

Ćwiczenie Nr 13

Temat: **BADANIE MIKROKLIMATU W POMIESZCZENIACH**

**Celem ćwiczenia** jest zapoznanie studentów z zagadnieniami dotyczącymi badania mikroklimatu w pomieszczeniach za pomocą wskaźników PMV, PPD.



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe do pomiaru parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu

**A. Zakres przygotowania teoretycznego obowiązującego studentów przed przystąpieniem do ćwiczenia.**

1. Bilans cieplny organizmu człowieka, termoregulacja [8, 10, 11]:
  - Parametry charakteryzujące oddawanie ciepła przez człowieka,
  - Parametry otoczenia.
2. Podstawowe pojęcia komfortu cieplnego [6, 7, 8, 10, 11]:
  - a) Równanie komfortu cieplnego (równanie Fanger),
  - b) Temperatura operatywna, wynikowa, efektywna, komfortu,
  - c) Ruch i jakość powietrza,
  - d) Wilgotność powietrza,
  - e) Izolacyjność cieplna odzieży
    - Jednostka fizyczna oporu przewodzenia ciepła przez odzież ( $1\text{clo};\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ),
  - f) Poziom aktywności człowieka,
    - Jednostka metabolizmu ( $1\text{met};\text{W}/\text{m}^2$ ).
3. Lokalny dyskomfort cieplny [8, 10, 11]:
  - a) Asymetria temperatury promieniowania,
  - b) Różnice temperatury powietrza w pionie,
  - c) Temperatura podłogi,
  - d) Zjawiska przeciągu.
4. Mikroklimat środowisk [2-6, 10, 11, 12]:
  - a) umiarkowanych, wskaźnik PMV, PPD,
  - b) gorących, wskaźnik WBGT,
  - c) zimnych, wskaźnik WCI.
5. Kategoria jakości warunków termicznych w pomieszczeniach (kategorie A, B, C) [6, 10, 11].
6. Metody pomiaru parametrów mikroklimatu [7, 8, 10, 11].
7. Zapewnienie komfortu cieplnego w pomieszczeniach, wpływ metody ogrzewania na mikroklimat, zapobieganie niekorzystnym parametrom mikroklimatu [13, 14, 15].

**B. Ocena komfortu termicznego za pomocą wskaźników PMV i PPD - część doświadczalna ćwiczenia.**

**1. STANOWISKO POMIAROWE**

Stanowisko pomiarowe składa się z przyrządu HD32.1 do analizy mikroklimatu na stanowiskach pracy (**rys 1**). Moduł HD32.1 połączony jest z 3 sondami pomiarowymi:

- 1) Zespoloną sondą wilgotności i temperatury HP3217 (cienkowarstwowy Pt100 dla temperatury, pojemnościowy dla wilgotności),
-

- 2) Wszechkierunkową termiczną sondą prędkości AP3203 (NTC 10kΩ).
- 3) Kulistą sondą temperatury  $\varnothing 150\text{mm}$  TP3275 (Pt100),

Przyrząd może być zaprogramowany do zarejestrowania sesji pomiarowej o określonym czasie próbkowania.

## 2. PRZEPROWADZENIE POMIARU

### 2.1 Ogólna ocena warunków pracy w pomieszczeniu

- a) analiza warunków termicznych pracy
  - ocena usytuowania pomieszczenia w budynku (centralnie, pomieszczenie ze ścianami zewnętrznymi – występowanie ryzyka zmian temperatury ścian)
  - ocena instalacji c.o. (typ ogrzewania, rodzaj grzejników itd.)
  - ocena instalacji wentylacyjnej (grawitacyjna, mechaniczna, klimatyzacja)
  - ocena warunków termicznych w pomieszczeniu (zmienne, stałe w czasie pracy, rozkład temperatur i prędkości powietrza w pomieszczeniach jest jednorodny, niejednorodny)
- b) ocena stopnia intensywności pracy
  - określenie rodzaju pracy dla wszystkich pracowników wg normy [6] lub tabel z [7,10,11,12]

### 2.2 Pomiar parametrów mikroklimatu w pomieszczeniu

Pomiaru parametrów mikroklimatu środowiska na przedstawionym stanowisku dokonać:

- 1) dla warunków początkowych (otwarte okna, początek zajęć)
- 2) dla warunków po 30 minutach zajęć (zamknięte okna).

Ustawić czas próbkowania 30s, ogólny czas pomiaru: 6minut (12 odczytów).

Mierzone parametry:

- temperatura powietrza  $t_a$ ,
- prędkość powietrza  $v_a$ ,
- wilgotność względna powietrza RH,
- temperatura promieniowania przegród oraz wyposażenia pomieszczenia  $t_r$ ,
- temperatura pocznionej kuli  $t_g$ ,
- temperatura wilgotna, mierzona za pomocą sondy wentylowanej naturalnie  $t_w$ ,
- wskaźnik WBGT wewnątrz budynku,
- Wskaźnik  $T_u$  (intensywność turbulencji).

Uzyskane wyniki zebrać w tabeli pomiarowej (Tabela 1).

**Tabela 1. Tabela wyników pomiarów**

L.p.	$t_a$ [°C]	$v_a$ [m/s]	RH [%]	$t_r$ [°C]	$t_g$ [°C]	WBGT	$T_u$
<b>Pomiar 1</b>							
1							
2							
...							
<b>Pomiar 2</b>							
1							
2							
...							

Po zakończeniu pomiarów uśrednić odczytane wartości każdego z mierzonych parametrów:

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

Następnie obliczyć wariancję i odchylenie standardowe:

$$\text{wariancja} = s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$\text{odchylenie standardowe} = s = \sqrt{s^2}$$

Uzyskane wyniki przedstawić w tabeli 2.

**Tabela 2. Wartości średnie i odchylenia standardowe zmierzonych parametrów klimatu**

Pomiar	Parametr	$t_a$ [°C]	$V_a$ [m/s]	RH [%]	$t_r$ [°C]	$t_g$ [°C]	WBGT	$T_u$
Pomiar 1	Wartość średnia							
	Odchylenie standardowe							
Pomiar 2	Wartość średnia							
	Odchylenie standardowe							

### 2.3 Określanie wskaźników Met, Clo

Na podstawie tabel z literatury określić metaboliczną produkcję ciepła (wydatku energetycznego) pracownika na analizowanym stanowisku pracy [W/m<sup>2</sup>] lub Met oraz wartość izolacyjności cieplnej odzieży ochronnej pracownika [m<sup>2</sup>K/W] lub Clo. Odczytane wartości przedstawić w tabeli 3.

**Tabela 3. Wartości wskaźników Met, Clo**

Parametr	Aktywność człowieka		Izolacyjność odzieży	
	W/m <sup>2</sup>	Met	m <sup>2</sup> K/kW	Clo
Wartość				

### 2.4 Określanie wskaźników komfortu PMV, PPD, temperatura operatywna

a) W przypadku spełnienia następujących warunków:

- temperatura powietrza w analizowanym pomieszczeniu: 10 – 30 °C
- średnia temperatura promieniowania przegród (np. ściany zewnętrzne, stropy, okna) w pomieszczeniu: 10 – 40 °C
- prędkość powietrza w pomieszczeniu 0 – 1 m/s
- ciśnienie cząstkowe pary wodnej w pomieszczeniu 0 – 2700 Pa

- wydatek energetyczny osób przebywających w tym pomieszczeniu: 0,8 – 4,0 met (46,6 – 232,8 W/m<sup>2</sup>)
  - izolacyjność termiczna odzieży osób przebywających w pomieszczeniu: 0 – 2 clo, wyznaczyć (na podstawie zmierzonych parametrów powietrza oraz danych uzyskanych w pkt. 2.3) wskaźniki komfortu:
    - 1) PMV - za pomocą zamieszczonego w normie [9] równania lub z programu stanowiska pomiarowego,
    - 2) PPD - na podstawie wykresu lub z równania w normie [9] lub z programu stanowiska pomiarowego.
- b) Obliczyć temperaturę operatywną – równomierną temperaturę powierzchni otaczających pomieszczenie, przy której człowiek oddaje taką samą ilość ciepła przez promieniowanie i konwekcję jak w danym niejednorodnym pomieszczeniu.

Temperatura operatywna:

$$t_o = at_a + (1 - a)t_r,$$

gdzie: a=0,5 dla prędkości przepływu powietrza v<0,2m/s

a=0,6 dla v=0,2-0,6m/s

a=0,7 dla v=0,6-1m/s.

Otrzymane średnie wartości wskaźników PMV i PPD oraz  $t_o$  zestawić w tabeli 4.

**Tabela 4. Wyniki oszacowań wskaźników PMV i PPD, temperatura operatywna**

Miejsce pomiaru	PMV przewidywana średnia ocena komfortu cieplnego	PPD przewidywany odsetek niezadowolonych	$t_o$ temperatura operatywna
Pomiar 1			
Pomiar 2			
Wartość porównawcza (Kategoria B pomieszczeń)			

### 2.5 Ocena uzyskanych wyników (norma [1, 6], literatura [9,10,11,12])

1. Porównać obliczony wskaźnik PMV z wartościami skali odczuć termicznych w celu orientacyjnej oceny subiektywnych odczuć warunków komfortu termicznego.
2. Porównać obliczone wskaźniki PMV i PPD z wartościami odniesienia zawartymi w literaturze.
3. Porównać obliczoną wartość temperatury operatywnej z wartościami tabelarycznymi dla kategorii pomieszczeń A, B, C.
3. Przedstawić wyniki przeprowadzonej oceny środowiska termicznego wraz z ewentualnymi wskazówkami dotyczącymi koniecznych modyfikacji, w celu zapewnienia komfortu termicznego.

*Literatura:*

1. **PN-B-03421:1978 Wentylacja i klimatyzacja -- Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi**

2. 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 (oryg.)
3. PN-EN 15251:2007 Kryteria środowiska wewnętrznego, obejmujące warunki cieplne, jakość powietrza wewnętrznego, oświetlenie i hałas (oryg.)
4. PN-EN ISO 11079:2008 Ergonomia środowiska termicznego -- Wyznaczenie i interpretacja stresu termicznego wynikającego z ekspozycji na środowisko zimne z uwzględnieniem wymaganej izolacyjności cieplnej odzieży (IREQ) oraz wpływu wychłodzenia miejscowego (oryg.)
5. PN-EN 27243:2005 Środowiska gorące -- Wyznaczenie obciążenia termicznego działającego na człowieka podczas pracy, oparte na wskaźniku WBGT
6. **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**
7. <http://www.ciop.pl/635.html>, Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy
8. Fanger P.O.: Komfort cieplny, Arkady, Warszawa 1974
9. **Sudoł-Szopińska I., Chojnacka A.: Określanie warunków komfortu termicznego w pomieszczeniach za pomocą wskaźników PMV i PPD, Bezpieczeństwo Pracy, 5/2007**
10. Adamczewski i inni: Pomiary cieplne część II, Badania cieplne maszyn i urządzeń, WNT, Warszawa 1995
11. Recknagel, Sprengel, Schramek: Kompendium wiedzy ogrzewnictwo, klimatyzacja, ciepła woda, chłodnictwo, Omni Scala, Wrocław 2008, rozdział 1.2
12. Chojnacka A., Sudoł-Szopińska I.: Komfort termiczny w pomieszczeniach biurowych w aspekcie norm, Bezpieczeństwo Pracy 6/2007
13. Gliński M.: Zapobieganie niewłaściwym parametrom mikroklimatu - rozwiązania techniczne i organizacyjne, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Bezpieczeństwo Pracy 12/2002
14. Sudoł-Szopińska I., Sobolewski A., Młodziak D., Konarska M.: Ocena niekorzystnego wpływu mikroklimatu, Bezpieczeństwo Pracy 3/2006
15. Sudoł-Szopińska I., Łuczak A.: Wpływ temperatury środowiska zewnętrznego na sprawność działania człowieka, Bezpieczeństwo Pracy 7-8/2006