

DISCONFORTUL TERMIC LOCAL ÎN CLĂDIRI ÎNCĂLZITE CU AER CALD

*Bogdan Marian Diaconu, Facultatea de
Inginerie, Universitatea "Constantin
Brâncuși" din Târgu-Jiu, Str. Eroilor, 30,
Targu-Jiu, Gorj, RO-210152, e-mail:
diaconu@utgjiu.ro*

*Mihai Cruceru, Facultatea de Inginerie,
Universitatea "Constantin Brâncuși" din
Târgu-Jiu*

LOCAL THERMAL DISCOMFO RT IN BUILDINGS HEATED WITH HOT AIR

*Bogdan Marian Diaconu, Engineering
Faculty, „Constantin Brâncuși” University
of Târgu-Jiu, Str. Eroilor, 30, Targu-Jiu,
Gorj, RO-210152, e-mail:
diaconu@utgjiu.ro*

*Mihai Cruceru, Engineering Faculty,
„Constantin Brâncuși” University of Târgu-
Jiu*

Rezumat. Confortul termic este o problemă-cheie în proiectarea de spații de locuit și echipamente HVAC. Schimbul radiativ între corpul uman și suprafețele înconjurătoare contribuie cu o pondere semnificativă la echilibrul energetic global, care determină confortul termic. Unele concepte arhitecturale moderne, cum ar fi suprafețe mari de geam sau bowindows devin tot mai frecvente mai ales în clădiri de birouri moderne avuante, cum ar fi estetica și lumină naturală, dar pot reduce confortul termic interior. Lucrarea analizează influența vecinătatea rece suprafețe pe confortul termic în spații de locuit.

Abstract. Thermal comfort is a key issue in design of living spaces and HVAC equipments. Radiative exchange between human body and surrounding surfaces contributes with a significant weight to the overall energy balance, which determines the thermal comfort.

Some modern architectural concepts such as large glazing surfaces or bowindows become increasingly common especially in modern office buildings have advantages such as aesthetics and natural light but can reduce the indoor thermal comfort.

The paper analyses the influence of cold surfaces vicinity on the thermal comfort in living spaces.

1. Introducere.

Schimbul radiativ între corpul uman și suprafețele incintei contribuie cu aproximativ 40% din soldul total de energie termică în condiții normale de trai. Prezența suprafețelor reci poate crește în mod semnificativ această valoare, chiar dacă temperatura aerului interior și umiditatea sunt menținute la valorile de proiectare. Chiar și sistemele fereastră cele mai eficiente din punct de vedere termic au de obicei temperaturi mai mici decât pereții datorită valorii mai mari a coeficientului global de transfer de căldură și inerției termice mai mici. Spre deosebire de pereți, suprafața vitrată poate să răspundă prompt la variația temperaturii exterioare sau variațiile intensității radiației solare.

Fluctuațiile de confort termic, prin urmare, sunt posibile mai ales în

1. Introduction

Radiative exchange between human body and enclosure surfaces contributes with approximately 40 % in the overall thermal energy balance under normal living conditions. The presence of cold surfaces can increase significantly this value even if the indoor air temperature and humidity are maintained at the design values. Even the most energy-efficient glazing systems have usually temperatures lower than walls due to the higher value of overall heat transfer coefficient and lower thermal inertia. Unlike walls, glazing areas respond promptly to outdoor temperature or solar irradiation variations. Thermal comfort fluctuations are therefore possible especially in locations close to the glazing areas. Thermal discomfort caused by large glazing areas is a problem especially in the cold season and

locații apropiate de zonele de geam. Disconfortul termic cauzat de zone mari de sticlă este o problemă mai ales în sezonul rece și nu pot fi eliminate prin încălzire suplimentară. Prin urmare, este esențial să se evalueze impactul radiative de schimb în faza de proiectare constructivă.

Schimbul radiativ între corpul uman și suprafețele înconjurătoare (suprafețele gri-difuze) este reglementată prin următoarea ecuație:

$$Q = \frac{\sigma(T_{hb}^4 - T_s^4)}{\frac{1 - \varepsilon_{hb}}{\varepsilon_{hb}A_{hb}} + \frac{1}{A_{hb}F_{hb-s}} + \frac{1 - \varepsilon_s}{\varepsilon_sA_s}} \quad (1)$$

În care s-au utilizat următoarele notații:

σ - constanta Stefan-Boltzmann:

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

T - temperatura absolută [K]

ε - factorul de emisie

A - aria suprafeței [m²]

F - coeficientul unghiular de radiație

Indicele hb se referă la corpul uman și s la suprafețele care delimitează incinta

Coeficientul unghiular diferențial de radiație între două arii elementare dA_1 și dA_2 este dat de:

$$dF_{1-2} = \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2}{\pi S^2} dA_2 \quad (2)$$

cu notațiile din Fig. 1.

cannot be eliminated by additional heating. It is therefore essential to assess the impact of radiative exchange in the building design phase.

Radiative exchange between human body and surrounding surfaces (grey-diffuse surfaces) is governed by the following equation:

with the following notations:

σ - Stefan-Boltzmann constant:

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

T - absolute temperature [K]

ε - surface emissivity

A - surface area [m²]

F - view factor

Index hb refers to human body and s to enclosure surfaces

View factor of differential areas dA_1 and dA_2 is given by:

with the notations presented in Fig. 1.

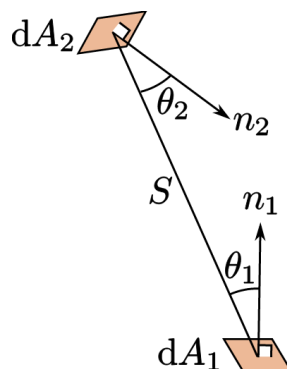


Fig. 1. Definiția coeficientului

Fig. 1. Definition of view factor

2. Metoda de analiză

Influența de schimb radiativ asupra confortului termic a fost investigată prin luarea în considerare o incintă constând din ziduri și suprafețe mari din zona geamurilor. Fluxul de căldură radiativ între corpul uman și suprafețele înconjurătoare a fost calculat folosind ecuația. (1). Poziția corpului uman față de suprafețele incintei a fost variat în nodurile unei grile dreptunghiulare pentru a avea o estimare a confortului termic în ansamblul incintei. Au fost făcute următoarele ipoteze:

Organismul uman a fost aproximat de către un paralelipiped cu dimensiunile $0.2 \times 0.4 \times 0.6$ m, plasat la $0,6$ m deasupra podelei. Fluxul de căldură total schimbate de către organismul uman și suprafețele a incintei a fost calculată pentru cinci suprafețe, după cum urmează: două suprafețe verticale cu dimensiunile 0.2×0.6 m; două suprafețe verticale cu dimensiunile 0.4×0.6 m; o suprafață orizontală cu dimensiunile 0.2×0.4 m. Doua configurații tipice au fost studiate ca în Fig. 2a și 2b.

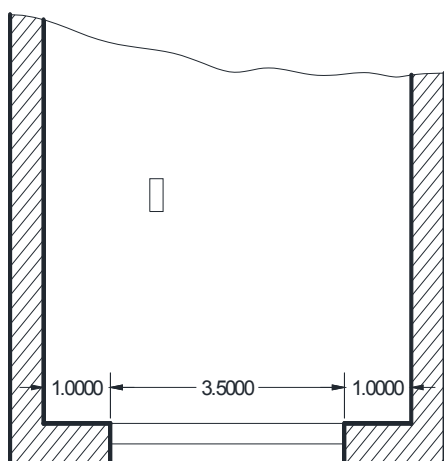


Fig. 2.a. Configurația A
Fig. 2.a. Configuration A

2. Analysis method

The influence of radiative exchange on thermal comfort was investigated by considering an enclosure consisting of walls and large area glazing surfaces. The radiative heat flow between the human body and the surrounding surfaces was calculated using Eq. (1). The position of the human body relative to the enclosure surfaces was varied in the nodes of a rectangular grid in order to have an estimation of the thermal comfort in the whole enclosure. The following assumptions were made:

The human body was approximated by a parallelepiped with the dimensions $0.2 \times 0.4 \times 0.6$ m placed at 0.6 m above the floor. The overall heat flow exchanged by the human body and the surfaces of the enclosure was calculated for five surfaces, as follows: two vertical surfaces with the dimensions 0.2×0.6 m; two vertical surfaces with the dimensions 0.4×0.6 m; one horizontal surface with the dimensions 0.2×0.4 m. Two typical configurations were studied as shown in Fig. 2a and 2b.

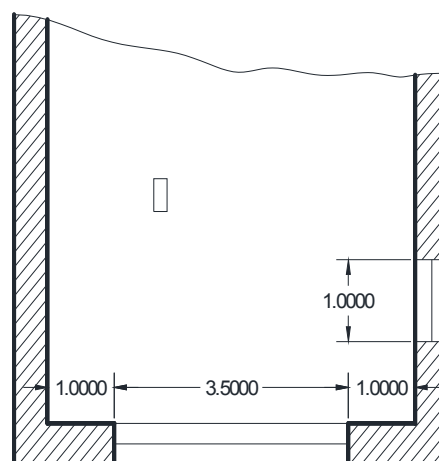


Fig. 2.b. Configurația B
Fig. 2.b. Configuration B

Valorile fluxului termic schimbat prin radiație au fost calculate în nodurile unei rețele ca în Fig. 3. S-au considerate următoarele valori ale temperaturii: corpul uman 32 °C; pereți 21 °C; suprafețe vitrate 13 °C. Valorile factorului de emisie au fost considerate astfel: corpul uman 0.6; pereți 0.8; suprafețe vitrate 0.3.

The heat flow values were calculated in the nodes of a rectangular grid as shown in Fig. 3. The following temperature values were considered: human body 32 °C; enclosure walls 21 °C; glazing areas 13 °C. Surface emissivity was considered as follows: human body 0.6; walls 0.8; glazing areas 0.3.

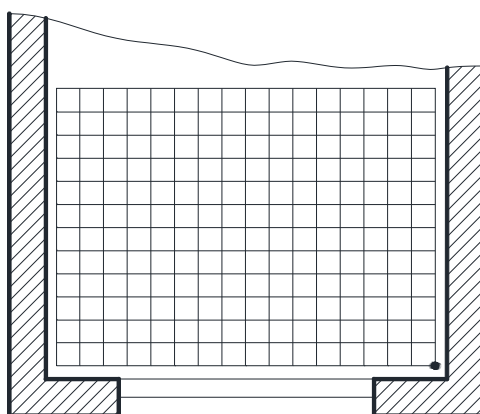


Fig. 3. Rețeaua de calcul a fluxului termic radiativ

Fig. 3. Computational grid used for evaluation of the radiative exchange

Valorile fluxului termic radiativ sunt prezentate în Fig. 4.

The heat flow values are presented in Fig. 4.

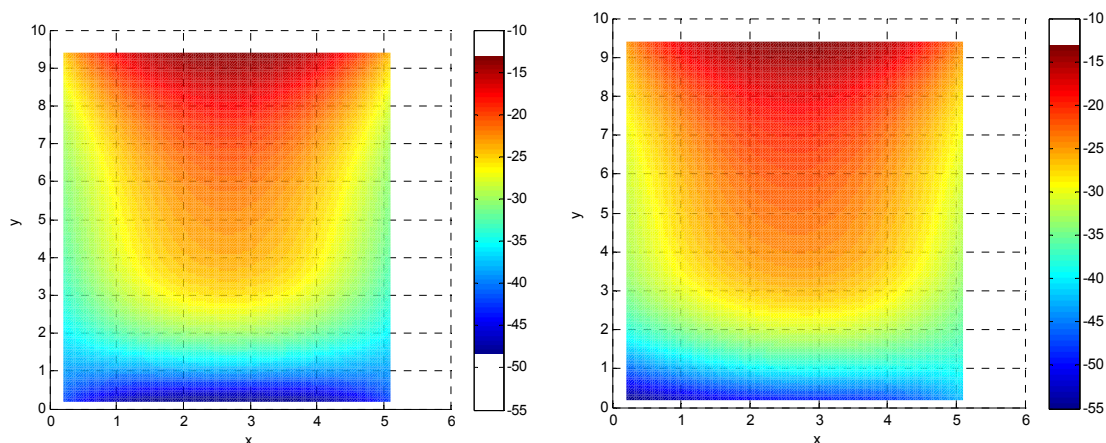


Fig. 4. Valorile fluxului termic radiativ pentru configurația A (stânga) și B (dreapta)

Fig. 4. Radiative exchange heat flow for configuration A (left) and B (right)

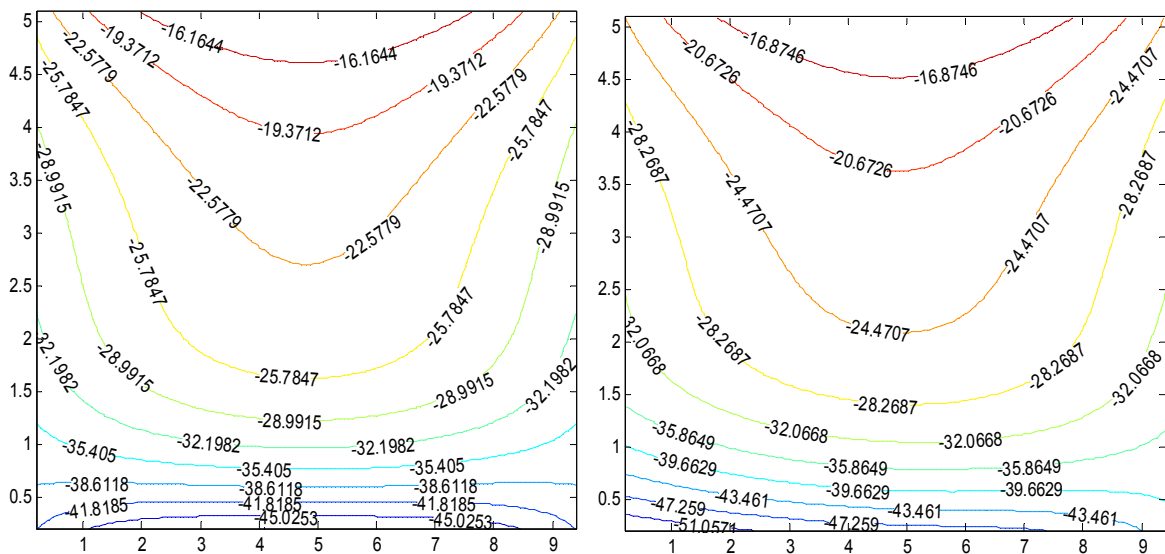


Fig. 5. Curbele de flux constant pentru configurația A (stânga) și pentru configurația B (dreapta)

Fig. 5. Iso-flux lines for configuration A (left) and B (right)

Analiza de figurile 4 și 5 arată că prezența celei de-a doua ferestre crește semnificativ fluxul radiativ în apropierea celor două suprafețe vitrate. Acest lucru este echivalent cu o înrăutățire a condițiilor de confort termic în zone apropiate de suprafețele vitrate.

The analysis of Figs. 4 and 5 reveals that the presence of the second window increases significantly the radiative exchange in the vicinity of the glazing area. It can be noted that radiative exchange is more intense in the vicinity of the glazing area than in the rest of the enclosure. This means that thermal comfort conditions are by far much worse in locations close to the glazing area.

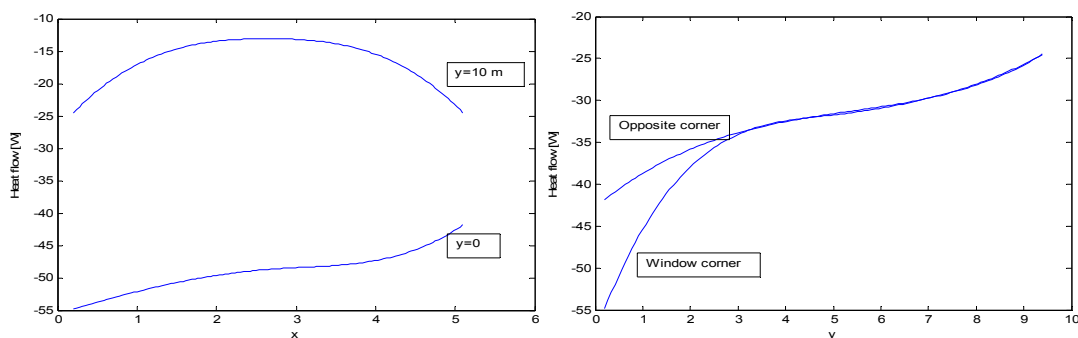


Fig. 6. Variația fluxului termic radiativ pe axele x și y pentru configurația B
Fig. 6. Variation of heat flow along x and y axes for configuration B

Variația fluxului termic radiativ de-a lungul axelor x și y este prezentată în Fig. 6. pentru configurația B. Prezența celei de-a doua ferestre crește fluxul termic radiativ

The variation of radiative heat flow along x and y axes is presented in Fig. 6. for configuration B. The presence of the second window increases the radiative exchange

cu mai mult de 10 W, ceea ce este în detrimentul confortului termic.

3. Concluzii

Simularea transferului de căldură prin radiație între corpul uman și suprafețele unei incinte a fost efectuată. În scopul de a evalua efectul dimensiunii suprafeței vitrate două configurații au fost studiate. S-a constatat că valori semnificativ mai mari de schimb radiativ au loc în prezența celei de-a doua fereastre, chiar dacă aceasta este semnificativ mai mică. Creșterea de schimbului radiativ generată de doua fereastră poate fi explicat prin poziția sa perpendiculară pe prima fereastră.

Confortul termic în spațiile de locuit este influențată într-o măsură semnificativă de suprafețele vitrate, mai ales în sezonul rece. Este esențial să se evalueze influența schimbului radiativ în spații de locuit în faza de proiectare, în scopul de a distribui corect pozițiile birourilor.

Bibliografie

1. Michael F. Modest, Radiative Heat Transfer, Academic Press 2003
2. John R. Howell, Thermal Radiation Heat Transfer, CRC Press 2010

with more than 10 W, which is significantly detrimental for thermal comfort.

3. Conclusions

Simulation of radiative exchange between the human body and the surfaces of an enclosure was carried out. In order to assess the effect of glazing area size two configurations were studied. It was found that significantly higher values of the radiative exchange occur in the presence of a second window, even though the second window is significantly smaller. The increase of radiative exchange generated by the second window can be explained by its position, which is perpendicular on the first window.

Thermal comfort in living spaces is influenced to a significant extent by the glazing areas especially in the cold season. It is essential to assess the influence of radiative exchange in the living spaces in the design phase in order to distribute properly the desk positions.

References

1. Michael F. Modest, Radiative Heat Transfer, Academic Press 2003
2. John R. Howell, Thermal Radiation Heat Transfer, CRC Press 2010