

**INSTRUKCJA NR 04**

**POMIARY I OCENA ŚRODOWISK CIEPLNYCH**

## **1. Cel instrukcji**

Celem instrukcji jest określenie wymagań dotyczących sposobu oceny środowisk cieplnych, metody pomiaru wielkości fizycznych charakteryzujących środowiska cieplne. Instrukcja jest zgodna z normami

- a) PN-EN 27243:2005 „Środowiska gorące -- Wyznaczanie obciążenia termicznego działającego na człowieka podczas pracy, oparte na wskaźniku WBGT”,
- b) PN-EN ISO 7730:2006 „Ergonomia środowiska termicznego -- Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów lokalnego komfortu termicznego” w zakresie wyznaczania wskaźnika PMV i PPD (z wyłączeniem punktu 6 normy);
- c) 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
- d) PN-EN-ISO 9920:2008 ”Ergonomia środowiska termicznego. Szacowanie izolacyjności cieplnej i oporu pary wodnej zestawów odzieży”.

Instrukcję sporządzono w celu zapewnienia jednakowego stosowania ww. norm przez uprawniony do badań personel laboratorium.

## **2. Zakres stosowania instrukcji**

Instrukcja określa sposób przygotowania aparatury pomiarowej, sposób postępowania podczas pomiarów wielkości fizycznych charakteryzujących środowiska cieplne, dobór metody interpretacji tych wielkości. Instrukcja jest stosowana do pomiarów wielkości fizycznych:

- temperatury powietrza  $t_a$  [°C];
- temperatury poczernionej kuli  $t_g$  [°C];
- temperatury wilgotnej naturalnej  $t_{nw}$  [°C];
- wilgotności powietrza RH [%];
- prędkości ruchu powietrza  $v_a$  [m/s];
- oceny izolacyjności cieplnej zestawu odzieży  $I_{cl}$  [clo].

Instrukcję należy stosować gdy pracownik na ocenianym stanowisku pracy wykonuje typowe czynności zawodowe.

### **3. Wymagane wyposażenie**

Do pomiarów należy stosować miernik wyposażony w zestaw sond temperaturowych umożliwiający jednoczesny (zalecane) pomiar na trzech wysokościach, następujących wielkości:

- temperatury powietrza  $t_a$  [°C];
- temperatury poczernionej kuli  $t_g$  [°C];
- temperatury wilgotnej naturalnej  $t_{nw}$  [°C];
- wilgotności powietrza RH [%];
- prędkości powietrza.

Wyposażenie pomiarowe powinno spełniać wymagania normy PN-EN ISO 7726:2002 i PN-EN 27243:2005.

### **4. Sposób wykonania badania**

Pomiary należy prowadzić zgodnie z normą PN-EN 27243:2005 i PN-EN ISO 7730:2006.

Przed przystąpieniem do pomiarów na stanowiskach pracy należy zebrać informacje wstępne, dotyczące:

- rodzaju i przebiegu procesów technologicznych, rodzaju wykonywanych czynności;
- obsługiwanych maszyn, urządzeń;
- chronometrażu pracy;

Zaleca się wykonać pomiary w okresie odpowiadającym maksymalnemu obciążeniu termicznemu to jest dla środowisk gorących w lecie, w środku dnia i gdy działają urządzenia wytwarzające ciepło. Dla środowisk zimnych w zimie. Z pełnego przebiegu zmiany roboczej należy wybrać okres 1-godzinny najniekorzystniejszy z uwagi na obciążenie cieplne.

Pomiary należy wykonać dla typowych warunków pracy, jeżeli w czasie pomiarów warunki pracy uległy zmianie i odbiegają od typowych, należy odstąpić od pomiarów. Wyniki pomiarów należy zapisać w „Zeszycie roboczym”.

#### **Przygotowanie:**

- a. Dokonać pomiaru temperatury i wilgotności na zewnątrz pomieszczenia.

- b. Zmontować układ pomiarowy i ustawić sondy pomiarowe na wysokości kostek, brzucha, głowy (0,1m, 1,1m, 1,7m dla osoby stojącej i 0,1m, 0,6m, 1,1m dla osoby siedzącej). Sondy umieścić w miejscu w którym przebywa pracownik, poczernioną kulę należy skierować w stronę źródła promieniowania cieplnego jeśli występuje.
- c. Pomiaru należy wykonać w okresie odpowiadającym maksymalnemu obciążeniu termicznemu. Z pełnego przebiegu zmiany roboczej należy wybrać okres 1-godzinny najniekorzystniejszy z uwagi na obciążenie cieplne. Jeżeli w czasie wybranej godziny pracownik wykonuje kilka czynności zawodowych różniących się parametrami mikroklimatu pomiary należy wykonać dla każdej z czynności i należy zanotować czas trwania poszczególnych czynności zawodowych.

**Pomiar:**

- a. Po zmontowaniu układu pomiarowego należy odczekać od 25 min do 35 min (czas ustalenia się równowagi termicznej sond pomiarowych). Czas trwania pomiarów (dla każdej czynności zawodowej różniącej się parametrami mikroklimatu) powinien wynosić min 15 minut. W tym okresie należy wykonać minimum  $n=3$  odczyty mierzonych wielkości w regularnych odstępach czasu, jeśli wyniki kolejnych odczytów temperatur zmieniają się w znacznym stopniu pomiary należy wykonać więcej pomiarów.
- b. Dla każdej wysokości należy określić następujące wielkości:
  - temperaturę powietrza  $t_a$  [ $^{\circ}\text{C}$ ];
  - temperaturę poczernionej kuli  $t_g$  [ $^{\circ}\text{C}$ ];
  - temperaturę wilgotnej naturalnej  $t_{nw}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] (dla środowisk gorących);
  - wilgotności powietrza RH [%];
  - prędkości ruchu powietrza  $v_a$  [ $\text{m/s}^2$ ] (AIR FLOW);
- c. Określić średnie tempo metabolizmu brutto  $M$  [ $\text{W/m}^2$ ] w okresie 1 godziny;
- d. Określić izolacyjność cieplną odzieży pracownika  $I_{cl}$  [clo].

**UWAGA:**

W przypadku trudności w pomiarach wilgotności powietrza przy ujemnych temperaturach (sonda psychrometryczna), można przyjąć wilgotność powietrza na poziomie 50% (PN-EN ISO 11079:2008 pkt.7.2 a)

**Zapisy:**

- a. Wyniki zapisać w protokole z badań.

## 5. Ocena środowisk cieplnych

W celu oceny środowisk cieplnych wyznacza się wskaźniki:

- PMV i PPD dla oceny środowisk umiarkowanych;
- WBGT dla oceny środowisk gorących;
- $t_{wc}$  i  $IREQ_{min}$  dla oceny środowisk zimnych;

### 5.1. Ocena środowisk cieplnych umiarkowanych

- Obliczyć wartości średnie z  $n$  odczytów każdej z sond: temperaturę powietrza  $t_a$  [°C], temperaturę pocznionej kuli  $t_g$  [°C], wilgotność powietrza RH [%], prędkości ruchu powietrza  $v_a$  [m/s<sup>2</sup>];
- Obliczyć wartość średnią z pomiarów wykonanych na trzech wysokościach obliczyć ze wzoru:

$$\bar{x} = \frac{x_{głowy} + x_{brzucha} + x_{kostki\ nóg}}{3}$$

- Średnią wartość za czas odniesienia równy 1h obliczyć ze wzoru

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{x}_j \cdot t_j}{\sum_{j=1}^m t_j}$$

Gdzie:

$m$  – liczba czynności zawodowych w okresie rozpatrywanej godziny różniących się obciążeniem cieplnym

$$\sum_{j=1}^m t_j = t_1 + t_2 + \dots + t_m = 60 \text{ min.}$$

- Temperaturę operacyjną obliczyć ze wzoru

$$t_o = \frac{\bar{t}_a \cdot \sqrt{10 \cdot \bar{v}_a} + \bar{t}_r}{1 + \sqrt{10 \cdot \bar{v}_a}}$$

$$\bar{t}_r = \sqrt[4]{(\bar{t}_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot \bar{V}_a^{0,6} \cdot (\bar{t}_g - \bar{t}_a)} - 273$$

- Względną prędkość ruchu powietrza obliczyć ze wzoru

$$V_{ar} = V_a + 0,0052 \cdot (M - 58)$$

- Wartość wskaźnika PMV można wyznaczyć na podstawie tabel zamieszczonych w normie lub numerycznie za pomocą programu komputerowego „Laborant”.

- Wskaźnik PPD obliczyć ze wzoru

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-\left(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2\right)}$$

lub obliczyć za pomocą programu komputerowego.

UWAGA:

Gdy wskaźnik PMV przekracza +3, wynik należy zapisać PMV powyżej +3.

## 5.2. Ocena środowisk cieplnych gorących

- Środowiska cieplne gorące należy oceniać gdy wskaźnik PMV jest powyżej +2.
- Obliczyć wartości średnie z  $n$  odczytów każdej z sond: temperaturę powietrza  $t_a$  [°C], temperaturę poczernionej kuli  $t_g$  [°C], temperaturę wilgotnej naturalnej  $t_{nw}$  [°C], prędkości ruchu powietrza  $v_a$  [m/s<sup>2</sup>];
- Obliczyć wskaźniki WBGT na wysokości kostek, brzucha i głowy dla każdej czynności zawodowej (różniące się obciążeniem cieplnym) ze wzoru:

- wewnątrz i na zewnątrz budynków bez nasłonecznienia

$$WBGT_j = 0,7 \cdot \bar{t}_{n,w,j} + 0,3 \cdot \bar{t}_{g,j}$$

- na zewnątrz budynków z nasłonecznieniem

$$WBGT_j = 0,7 \cdot \bar{t}_{mw,j} + 0,2 \cdot \bar{t}_{g,j} + 0,1 \cdot \bar{t}_{a,j}$$

- Wskaźnik WBGT dla każdej z czynności zawodowych (różniących się obciążeniem cieplnym) występujących podczas 1h największego obciążenia cieplnego obliczyć ze wzoru:

$$WBGT_j = \frac{WBGT_{głowy,j} + (2 \cdot WBGT_{brzucha,j}) + WBGT_{kostki\ nóg,j}}{4}$$

- Wskaźnik WBGT dla stanowiska pracy obliczamy ze wzoru

$$WBGT = \frac{\sum_{j=1}^m WBGT_j \cdot t_j}{\sum_{j=1}^m t_j}$$

Gdzie:  $\sum_{j=1}^m t_i = t_1 + t_2 + \dots + t_m = 60\text{min.}$

## 5.3. Ocena środowisk cieplnych zimnych

- Środowiska cieplne zimne należy oceniać gdy wskaźnik PMV jest mniejszy od - 2

- Obliczyć wartości średnie zmierzonych wielkości:

- temperaturę powietrza  $t_a$  [°C];
- temperaturę poczernionej kuli  $t_g$  [°C];
- temperaturę wilgotnej naturalnej  $t_{nw}$  [°C];
- prędkości ruchu powietrza  $v_a$  [m/s<sup>2</sup>];

Z  $n$  odczytów każdej z sond obliczamy wartość średnią arytmetyczną:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

- c. Obliczyć wartość średnią z pomiarów wykonanych na trzech wysokościach obliczyć ze wzoru:

$$\bar{x} = \frac{x_{\text{głowy}} + x_{\text{brzucha}} + x_{\text{kostki nóg}}}{3}$$

- d. Wskaźnik  $t_{WC}$  należy obliczyć ze wzoru:

$$t_{WC} = 13,12 + 0,6215 \cdot t_a - 11,37 \cdot v_{10}^{0,16} + 0,3965 \cdot t_a \cdot v_{10}^{0,16}$$

gdzie:

$t_a$  – temperatura powietrza [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$v_{10}$  – meteorologiczna prędkość wiatru na wysokości 10m nad poziomem gruntu [m/s], jeżeli prędkość wiatru mierzona jest nad ziemią (0,6m) do równania należy podstawić tę wartość pomnożoną przez 1,5.

- e. Dopuszczalny czas narażenia w minutach należy obliczyć ze wzoru:

$t_{WC} > -24$  – dozwolona ekspozycja ciągła

$-24 > t_{WC} \geq -34$  -  $T = 50 \cdot t_{WC} + 1730$

$-34 > t_{WC} \geq -59$  -  $T = 0,8 \cdot t_{WC} + 57,2$

$t_{WC} < -59$  – ekspozycja zabroniona

gdzie:

T – czas narażenia w min;

$t_{WC}$  – temperatura chłodzenia powietrza w  $^{\circ}\text{C}$ ;

- f. Wskaźnik  $IREQ_{\min}$  należy obliczyć numerycznie lub odczytać z wykresów podanych w normie i porównać z wynikową izolacyjnością cieplną zestawu odzieży (na manekinie ruchomym).

#### 5.4. Ocena izolacyjności cieplnej zestawu odzieży

- a. Izolacyjność cieplną całego zestawu odzieży, jaką człowiek ma na sobie obliczamy ze wzoru:

$$I_{cl} = 0,161 + 0,835 \cdot \sum_{i=1}^n I_{cl,i} \quad [\text{clo}]$$

gdzie:

$I_{cl,i}$  – oporność indywidualna różnych części odzieży odczytana z karty pomiarowej odzieży lub jeśli pracownik stosuje odzież certyfikowana z certyfikatu.

$$1 \text{ clo} = 0,155 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

Oporność indywidualna różnych części odzieży  
(według załącznika B normy PN-EN-ISO 9920)

Część odzieży	$I_{cl}$

		[clo]
	rajstopy	0,02
	nylonowe pończochy	0,03
Skarpety	lekkie	0,02
	grube do kostek	0,05
	grube długie	0,1
Bielizna	biustonosz i majtki damskie	0,04
	majtki damskie	0,03
	majtki	0,03
	kalesony z długimi nogawkami	0,1
	kalesony z krótkimi nogawkami (bokserki)	0,04
	podkoszulek dzianinowy z krótkimi rękawami	0,04
	podkoszulek z długimi rękawami	0,12
Koszula	koszulka z rękawkami (T-shirt)	0,09
	lekka koszulka z długimi rękawkami	0,2
	z otwartym kołnierzykiem i krótkimi rękawami	0,09
	lekka bluzka z długimi rękawami	0,15
	typowa koszula z długimi rękawami	0,25
	koszula z krótkimi rękawami	0,15
	flanelowa koszula z długimi rękawami	0,3
	gruba koszula z krótkimi rękawami	0,25
	lekka bluza z długimi rękawami	0,15
Spódnica	lekka letnia spódnica	0,15
	spódnica ciepła	0,22
	gruba zimowa spódnica	0,25
Sukienka	lekka sukienka z krótkimi rękawami	0,2
	gruba zimowa sukienka z długimi rękawami	0,4
	kombinezon	0,55
Sweter	kamizelka bez rękawów	0,12
	lekki z krótkimi rękawami	0,17
	cienki sweter	0,2
	sweter normalny	0,28
	gruby sweter	0,35
Marynarka	lekka letnia marynarka/żakiet	0,25
	normalna marynarka/żakiet	0,35
	kitel	0,30
Spodnie	szorty	0,06
	lekkie spodnie	0,2
	typowe spodnie	0,25
	flanelowe/bawełniane spodnie (zimowe)	0,28
	spodnie wielowarstwowe	0,32
	spodnie ogrodniczki ocieplane sztucznym futrem	0,55
	spodnie ze sztucznego futra albo tkaninowe	0,35
Okrycia wierzchnie	plaszcz	0,6
	kurtka puchowa	0,55
	kurtka oddychająca (parka)	0,7
	kożuchy i podobne	0,55
	kombinezon roboczy	0,51
	bluza robocza	0,26
	kombinezon ze sztucznego futra albo tkaninowy	0,9
	kurtka ze sztucznego futra albo tkaninowa	0,4
kamizelka ze sztucznego futra albo tkaninowa	0,2	
Obuwie	buty na cienkiej podszewie	0,02
	buty na grubej podszewie	0,04
	wysokie buty kozaki	0,1
Rękawiczki	rękawiczki	0,05
Czapka	czapka	0,01

## 6. Odniesienie do obowiązujących normatywów

Do obowiązujących normatywów należy odnieść :

- a) gdy wskaźnik PMV przekracza +2 środowiska cieplne należy ocenić jako gorące i do obowiązujących normatywów odnieść wskaźnik WBGT;

Dopuszczalny wskaźnik obciążenia termicznego zależy od :

- tempo metabolizmu (M);
- prędkości ruchu powietrza ( $v_a$ ). Jeśli prędkość przepływu powietrza  $v_a$  jest mniejsza od 0,1 m/s przyjmij nieodczuwalny ruch powietrza

- b) gdy wskaźnik PMV jest poniżej -2 środowiska cieplne należy ocenić jako zimne i do obowiązujących normatywów odnieść wskaźnik  $t_{wc}$  (dopuszczalny czas narażenia), i wskaźnik IREQ<sub>min</sub> wskaźnik należy porównać z określoną wynikową izolacyjnością cieplną odzieży pracownika  $I_{cl,r}$ ;

- c) gdy wskaźnik  $-2 < PMV < +2$  środowiska cieplne należy ocenić jako umiarkowane, jeśli  $-0,7 < PMV < +0,7$ , należy dodatkowo wyznaczyć średnią

temperaturę powietrza w pomieszczeniu  $\bar{t}_a = \frac{1}{3} \cdot \bar{t}_{a,głowy} + \frac{1}{3} \cdot \bar{t}_{a,brzucha} + \frac{1}{3} \cdot \bar{t}_{a,kostki\ nóg}$  a

wynik odnieść do wymagań zawartych w:

- normie PN-B-03421-1978 Tablica 3. - w przypadku pomieszczeń wentylowanych w sposób mechaniczny lub klimatyzowanych;
- rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2012r (Dz. U Nr 75, poz. 690 z późn. zm.) § 149 ust. 5 i § 134 ust. 2

## 7. Zapis wyników z badań

Wszystkie wyniki końcowe oraz obliczone niepewności należy zapisać z dokładnością do jednego miejsca po przecinku w formacie  $***,*$  ( $+,*$ ) z dopiskiem - gdzie liczba po znaku + jest wartością niepewności rozszerzonej obliczona dla współczynnika rozszerzenia  $k=1,65$  co odpowiada jednostronnemu 95% przedziałowi ufności.



## PROTOKÓŁ Z BADAN ŚRODOWISK CIEPLNYCH

Nr zlecenia: ..... Data: .....

Nazwa zakładu: .....

Temperatura zewnętrzna:			Wilgotność zewnętrzna					Nr kart:								
Nazwa hali/pomieszczenia:																
Stanowisko pracy:																
Źródła ciepła:																
Ilość osób zatrudnionych na stanowisku:																
Wewnątrz i na zewnątrz budynków bez nasłonecznienia / na zewnątrz budynków z nasłonecznieniem																
Rodzaj wykonywanych czynności	Czas narażenia	Głowa					Brzuch					Kostki				
		t <sub>a</sub>	t <sub>g</sub>	t <sub>nw</sub>	RH	v <sub>a</sub>	t <sub>a</sub>	t <sub>g</sub>	t <sub>nw</sub>	RH	v <sub>a</sub>	t <sub>a</sub>	t <sub>g</sub>	t <sub>nw</sub>	RH	v <sub>a</sub>
Imię i nazwisko osoby wykonującej pomiary:											Podpis:.					