

NOȚIUNI DE TERMOFIZIOLOGIE

1.1. Noțiuni generale

Proiectarea spațiilor închise (a clădirilor) este o problemă complexă care poate fi rezolvată prin acțiunea simultană a unor factori de natură tehnică, socială, psihologică și ergonomică, ca urmare a unui calcul de optimizare multicriterială, având în vedere confortul (tehnic și psihologic) și economia de energie, dar cu o permanentă atenție îndreptată asupra satisfacerii cerințelor obiective și subiective legate de funcțiile vitale ale omului privind:

- posibilitatea efectuării cu eficiență maximă atât a muncii fizice cât și a celei intelectuale;
- posibilitatea efectuării unor activități de recreere, odihnă și somn în condiții optime.

*Prin **Instalații în Construcții** se definesc ansamblurile de aparate, echipamente, dispozitive, inclusiv cele de măsură, automatizare și control, capabile să asigure într-un spațiu închis, condițiile optime de mediu, în vederea desfășurării în bune condiții a activităților de producție, studiu, recreere, odihnă și somn.*

*Noțiunea de **confort tehnic** cuprinde toți parametrii realizați și controlați cu instalații, care influențează direct dispoziția omului și acționează asupra simțurilor acestuia, cum ar fi: confortul termic, acustic, olfactiv și vizual.*

Perceperea și aprecierea elementelor de bază ale confortului de către om sunt influențate atât de unii factori psihologici cât și de evoluția și echilibrul psihologic al omului. Psihicul omului depinde și de factori independenți cum ar fi: vârsta, sexul etc., care influențează și aprecierea nivelului de confort tehnic. Astfel poate apare senzația de plăcut ca optimul rezultat al parametrilor de confort tehnic și psihologic (figura 1.1).

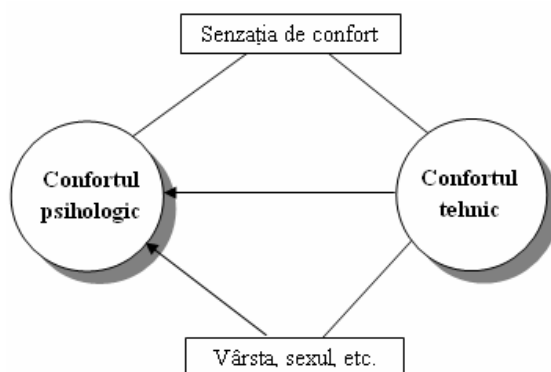


Figura 1.1. Parametrii care determină senzația de confort

***Confortul** reprezintă senzația subiectivă ce apare în corpul uman pe baza acțiunii complexe a unor parametrii fizici și psihici.*

Confortul subiectiv al persoanelor dintr-un spațiu închis depinde de foarte mulți factori, care pot fi grupați astfel (conform principiului lui Blanchere):

- Temperatură – confort termic;
- umiditate și circulație a aerului – confort termic;
- miros și respirație – confort olfactiv;
- pipăit și atingere;
- factori acustici – confort acustic;
- văz și efecte ale culorilor – confort vizual;
- vibrații și mișcări ale clădirii;
- factori speciali (aporturi solare, ionizație), factori de siguranță, factori legați de programul zilnic și factori economici.

1.2. Confortul olfactiv

Perceperea mirosurilor nu este un proces spontan, ea având loc doar la respirație intensă a aerului, când viteza acestuia este de 2...4 ori mai mare decât în cazul respirației normale.

Condiția realizării metabolismului corpului uman într-un spațiu închis este preluarea de oxigen O_2 și cedarea de dioxid de carbon CO_2 (tabelul 1.1). În urma procesului de respirație aerul ajunge prin căile respiratorii superioare și inferioare în plămâni, de unde, ajunge la țesuturi, prin sânge. De asemenea, tot prin sânge, dioxidul de carbon este preluat de la țesuturi, ajunge în plămâni, de unde este expirat.

Tabelul 1.1. Debitul de CO_2 expirat

Activitate	M [W/pers]	Aer inspirat [m ³ /h]	CO ₂ expirat [l/h]	O ₂ consumat [l/h]
Stare de repaus	-	0,3	12	14
Muncă intelectuală	120	0,375	15	18
Muncă fizică foarte ușoară	150	0,575	23	27
Muncă fizică ușoară	190	0,75	30	35
Muncă fizică grea	>270	>0,75	>30	>35

Concentrația de CO_2 , în aerul exterior este de 300...400 ppm (cm³/m³), iar în aerul din locuințe este de cca. 900 ppm. Limita maxim admisibilă a concentrației de CO_2 în aerul inspirat este de 1000 ppm¹.

Nivelul de excitație față de unele mirosuri este foarte redus, organul olfactiv având o caracteristică importantă și anume, aceea de adaptare. După un anumit timp, datorită percepției continue, intensitatea senzației de miros scade (figura 1.2).

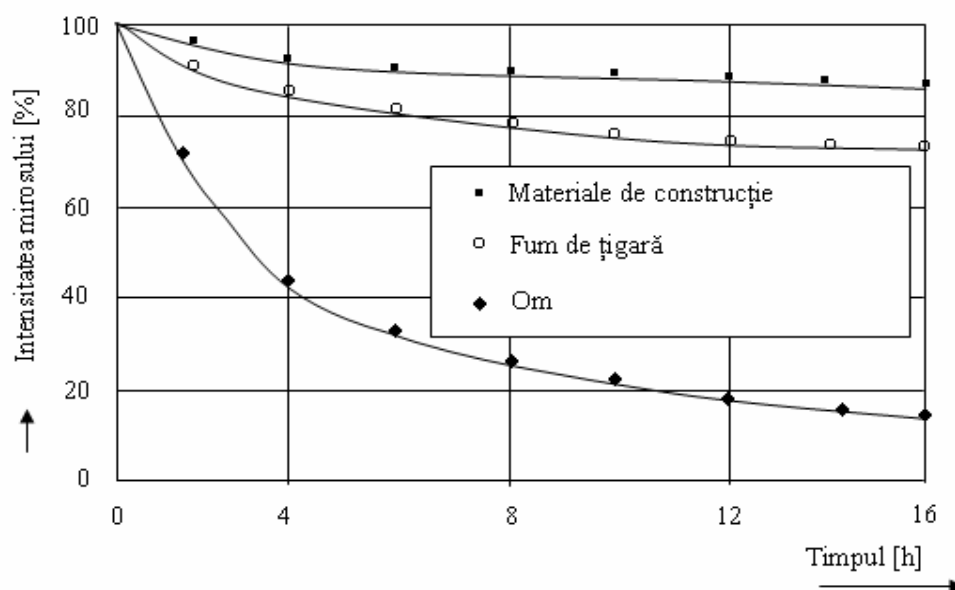


Figura 1.2. Scăderea intensității senzației de miros în timp

1.3. Confortul acustic

Un alt element de bază care contribuie la realizarea confortului general într-un spațiu închis este *confortul acustic*. Trebuie să se facă diferența între sunet și zgomot. **Sunetul**, poate fi definit în funcție de sensul de interpretare, astfel:

- dacă este considerat un fenomen fizic, atunci acesta reprezintă vibrația elementară a materiei elastice care se propagă în mediul de transport sub formă de undă;

¹ numărul lui Pettenkofer

- poate fi definit ca fiind excitația externă a organului auditiv al vietăților, care conduce la diverse reacții din partea acestora;
- dacă se consideră efectul estetic și de înțeles, sunetul are un conținut de informație sub formă codificată, pe care creierul o decodifică, iar perceperea corectă a sunetului influențează hotărâtor confortul uman.

Elementul principal al relațiilor între oameni este vorbirea, iar orice moment care deranjează înțelegerea vorbirii creează nesiguranță și, odată cu aceasta, inconfort.

Zgomotul poate fi definit ca fiind acele efecte ale sunetului, percepute negativ de către om, diferența dintre zgomot și sunet o face omul prin interpretarea acordată.

Limitele admise ale nivelului de zgomot echivalent interior, pentru diferite funcțiuni, corespunzător prescripțiilor STAS-ului 6156 și Standardului European CEN 1752 sunt prezentate în tabelul 1.2.

Tabelul 1.2. Limita admisă a nivelului de zgomot interior conform STAS 6156 și CEN 1752

Denumirea încăperii	Limita admisă a nivelului de zgomot interior		
	STAS 6156	CEN 1752	
	Nivel acustic [dB (A)]	Categoria	Nivel acustic [dB (A)]
Camere de locuit în locuințe, cămine, hoteluri, case de oaspeți	35	-	-
Cabinete de consultații, săli de operație, saloane peste 3 locuri	35	-	-
Săli de studiu, biblioteci	35	A	30
		B	33
		C	35
Săli de clase, amfiteatre, săli de conferințe, laboratoare, birouri de lucru mici	40	A	30
		B	35
		C	40
Birouri administrative și de lucru cu publicul	45	A	35
		B	40
		C	45
Grădinițe	-	A	30
		B	40
		C	45
Săli de restaurant, unități de alimentație publică, săli de mese, unități prestări servicii	50	A	35
		B	45
		C	55
Depozite	-	A	40
		B	45
		C	50
Săli pentru calculatoare, birouri de dactilografiere, laboratoare tehnologice	55	-	-

1.4. Confortul vizual

Viața umană este în strânsă legătură cu ambientul vizual, deoarece informațiile sunt percepute într-o proporție de 90% pe cale vizuală, iar activitatea este și ea legată de vâz în majoritatea cazurilor.

Confortul vizual este starea conștientă, care apare datorită acțiunilor fiziologice și psihologice, ce exprimă satisfacția față de mediul ambiant.

Mediul ambiant vizual într-un spațiu închis apare dacă acesta este iluminat și are două componente:

- încăperea, delimitată de suprafețe opace sau transparente (componenta pasivă);
- lumina, care face vizibilă încăperea (componenta activă)

Omul percepe doar lumina care ajunge la ochi, văzul exact însemnând și perceperea corectă a culorilor. Acestea sunt considerate ca fiind corespunzătoare dacă ele coincid cu culorile percepute la lumină naturală, de unde rezultă nevoia iluminatului natural prin ferestre, luminatoare etc.

Senzația de confort vizual reprezintă concordanța dintre iluminat și calitatea luminii, caracterizată de culoarea luminii sau de temperatura acesteia.

Efectul plăcut al culorilor constă în faptul că un ambient mai puțin iluminat prezintă confort vizual dacă este rezultatul unei lumini bogate în culori calde, iar un ambient luminos prezintă confort vizual dacă este rezultatul unei lumini reci. Din punct de vedere al redării culorilor, confortul vizual poate fi analizat pe baza diagramelor Kruithoff, care reprezintă variația iluminării E în planul de lucru, cu temperatura luminii T (figura 1.3).

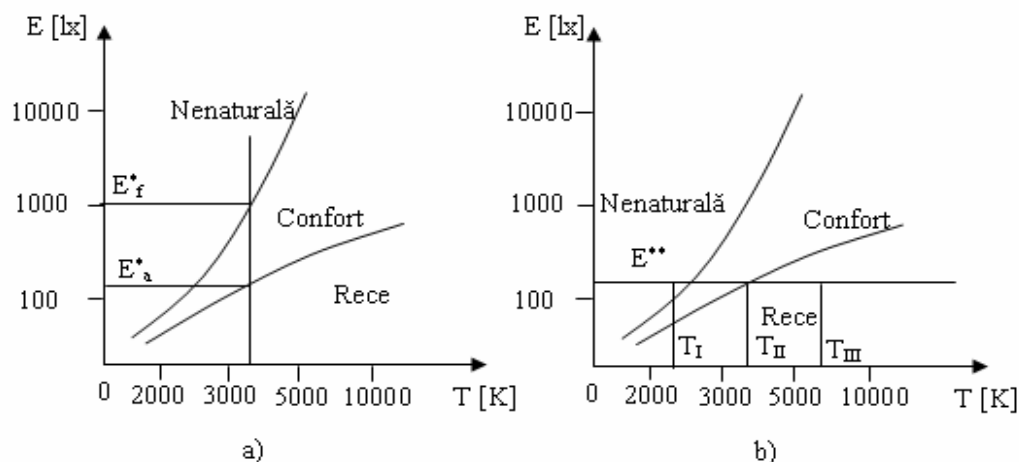


Figura 1.3. Diagramele Kruithoff: a) când se cunoaște temperatura T^* a sursei de lumină;
b) când se cunoaște iluminarea E^{**}

Din analiza acestor diagrame, rezultă că o sursă de lumină cu temperatura T^* poate crea diferite senzații observatorului în funcție de valoarea iluminării:

- pentru $E < E_a^*$, iluminatul este perceput ca fiind rece;
- pentru $E_a^* < E < E_f^*$, sunt îndeplinite condițiile confortului vizual;
- pentru $E > E_f^*$, iluminatul este perceput ca fiind nenatural (deranjant).

Pentru o valoare dată a iluminatului E^{**} , senzația vizuală subiectivă creată depinde de temperatura luminii:

- la T_I – iluminat nenatural;
- la T_{II} – confort vizual;
- la T_{III} – iluminat rece.

1.5. Confortul termic

Noțiunea de confort termic are un caracter subiectiv, ea depinzând de comportamentul fiecărui individ în raport cu mediul ambiant.

Prin factori de confort termic se înțelege acel grup de factori legați de ambientul termic, care definește starea de confort la un moment dat.

S-a constatat o corelație între confortul termic și parametrii microclimatului, care pot fi:

a) Parametrii fizici:

- temperatura aerului interior;
- temperatura medie de radiație a suprafețelor delimitatoare;
- umiditatea relativă a aerului interior, respectiv presiunea parțială a vaporilor de apă în aer;
- viteza aerului interior;

b) Parametrii legați de capacitatea de acomodare a corpului uman în vederea menținerii echilibrului termic:

- producția de căldură a corpului uman, căldura cedată, termoreglarea;
- rezistența termică a îmbrăcămintei și influența acesteia asupra evaporării.

Echilibrului termic este influențat la rândul său de doi factori de bază:

- 1) căldura produsă de corp, care depinde în primul rând de activitățile depuse, de vârstă, sex etc.;
- 2) căldura cedată de corp, care depinde de îmbrăcămintă, dar și de ceilalți parametri enumerați anterior.

Senzația de confort termic se definește ca fiind acea stare conștientă care exprimă satisfacție (mulțumire) față de ambientul termic existent și a cărei evaluare se realizează cu ajutorul scării subiective de confort cu șapte nivele: +3 (foarte cald); +2 (cald); +1 (ușor cald); 0 (neutru); -1 (răcoare); -2 (rece); -3 (frig).

Senzația de confort termic este definită prin indicele de confort B :

$$B = C + 0,25 \cdot (t_i + \theta_{mr}) + 0,1 \cdot x - 0,1 \cdot (37,8 - t_i) \cdot \sqrt{v_i} \quad (1.1)$$

unde: C – constantă care are valoarea $-9,2$ în perioada rece și $-10,6$ în perioada caldă;

t_i – temperatura interioară, [$^{\circ}\text{C}$];

θ_{mr} – temperatura medie de radiație a încăperii, [$^{\circ}\text{C}$];

x – conținutul de umiditate al aerului interior, [gr/kg aer uscat];

v_i – viteza curenților de aer interior, [m/s].

1.5.1. Temperatura aerului interior

Condiția ca în încăperi să se realizeze un confort termic corespunzător este ca, la o anumită temperatură a aerului interior t_i să se realizeze o temperatură medie optimă a suprafețelor delimitatoare pentru realizarea unui schimb normal de căldură prin radiație între corpul uman și mediul ambiant.

Criteriul de confort termic în clădiri poate fi ilustrat printr-o relație grafică (figura 1.4) între temperatura aerului din încăpere, temperatura aerului exterior și temperatura peretelui, rezultând că valoarea medie a temperaturii aerului interior poate fi cuprinsă între 17 și 24°C pentru realizarea unui confort termic corespunzător în încăperi, conform reglementărilor în vigoare din România.

1.5.2. Temperatura medie de radiație (θ_{mr})

Din punct de vedere matematic, temperatura medie de radiație reprezintă, o medie ponderată a produselor suprafețelor specifice și temperaturile specifice ale acestora, fiind de fapt, o rezultantă a efectului de radiație asupra unui corp aflat în interiorul încăperii, a suprafețelor calde (corpuri de încălzire) și suprafețelor reci:

$$\theta_{mr} = \frac{\sum S_j \cdot \theta_j}{\sum S_j} \quad (1.2)$$

Din graficul prezentat în figura 1.5 rezultă că temperatura t_i poate fi aleasă între 19 și 23°C , în condițiile în care temperatura θ_{mr} are valori echivalente cuprinse între 16 și 25°C , cu

respectarea corelației dată de zona hașurată și anume: la creșterea lui t_i trebuie să scadă θ_{mr} și invers.

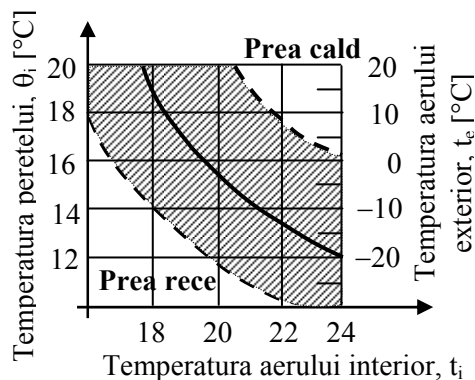


Figura 1.4. Realizarea confortului termic funcție de temperatura interioară, temperatura exterioară și temperatura peretelui

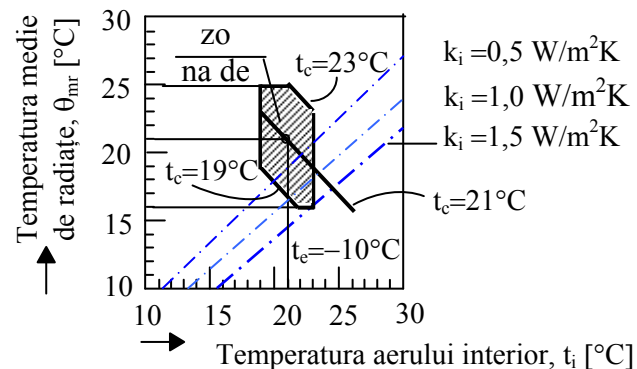


Figura 1.5. Diagrama de confort în funcție de temperatura aerului interior, de temperatura medie de radiație și de temperatura resimțită

Temperatura de confort, care mai este denumită și temperatura resimțită, poate fi considerată ca medie aritmetică între temperatura aerului interior și temperatura medie de radiație a suprafețelor delimitatoare ale încăperii (relația 1.3).

$$t_c = \frac{t_i + \theta_{mr}}{2} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1.3)$$

De asemenea, în diagrama din figura 1.5 sunt trasate și dreptele de variație a coeficienților globali de transfer termic, k_i , ai elementelor exterioare de construcție, ce asigură temperaturile interioare necesare. Din analiza lor rezultă faptul că în țara noastră, până în anul 1997, gradul de izolare termică al pereților exteriori ne situează în afara zonei de confort ($k_i=1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$).

1.5.3. Umiditatea relativă a aerului interior

Formele sub care acționează apa asupra clădirilor și a materialelor de construcții pot fi menționate astfel:

- apa din teren acționează prin presiune sau prin ascensiune capilară asupra anvelopei clădirilor;
- apa meteorologică, sub forma intemperiilor (ploaie, zăpadă), acționează asupra elementelor de închidere ale clădirilor (acoperiș, pereți exteriori);
- apa inițială de construcție rezultă în urma procesului de punere în operă a clădirii (turnări de beton, tencuieli umede etc.) acționează în masa elementelor de construcție;
- apa de exploatare rezultă din procesul funcțional-tehnologic care se desfășoară în clădiri (băi, bucătării, laboratoare etc.);
- apa higroscopică derivă din umiditatea aerului interior și exterior, funcție de structura fizică a materialului de construcție;
- apa de condens rezultă în urma condensării vaporilor de apă pe suprafața și în masa elementelor de construcție exterioare (pereți de închidere, terase, planșee de pod etc.);
- apa de natură biologică rezultă din procesele de respirație și de evaporare a apei de pe suprafața pielii omului.

Umiditatea aerului interior poate fi exprimată prin:

- umiditatea absolută x_i , definită prin masa apei conținută într-un volum de aer, iar pentru o temperatură și o presiune dată, umiditatea absolută este limitată de o valoare maximă numită umiditate de saturație x_s , a cărei valoare este influențată de valoarea temperaturii din încăperea;
- umiditatea relativă a aerului interior ϕ_i , reprezintă raportul între umiditatea absolută și cea de saturație și are valori cuprinse între 50 și 90%, în funcție de destinația încăperilor și de modul de ventilare a acestora. Valorile optime ale umidității relative a aerului în încăperile clădirilor civile și social-culturale sunt de 55...65%, funcție de temperatura aerului interior de 20...23°C (figura 1.6).

1.5.4. Viteza aerului

Este indicat ca viteza de mișcare a aerului din încăperea să nu fie accentuată, deoarece apare senzația de curent dacă aerul în mișcare are o temperatură mai mică decât aerul interior și

jetul este îndreptat spre părți ale corpului. În zona cuprinsă de la pardoseală până la 2 m înălțime în camerele de locuit și birouri cu o temperatură de 20...22°C, viteza de mișcare a aerului de 0,1...0,15 m/s este considerată admisibilă (figura 1.7).

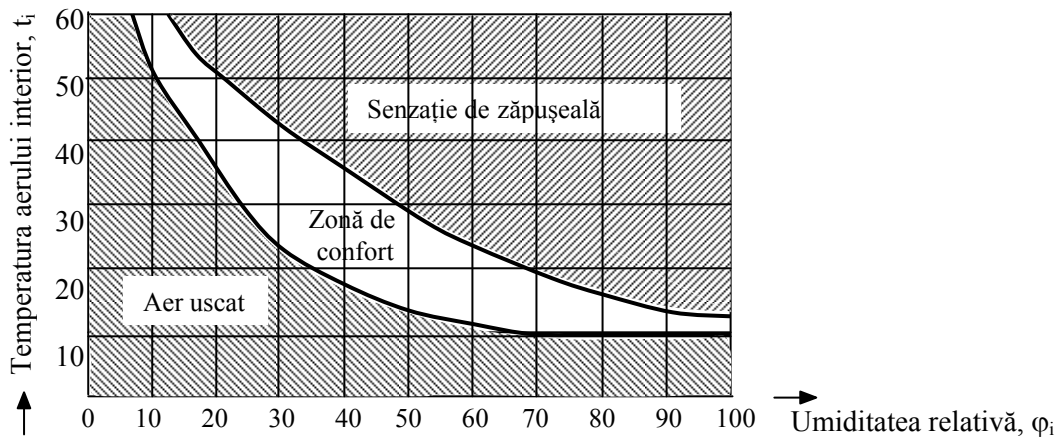


Figura 1.6. Diagrama de confort umiditate relativă – temperatura aerului interior

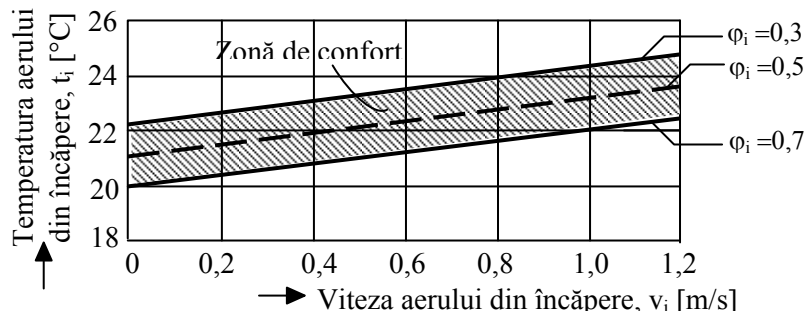


Figura 1.7. Diagrama de confort funcție de temperatură și viteza aerului

Conform lui Mayer și Fanger, inconfortul curentului de aer (ICA), poate fi calculat în funcție de gradul de turbulență a aerului interior (T_u), de viteza de mișcare a aerului interior (v_i) și de temperatura resimțită (t_c) cu relația 1.4:

$$ICA = (34 - t_c) \cdot (v_i - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v_i \cdot T_u + 3,14) \quad [\%] \quad (1.4)$$

1.5.5. Felul activității și îmbrăcămintea

Organizația Internațională pentru Standardizare (ISO-7730) a prevăzut pentru definirea confortului termic șase factori principali, adăugând la cei patru parametri ai microclimatului interior și intensitatea muncii i_M , exprimată în met^2 (degajare de căldură a omului) și rezistența termică a îmbrăcămintei R_{cl} , exprimată în clo^2 . Confortul termic ținând seama de felul activității și al îmbrăcămintei, poate fi apreciat și sub formă grafică (figura 1.8) pentru o valoare a umidității relative a aerului în încăpere $\phi_i=50\%$ și, indică astfel, temperatura optimă resimțită t_c în corelație cu rezistența termică a îmbrăcămintei R_{cl} sau R_h , cu intensitatea muncii i_M și cu energia metabolică M . Viteza aerului trebuie considerată $v_i=0$ pentru activități cu $i_M \leq 1$ met și $v_i=0,3$ pentru $i_M > 1$.

² 1 met = 58 W/m²

² 1 clo = 0,155 m²K/W

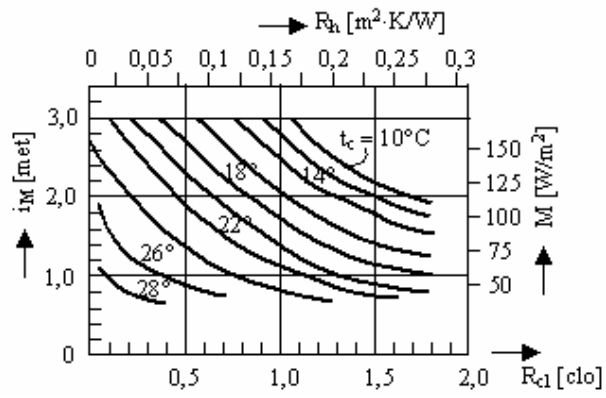


Figura 1.8. Temperatura optimă resimțită în corelație cu rezistența termică a îmbrăcăminte, cu intensitatea muncii și cu energia metabolică