



A XVIII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
CLUJ NAPOCA, 2018

SISTEME EFICIENTE DE ÎNCĂLZIRE PRIN RADIAȚIE DE JOASĂ TEMPERATURĂ

Constantin ȚULEANU, Livia LEANCA, Tatiana COLOMIEȚ

LOW-TEMPERATURE RADIATION EFFECTIVE HEATING SYSTEMS

In the paper there are presented the results of the case studies on the thermal stability of office type functional rooms, carried out in the climatic conditions of the Republic of Moldova, for the winter and transition period, on heating them by low temperature under floor heating systems, managed from a technical point of view through intelligent automation systems.

Keywords: energy, comfort, heating, thermal component activation, capillary tubes, effectiveness

Cuvinte cheie: energie, confort, încălzire, temperare, tuburi capilare, eficiență

1. Introducere

Sistemele de instalații pentru climatizarea mediului interior sunt responsabile de peste 50 % din consumul de energie folosit pentru o clădire. Din totalul de energie al instalațiilor din clădiri, consumul pentru încălzire are cea mai mare pondere de circa 65 %, urmat de cel pentru prepararea apei calde de consum cu 15 % și cel de energie electrică (pentru iluminat și instalații electrice casnice) estimat la aproximativ 20 % .

La nivel mondial, atât guvernele cât și organizațiile non-guvernamentale, lucrează în scopul de a reduce consumul de energie,

poluarea și emisiile de gaze cu efect de seră. Acestea, prin crearea programelor concrete de scurtă, medie și lungă durată, sprijină și facilitează eforturile depuse în soluționarea acestor deziderate prin furnizarea de informații, propuneri de stimulente și resurse pentru a ajuta la direcționarea utilizatorilor spre o reducere globală a cheltuielilor de exploatare legate de energie.

Centrele științifice din lume preocupate de energetica clădirilor sunt în permanent preocupate de căutarea soluțiilor noi pentru eficientizarea energetică a sistemelor de instalații pentru încălzirea clădirilor. În acest sens, conjunctura energetică din ultimele decenii au făcut pași remarcabili în dezvoltarea tehnologiilor de încălzire prin suprafețe mari radiante, temperate de la surse de energie cu potențial redus.

Scopul prezentei lucrări este de a informa specialiștii preocupați de domeniul instalațiilor pentru construcții, precum și publicul larg pasionat de acest domeniu important, despre facilitățile pe care ne le pot prezenta astfel de tehnologii din punct de vedere energetic și a calității mediului interior.

2. Prezentarea mediilor de experimentare

Din start precizăm că investigațiile experimentale au fost efectuate pe baza a două încăperi funcționale, situate la ultimul nivel din blocul de studii al Facultății Urbanism și Arhitectura de la Universitatea Tehnică a Moldovei, masivitățile exterioare a cărora sunt orientate diferit față de punctele cardinale, la Sud - Vest și respectiv la Nord - Vest.

Masivitatea exterioară a încăperii orientate la Sud - Vest (figura 1a), include un perete exterior realizat din panouri de beton cu argilă expandată, termoizolat pe exterior cu un strat de vată minerală $\delta = 0,10$ m, trei ferestre termopan tip PVC cu vitraj dublu și terasa acoperișului la partea interioară a căreia este montat un tavan suspendat. Încăperea are o suprafață construită de $27,51 \text{ m}^2$.

În partea inferioară încăperea este delimitată de o pardosea radiantă constituită din trei circuite spirală realizate din tuburi de polietilenă reticulară, montate pe plăci de polistiren cu nuturi și racordate la un distribuitor – colector pe care se pot face reglaje de temperatură și debit.

Alimentarea cu energie termică a conturilor pardoselii radiante se realizează de la o microcentrală electrică autonomă având puterea de $6,0 \text{ kW}$.

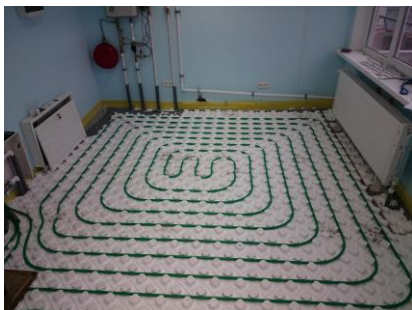


a)



b)

Fig. 1 Vederile de ansamblu a încăperilor experimentate
a - încăperea încălzită de la pardosea temperată; b - încăperea încălzită/răcită prin sisteme de țevi capilare



a.



b.

Fig. 2 Elemente componente a pardoselii radiante
a). Vederea montajului tuburilor circuitului trei; b). Distribuitor – colector

Încăperea orientată la Nord-Vest (figura 1b), la exterior este delimitată de un perete cu două ferestre tip PVC vitraj dublu, iar la partea superioară de un tavan fals, realizat din gipscarton aplicat pe terasa existentă a acoperișului.

Pe suprafețele interioare a elementelor de anvelopă (peretele exterior și tavanul fals al terasei) este montat un sistem de încălzire cu covoare capilare paralele, alcătuit din patru circuite independente cuplate la o pompă de căldură „aer-apă” tip NIBE (figura 1b). Încăperea are o suprafață de 37,3 m².

Pentru monitorizarea în timp real a evoluției temperaturilor aerului exterior și a celui din interiorul încăperilor experimentate, s-a folosit sistemul de operare activă WEBVISION al conceptului GFR de automatizări, cu care este dotată încăperea orientată la Sud-Vest.

În Figura 3 este prezentat panoul de automatizări conceput GFR cu elementele componente și interfața de operare a complexului de sisteme prin WEBVISION



Fig. 3 Vederea panoului de automatizări a complexului de instalații din dotarea încăperii experimentate

Vom preciza că, pardo-seala radiantă a încăperii orientate la Sud-Vest după structură a fost concepută și

realizată astfel, pentru a se putea investiga simultan și influența masivității acesteia asupra emisivității termice cu spațiul adiacent.

Temperaturile de la suprafața elementelor de anvelopă (opace și vitrate) și a fluxurilor de căldură prin acestea au fost măsurate cu ajutorul pirometrului cu unde infraroșii de tip OMEGA OS-620.

Pentru monitorizarea consumurilor de energie electrică sistemele de încălzire a celor două încăperi experimentate sunt dotate cu contoare electrice moderne.

3. Unele considerații conceptuale privind influența modului de încălzire asupra confortului termic

Problema influenței modului de încălzire asupra confortului termic din încăperi a fost și rămâne pe parcurs în atenția specialiștilor din domeniu. Un lucru important care s-a reușit în acest domeniu ține de introducerea noțiunii de *randament de transfer termic* al sistemului de încălzire, care în esență definește capacitatea sistemului de încălzire, de a asigura condițiile de confort termic, cu cele mai mici

costuri de investiție și exploatare, utilizând aparate și utilaje performante.

Ceea ce nu trebuie să piardă din vedere specialiștii preocupați de astfel de problematici, se referă la faptul că, toate sistemele de încălzire în condiții reale funcționează în regim variabil, impunându-se simultan și condiția de asigurare în orice moment a cerințelor necesare de confort termic din interior. Regimul nestaționar de funcționare a instalației de încălzire pe timp de iarnă este influențat de:

- solicitările variabile ale parametrilor exteriori care acționează asupra mediului interior, indirect, prin intermediul elementelor de construcție opace exterioare și direct prin cele vitrate (aporturi solare);

- solicitările variabile ale diverselor surse termice interioare (persoane, iluminat, aporturi de la încăperile vecine etc.);

- modul de exploatare al instalației de încălzire (funcționare continuă cu variația parametrilor agentului termic; funcționare intermitentă, după un program bine stabilit etc.);

- lipsa unei concordanțe dintre necesarul de căldură și puterea termică cedată de corpurile de încălzire.

Intervenția factorilor menționați asupra ansamblului instalație-clădire, influențează mai mult sau mai puțin, starea mediului interior al încăperilor. Aceste circumstanțe impun, în scopul asigurării unei stabilități termice înalte a încăperilor, adoptarea unor soluții adecvate de reglare automatizată a instalației (centrală, locală etc.), precum și a unor măsuri privind reabilitarea și modernizare construcțiilor și instalațiilor, pentru ca acestea să corespundă cât mai bine exigențelor cerute de noile reglementări cu privire la creșterea gradului de confort din clădiri.

Având în vedere că microclimatul din interiorul încăperilor este influențat și de aporturile de căldură (din interior sau exterior), care grație efectului de autoreglare reduc puterea termică cedată a corpurilor de încălzire, s-a introdus noțiunea de *randament de recuperare* a aporturilor, exprimat prin raportul:

$$\eta = \frac{Q_{nec.} - Q}{Q_A} \quad (1)$$

în care: $Q_{nec.}$ este fluxul de căldură cedat de corpurile de încălzire în absența aporturilor de căldură;

Q - fluxul de căldură cedat de corpurile de încălzire în prezența aporturilor de căldură,

Q_A - aporturile de căldură.

Ca urmare a unor măsurări efectuate în situ s-a stabilit că, randamentul η depinde de parametri stabiliți în regim continuu și este cu atât mai ridicat, cu cât temperatura suprafeței încălzitoare este mai scăzută.

Astfel, pentru corpuri de încălzire dimensionate după sistemul clasic, $\eta \geq 0,3$; pentru panouri radiante, cu temperatură joasă, $\eta \geq 0,6$; iar pentru încălzirea cu aer cald, $\eta \geq 0,7$.

Pentru ca această diferență dintre sistemele de încălzire să fie mai exact adusă în evidență, se recomandă de exprimat randamentul dat pe baza relației:

$$\eta = \frac{t_i - t_e}{t_{ag.} - t_e} \quad (2)$$

în care: t_i este temperatura aerului interior; $t_{ag.}$ - este temperatura medie a agentului termic, corespunzătoare sistemului de încălzire.

4. Rezultate experimentale obținute pe baza măsurărilor efectuate în situ

Folosind posibilitățile sistemului de operare activă WEBVISION al conceptului GFR de automatizări, în cadrul ciclului de experimentări, pentru încăperea orientată la Sud-Vest s-au studiat scenariile de variație în timp real a temperaturilor aerului interior și exterior, precum și a agentului termic de pe turul și returul instalației pentru încălzirea de pardosea. Lunar pentru încăperea dată s-au înregistrat și consumurile de energie electrică și termică.

Pe baza temperaturilor monitorizate, cu aplicarea relației (2), pentru cele mai reci cinci perioade a două sezoane consecutive (anii 2017 și 2018) de încălzire, s-au calculat randamentele de recuperare a aporturilor de căldură. Interpretările grafice a rezultatelor obținute pentru perioadele respective luate în analiză, modelate și simulate matematic cu aplicarea programul profesional ORIGIN, sunt prezentate în figura 4.

Vom preciza că, la prelucrarea masivului de date experimentale în ORIGIN, sau verificat mai multe modele de analiză matematică oferite de program, însă după cum s-a dovedit modelul liniar prezintă cele mai înalte rate de satisfacție R^2 .

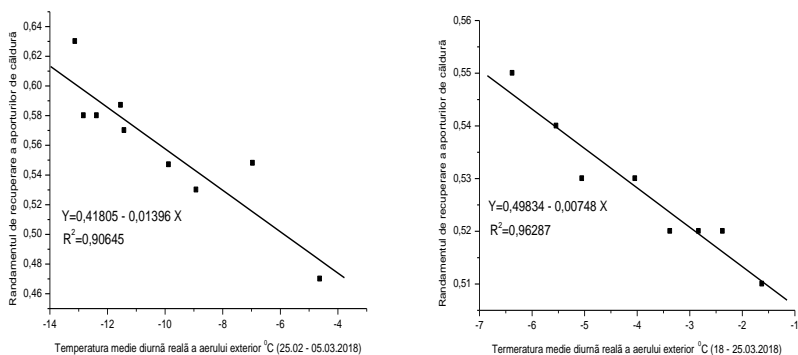


Fig. 4 Dependențele randamentului de recuperare a aporturilor de căldură (interioare și exterioare) funcție de temperaturile medii diurne reale a aerului exterior, pentru cele mai friguroase perioade a anilor de referință 2017 și 2018

După cum se vede din dependențele prezentate, randamentul de recuperare a aporturilor de căldură la încălzirea încăperii experimentate de la pardosele radiante de joasă temperatură, are o tendință de scădere cu creșterea temperaturii aerului exterior, dar în mediu corelează cu datele din literatura de specialitate obținute de alți cercetători, preluând valori apropiate de 0,6.

Pentru cazul încăperii orientate la Nord-Vest, încălzită de la suprafețe radiante (perete și tavan) temperate prin sisteme de țevi capilare paralele, prin care pe parcursul perioadelor de investigare s-a vehiculat agent termic cu temperatura medie de 30 °C, iar temperatura resimțită a aerului interior fiind menținută la nivel de 22 °C acest randament poate prelua valori superioare de 0,8.

Pentru a aduce în evidență facilitățile pe care le prezintă din punct de vedere energetic sistemele de încălzire cu țevi capilare paralele, în comparație cu sistemele tradiționale de încălzire prin pardoseli radiante, în cadrul ciclului de investigații s-au studiat consumurile de energie pentru cele două încăperi experimentate, aceste consumuri fiind specificate în tabelul 1 (Consumuri specifice de energie pe perioada de încălzire a anului).

Modelele matematice, care descriu adecvat consumurile energetice specifice a încăperilor experimentate, precum și interpretările grafice a acestor consumuri funcție de temperaturile medii lunare a aerului exterior, construite și analizate cu aplicarea programului ORIGIN sunt prezentate în figurile 5 și 6.

Tabelul 1

Anul de referință	Luna anului de referință luată în analiză	Consumul specific de energie electrică a încăperii orientate la Sud-Vest, Q^+ în kWh/m ² lună	Consumul specific de energie electrică a încăperii orientate la Nord-Vest, Q^{**} , în kWh/m ² lună	Abateri în consum a încăperilor experimentate, în %
2017	decembrie	15,82	8,71	44,9
2017	ianuarie	15,75	14,2	9,84
2017	februarie	15,59	12,1	22,4
2018	ianuarie	23,1	12,67	45,1
2018	februarie	19,84	12,45	37,2
2018	martie	15,95	11,74	26,4

Din punct de vedere practic, interes prezintă dependența comparativă a consumurilor specifice de energie pentru cele două moduri de încălzire practicate. În figura 7 sunt prezentate dependențele consumului specific de energie pentru cele două moduri de încălzire funcție de temperatura medie lunară, care destul de argumentat justifică avantajul energetic al încălzirii încăperilor de la panouri radiante, temperate de la sisteme de țevi capilare paralele prin care circulă agenți de joasă temperatură.

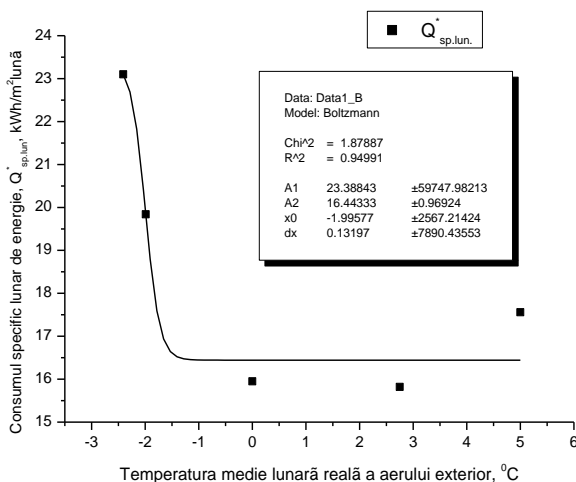


Fig. 5
Consumul specific de energie electrică al încăperii orientate la Sud-Vest (încălzită de la pardoseaua radiantă) funcție de temperatura medie lunară a aerului exterior (sezonul de încălzire 2017-2018)

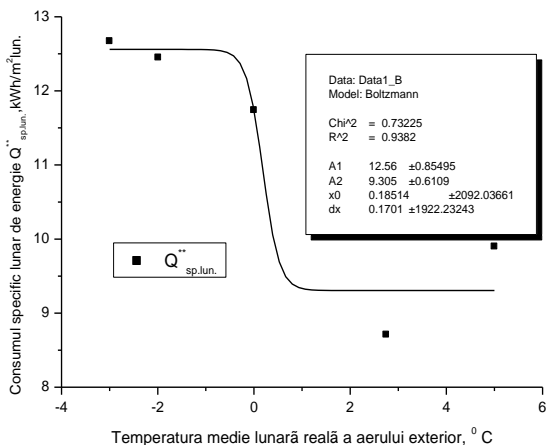


Fig. 6
Consumul specific de energie electrică al încăperii orientate la Nord - Vest (încălzită de la tavan și pereți cu sisteme de țevi capilare) funcție de temperatura medie lunară a aerului exterior (sezonul de încălzire 2017-2018)

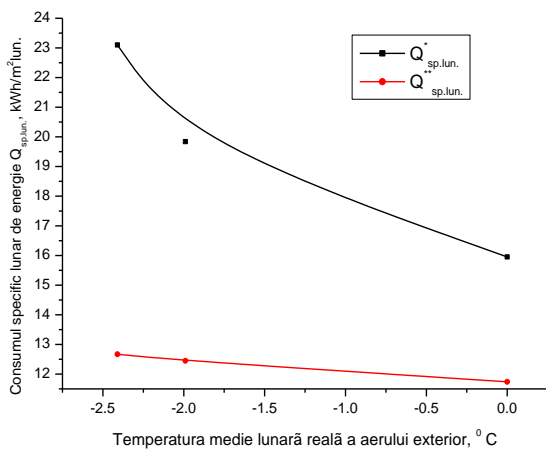


Fig. 7
Curbele comparative a consumului specific de energie electrică al încăperilor experimentate (Q* - încălzită de la pardosea, Q** - încălzită de la tavan cu țevi capilare) funcție de temperatura medie lunară a aerului exterior (sezonul de încălzire 2017-2018)

5. Concluzii

■ Analizând rezultatele studiului realizat pe baza a două încăperi funcționale încălzite de la suprafețe radiante concepute pe baza diferitor concepte de termoactivare, intervin următoarele concluzii:

1. Ambele concepții de sisteme urmăresc, pe cât posibil, prin mijloace proprii, asigurarea unor condiții de microclimat interior apropiate de cele optimale solicitate.

2. Recuperarea aporturilor de căldură este mai bună și mai eficientă la sistemul de încălzire cu țevi capilare paralele care utilizează agent termic cu temperatură mai scăzută ca cel de pardosea.

3. Din punct de vedere energetic în mediu cu aproximativ 30 % sistemul de încălzire de la panouri radiante, temperate de țevi capilare paralele cuplate cu pompe de căldură, este mai eficient față de sistemul tradițional de pardosea.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bogoslovshii, V., *Termofizica construcțiilor*. Moscova 1982. 415 p.
[2] Sârbu, I., Kalmar, Fr., *Optimizarea energetică a clădirilor*. ISBN 973-685-438-8, MATRIX ROM, București 2002. 390 p.
[3] Iordache, Fl., *Aspecte termo-energetice în domeniul clădirilor și sistemelor de alimentare cu căldură al acestora*. Culegeri de articole ISBN 978-606-25-0145-7. MATRIX ROM, București 2015, 194 p.

Conf. univ. Dr.Ing. Constantin ȚULEANU

Șef Departament „Alimentări cu Căldură, Apă, Gaze și Protecția Mediului”,
Președinte Onorific al Asociației Inginerilor de Instalații din Republica Moldova-
AIIRM, tel. +37369156422, email: ctuleanu@mail.ru.

Lector universitar Tatiana COLOMIEȚ – tel: +37379660321

Lector universitar, Livia LEANCA - tel: +37369075797

Departamentul „Alimentări cu Căldură, Apă, Gaze și Protecția Mediului”
Facultatea Urbanism și Arhitectură, Universitatea Tehnică a Moldovei