0,620	-7	-32



Rys. 2. Graficznie przedstawiona izolacyjność podstawowa (I_a), granicznej warstwy powietrza (I_{gr}) oraz całkowita (I_t)

Fig. 2. Graphic schema of intrinsic clothing insulation (I_a), thermal insulation of the boundary layer on a nude person (I_{gr}) and total clothing insulation (I_t)

Definicje poszczególnych izolacyjności ciepłych odzieży

W celu zrozumienia różnicy pomiędzy poszczególnymi oznaczeniami izolacyjności należy przyjrzeć się układowi pomiędzy skórą człowieka a odzieżą (rys. 2.). Pomiedzy powierzchnią skóry (1) a powierzchnią odzieży (3) znajduje się zamknięta warstwa powietrza, tzw. pustki powietrzne, która zazwyczaj ma temperaturę zbliżoną do temperatury skóry. Jednocześnie wokół ubranego człowieka tworzy się ogrzana warstwa powietrza (4): człowiek oddaje ciepło do otoczenia i część z tego ciepła ogrzewa powietrze w znajdujące się bezpośrednio przy ciele człowieka – jest to tzw. graniczna warstwa powietrza. Z tej przyczyny na izolację cieplną właściwą dookoła człowieka (I_t) składają się w zasadzie 3 warstwy izolacyjne: ogrzanej zamkniętej warstwy powietrza, odzieży oraz granicznej warstwy powietrza. Ze względu na fakt, iż izolacyjność cieplna tworzona przez zamknięte warstwy powietrza zależy od rodzaju zastosowanej odzieży wartość tę uwzględnia się z izolacyjnością cieplną odzieży:

$$I_t = I_{\text{zamknięta warstwa powietrza}} + I_{\text{odzież}}$$

Izolacyjność cieplna odzieży podawana jest w dwóch jednostkach: $m^2 K/W$ oraz clo , z czego 1 clo odpowiada 0,155 $m^2 C/W$.

Poniżej omówiono terminy określające izolacyjność cieplną, występujące w normach PN-EN ISO 9920:2008, PN-EN ISO 342:2006 oraz PN-EN ISO 11079:2008, wraz z metodą ich badania.

Izolacyjność granicznej warstwy powietrza: podstawowa (I_{gr}) oraz wynikowa ($I_{gr,r}$)

Izolacyjność granicznej warstwy powietrza (4) określana jest na podstawie badań przy po-

wierzni skóry nagiego manekina termicznego. Ponieważ podczas poruszania się człowieka następuje intensyfikacja przepływu dookoła jego ciała, izolacyjność granicznej warstwy powietrza określana jest na manekinie nieruchomym (izolacyjność podstawowa) oraz ruchomym (izolacyjność wynikowa).

Całkowita izolacyjność cieplna odzieży: podstawowa (I_a) oraz wynikowa ($I_{a,r}$)

Całkowita izolacyjność cieplna badana jest między skórą a otaczającą atmosferą, czyli obejmuje warstwy odzieży wraz z graniczną warstwą powietrza oraz zamknięte warstwy powietrza (1-4). Mierzona jest w określonych warunkach z zastosowaniem nieruchomego (podstawowa) lub ruchomego (wynikowa) manekina termicznego, co uwzględnia zarówno zmianę przepływu powietrza dookoła człowieka, jak i zmianę stopnia dopasowania odzieży oraz ruch zamkniętych warstw powietrza pod odzieżą.

Wewnętrzna izolacyjność cieplna odzieży: podstawowa (I_{cl}) oraz wynikowa ($I_{cl,r}$)

Jest to izolacyjność pomiędzy powierzchnią skóry (1) a powierzchnią odzieży (3), liczona z uwzględnieniem różnicy temperatury między powierzchnią skóry użytkownika i zewnętrzną powierzchnią odzieży. Wewnętrzna izolacyjność cieplna uwzględnia izolację cieplną tworzoną przez ogrzane zamknięte warstwy powietrza (2), jednak nie uwzględnia izolacji tworzonych przez graniczną warstwę powietrza (4).

Efektywna podstawowa ($I_{cl,e}$) i efektywna wynikowa ($I_{cl,e,r}$) izolacyjność cieplna

Zgodnie z normą PN-EN ISO 342:2006 efektywna izolacyjność cieplna mierzona jest od skóry do

zewnątrznej powierzchni odzieży (1-3) i podawana w odniesieniu do pola powierzchni nagiego ciała. Wielkość ta również może być badana za pomocą nieruchomego (podstawowa) lub ruchomego (wynikowa) manekina, natomiast zgodnie z PN-EN ISO 9920:2008 efektywna izolacyjność cieplna mierzona jest na podstawie nałożenia pojedynczego wyrobu odzieżowego w porównaniu z izolacyjnością nagiego manekina.

Zgodnie z normą PN-EN ISO 342:2006 wartość ciepłochronna zestawu wyrobów odzieżowych zależy od: temperatury otaczającego powietrza i poziomu aktywności pracownika (tempo metabolizmu) oraz efektywnej izolacyjności cieplnej zestawu odzieży lub konkretnego wyrobu. W tabeli 2. (PN-EN ISO 342:2006) podano wartości efektywnej izolacyjności cieplnej odzieży wymaganej do utrzymania bilansu cieplnego pomiędzy organizmem pracownika a otoczeniem. Dla każdego poziomu efektywnej izolacyjności cieplnej podano najniższą temperaturę, w której ciało może być przez 8 h utrzymywane w warunkach termoneutralnych oraz najniższą temperaturę, w której można wytrzymać 1 h przy dającym się zaakceptować wychłodnieniu ciała.

Obliczono również poziomy wynikowej efektywnej izolacyjności cieplnej odzieży odpowiadającej sytuacji poruszającego się pracownika, wykazującego lekką lub średnią aktywność (tab. 3., norma PN-EN ISO 342:2006).

Zgodnie z normą dotyczącą ergonomii środowiska zimnego (norma PN-EN ISO 11079:2008, w środowisku charakteryzującym się łącznym występowaniem wilgotności, wiatru i temperatury poniżej -5 °C) wynikowa efektywna izolacyjność cieplna ($I_{cl,der}$) powinna wynosić co najmniej wartość 0,310 m² K/W.

Tabela 3. Wynikowa efektywna izolacyjność cieplna odzieży $I_{cl,der}$ i warunki temperatury otoczenia dla zachowania bilansu cieplnego przy różnych poziomach aktywności i czasach ekspozycji

Tabela 3. Resultant effective clothing insulation $I_{cl,der}$ and environmental parameters to keep thermal balance in different activity level and exposition time

Izolacyjność $I_{cl,der}$ m ² K/W	Aktywny pracownik			
	lekka aktywność 115 W/m ²		średnia aktywność 170 W/m ²	
	8 h	1 h	8 h	1 h
0,310	-1	-15	-19	-32
0,390	-8	-25	-28	-45
0,470	-15	-35	-38	-58
0,540	-22	-44	-40	-70
0,620	-29	-54	-60	-83

Tabela 4. Izolacyjności cieplne siedziska

Tabela 4. Thermal insulation of chairs

Rodzaj siedziska	$I_{cl,s}$	
	clo	m ² K/W
Siatkowe/metalowe krzesło	0,00	0,000
Taboret drewniany	0,01	0,002
Standardowe krzesło biurowe	0,10	0,016
Krzesło dyrektorskie	0,15	0,023

Czynniki wpływające na wartość izolacyjności cieplnej odzieży

Nie tylko rodzaj materiałów składających się na warstwę odzieży czy też parametry otaczającego środowiska, ale również dopasowanie ubioru wpływa na wartość izolacyjności cieplnej odzieży [5]. Im większe warstwy zamkniętego powietrza występują pomiędzy skórą a odzieżą, tym większy jest tzw. efekt pompowania, czyli zmniejszenie izolacyjności cieplnej [6] zestawu odzieży.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na wartości izolacyjności cieplnej odzieży jest zmiana pozycji pracownika. Pozycja siedząca (odzież ulega ścisku na plecach czy udach) wpływa na dopasowanie odzieży, a tym samym na wartość jej izolacyjności cieplnej (I_{cl}). Zwykle wartość izolacyjności cieplnej odzieży (I_{cl}) w tym przypadku zmniejsza się od 6% do 18%, podczas gdy izolacyjność cieplna granicznej warstwy powietrza (I_{cl}) zwiększa się od 10% do 25%. Efekt ogólny zatem zależy od stosunku między izolacyjnością cieplną odzieży i powietrza [7].

Również siedzisko ma wpływ na izolacyjność cieplną odzieży. Na podstawie badań określono, iż w zależności od konstrukcji siedziska (wielkość, wypełnienie, rodzaj materiału, z którego jest ono wykonane) zmienia się proporcja między stratami ciepła z organizmu na drodze konwekcji i promieniowania (utrata ciepła na drodze konwekcji jest odwrotnie proporcjonalna do izolacyjności cieplnej). Wykazano, iż głównym czynnikiem decydującym o ilości ciepła oddawanego przez organizm na drodze konwekcji jest rodzaj siedziska. Przy zastosowaniu lekkiej podpory ciało (np. taboret) nie jest osłonięte od otoczenia i ciepło oddawane jest głównie poprzez promieniowanie (występuje zmniejszenie oddawania ciepła na drodze konwekcji), natomiast w przypadku siedziska zabudowanego (np. fotel) rozbudowana powierzchnia siedziska blokuje oddawanie ciepła poprzez promieniowanie, zwiększając tym samym jego utratę na drodze konwekcji [8]. W tabeli 4. (norma PN-EN ISO 7730:2006⁵) podano wartości izolacyjności cieplnych różnych rodzajów siedzisk.

Na wartość izolacyjności cieplnej odzieży wpływa również jej pranie – wartość ta może się zwiększyć w wyniku skurczenia się włókien w tkanym lub dzianym wyrobie odzieżowym, bądź zmniejszyć na skutek zmniejszenia grubości po praniu [6].

Podsumowanie

W celu najlepszej ochrony pracownika ekspozowanego w szczególności na środowisko zimne ważne jest zrozumienie, jakie parametry są uwzględniane przy badaniu poszczególnych rodzajów izolacyjności cieplnej odzieży (całko-

wita, wewnętrzna, efektywna). Należy również pamiętać, iż na wartość izolacyjności cieplnej odzieży wpływa postawa pracownika oraz wykonywane czynności podczas pracy (izolacyjność cieplna podstawowa i wynikowa), zastosowanie siedziska czy też pranie odzieży. Dlatego, nawet jeżeli izolacyjność cieplna odzieży jest dobrana zgodnie z obowiązującymi normami, to po wielu latach noszenia czy też wielu praniach, właściwości ciepłochronne tej odzieży ulegają znacznej zmianie.

Jednocześnie należy mieć na uwadze, iż zastosowanie w mikroklimacie zimnym odzieży o zbyt wysokiej wartości izolacyjności cieplnej jest również niebezpieczne, jak używanie odzieży o zbyt niskiej izolacyjności. Nadmierna izolacyjność cieplna powoduje akumulację ciepła w organizmie człowieka, co prowadzi do jego przegrzania. Reakcją termofizjologiczną organizmu na przegrzanie jest wystąpienie efektu pocenia, przy czym pot pochłania jest przez warstwę odzieży stykającą się ze skórą. Zawilgocenie odzieży powoduje spadek jej ciepłochronności. Z tej przyczyny odzież stosowana do pracy w środowisku zimnym powinna być projektowana i stosowana odpowiednio do warunków środowiska cieplnego, na które ekspozowany jest pracownik.

PIŚMIENICTWO

- [1] A. Chojnacka, I. Sudoł-Szopińska *Komfort termiczny w pomieszczeniach biurowych w aspekcie norm*. „Bezpieczeństwo Pracy” 6(429)2007, s. 16
- [2] A. Bogdan *Ocena środowiska zimnego – według PN-EN ISO 11079:2008*. „Bezpieczeństwo Pracy” 3(450)2009, s. 2
- [3] P.O. Fanger *Komfort cieplny*. Wyd. Arkady, Warszawa 1974
- [4] M. Konarska, K. Sołtyński, I. Sudoł-Szopińska, A. Chojnacka *Comparative evaluation of clothing thermal insulation measured on a thermal manikin and on volunteers*. „Fibres & Textiles in Eastern Europe” kwiecień/czerwiec 2007, Vol. 15, Nr. 2 (61), pp. 79-85
- [5] M. Zwolińska, A. Bogdan *Wpływ odzieży na wymianę ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem*. „Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja” 2010, s. 31-34
- [6] G. Havenith *Heat balance when wearing protective clothing*. „Ann. Occup. Hyg.” 43, 1999, pp. 289-296
- [7] T. Bernard, F. Matheen *Evaporative resistance and sustainable work under heat stress conditions for two cloth anticontamination ensembles*. „International Journal of Industrial Ergonomics” 23/1999, pp. 557-564
- [8] D. Żukowska *Czynniki wpływające na rozwój strugi konwekcyjnej generowanej przez siedzącego człowieka*. IX Ogólnopolskie Sympozjum *Zastosowanie mechaniki płynów w inżynierii i ochronie środowiska – 2007*, Wiśła 2007

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2008-2010 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

⁵ PN-EN ISO 7730:2006 *Ergonomia środowiska termicznego – analityczne wyznaczenie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów lokalnego komfortu termicznego*