

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

Thermal behavior in non-standing heating / cooling heating systems through thermo-activated pipes with parallel capillar systems

Constantin Țuleanu¹, Livia Leanca², Tatiana Colomieț³

Universitatea Tehnică a Moldovei Or.Chişinău,
Bd. Ștefan Cel Mare 168, Republica Moldova

¹ E-mail: ctuleanu@mail.ru

² E-mail: lica-041@mail.ru

³ E-mail: vadim-kvv@ayndex.ru

Rezumat: *Lucrarea tratează rezultatele experimentale privind comportamentul termic dinamic al unei săli de studiu, răcită / încălzită de un tavan activat termic printr-un sistem de tuburi capilare paralele, prin care circulă un agent de joasă energie. S-a studiat evoluția variației în timp real a temperaturii aerului interior și exterior, amplitudinile zilnice de oscilație ale acestor parametri în timpul zilei și gradul de stabilitate termică a camerei experimentate în perioada cea mai rece / cea mai caldă din an.*

Cuvinte cheie: *Energie, încălzire, răcire, tuburi capilare, eficiență*

Abstract: *The paper deals experimental results regarding the dynamic thermal behavior of a study room, cooled/heated from a thermo-activated ceiling through a system of parallel capillary tubes, through which a low energy agent circulates. It was studied the evolution of variation in real-time of indoor and outdoor air temperatures, the daily oscillation amplitudes of these parameters during the day and the degree of thermal stability of the experienced room during the coldest/warmest period of year.*

Key words: *Energy, heating, cooling, capillary tubes, efficiency.*

1. Introducere

Crizele energetice globale care amenință în permanență umanitatea, impun necesitatea schimbării concepțiilor de proiectare și execuție a clădirilor și instalațiilor care asigură confortul ambiental din acestea.

În Uniunea Europeană, toate guvernele sunt preocupate în permanență de căutarea fondurilor pentru sprijinirea cu investiții a resurselor regenerabile de energie, în scopul reducerii consumului de resurse energetice fosile (limitate) și a poluării mediului înconjurător cu GES.

Intelectualitatea tehnică contemporană are datoria să influențeze piața, investitorii, guvernele și clienții, în sensul adoptării soluțiilor performante de asigurare a climatului optim în clădiri, pentru realizarea sistemelor de încălzire și de răcire cu aplicarea celor mai performante tehnologii noi.

Prin prezenta lucrare se încearcă de a aduce în evidență, pentru inginerii instalatori și beneficiarii de clădiri, precum și publicul larg din țară, performanțele tehnice și beneficiile energetice care pot fi atinse la încălzirea și răcirea spațiilor prin suprafețe radiante mari, temperate prin sisteme de țevi capilare paralele, cuplate la pompe de căldură „aer-apă”.

2. Prezentarea încăperii experimentate

Pentru a scoate în evidență și justifica avantajele tehnice și energetice a instalațiilor de încălzire/răcire cu sisteme de țevi capilare paralele, aplicate pe elemente de construcție cu suprafețe mari, s-a optat pentru efectuarea unui studiu experimental amplu, cu privire la stabilitatea termică a încăperilor dotate cu astfel de sisteme. Cercetările experimentale au fost efectuate pentru o încăpere funcțională, situată la ultimul nivel al clădirii blocului de studii de la Facultate Urbanism și Arhitectură a Universității Tehnice din Republica Moldova.

Încăperea este delimitată față de exterior de un perete cu două ferestre de tip PVC termopan cu vitraj dublu și un tavan fals, realizat din gipscarton aplicat pe terasa existentă a acoperișului. Pe suprafața elementelor de anvelopă exterioare (peretele exterior și tavanul fals al terasei) a fost montat un sistem de încălzire/răcire cu covoare capilare paralele, alcătuit din patru circuite independente figura 1.



Fig. 1. Poziții de montaj a covoarelor de capilare Clina aplicate pe elementele de anvelopă a încăperii experimentate.

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

Circuitele montate pe peretele exterior au fost concepute doar pentru încălzirea spațiului încăperii pe perioada de iarnă, iar cele de pe tavan pentru încălzire/răcire, funcție de sezon. Sistemul de încălzire/răcire al încăperii este cuplat cu o pompă de căldură *aer-apă* model NIBE, figura 2.

Sistemul de automatizări integrat în structura instalației de încălzire/ răcire cu țevi capilare, permite monitorizarea și stocarea parametrilor termici de confort în timp real, asigurând o gestiune tehnică perfectă a sistemului prin închiderea sau deschiderea circuitelor de capilare la comanda termostatului instalației, funcție de temperatura curentă a aerului din interiorul încăperii experimentate.



Fig. 2. Cuplajul sistemelor de încălzire/răcire cu pompa de căldură aer-apă.

Monitorizarea variațiilor temperaturii aerului interior din încăperea experimentată și a aerului exterior s-a realizat la distanță prin WiFi, folosind un sistem integrat modern de automatizare conceput GFR, care utilizează software-ul inovator WEBVISION.

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 din dotarea încăperii experimentate.

Temperaturile suprafețelor de anvelopă termoactivate (perete exterior, tavan) și densitatea fluxurilor de căldură emise de acestea au fost măsurate cu ajutorul pirometrului digital cu unde infraroșii tip OMEGA OS-620.

Consumurile de energie la funcționarea sistemului de încălzire prin cuplaj cu pompa de căldură *aer-apă* au fost monitorizate din 24 în 24 ore prin citirea indicațiilor contorului integrat în structura sistemului. Pentru cercetarea câmpului de temperaturi din spațiul interior al încăperii experimentate s-a folosit o rețea de senzori de temperatură, montați la înălțimea de 1,5 m de la nivelul pardoselii, indicațiile acestora fiind citite și înregistrate orar.

3.Rezultate experimentale

Din start precizăm că, investigațiile au fost efectuate pentru sezonul de iarnă și vară la condiții climatice nestaționare reale.

În perioada de iarnă - studiile de caz s-au efectuat pentru cele mai friguroase luni (ianuarie și februarie) a sezonului de iarnă a anului curent.

Este important de menționat că sistemul de încălzire cu capilare pe perioada de iarnă a funcționat la temperaturi joase a agentului termic, 28 – 32°C pe tur și respectiv 26 – 28 °C pe retur, asigurându-se la aceste ecarturi de temperaturi puteri relativ mari de încălzire - 50 70 W/m².

Din punct de vedere practic prezintă interes timpul (reacția) de preîncălzire și răcire a a masivității construcției de către astfel de sisteme, altfel spus, durata de timp necesară pentru ca emisiile termice a elementelor de construcție termoactivate să atingă valorile optime a puterii de încălzire 50 60 W/m².

În acest sens, precizăm că sistemul de încălzire a încăperii experimentate a răspuns acestor cerințe în timp de 57 min, iar condițiile de confort termic solicitate (temperatura resimțită) a aerului din spațiul încăperii experimentate, fiind atinse pe o durată nu cu mult mai mare, de circa 73 minute (o oră și 13 minute).

Scenariile de variație a temperaturilor aerului interior și exterior pentru cele mai friguroase perioade a lunilor de iarnă a anului curent sunt prezentate în figurile 4 și 5.

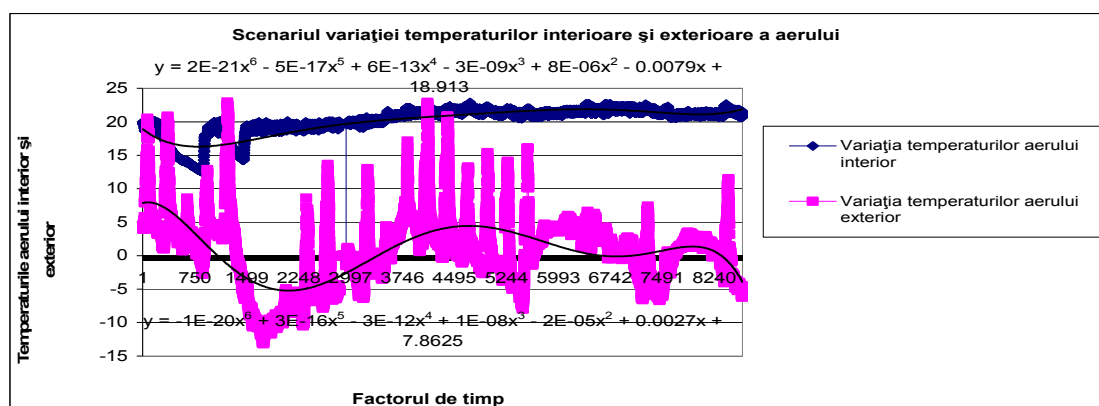


Fig. 4. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pentru cea mai friguroasă perioadă a lunii ianuarie.

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

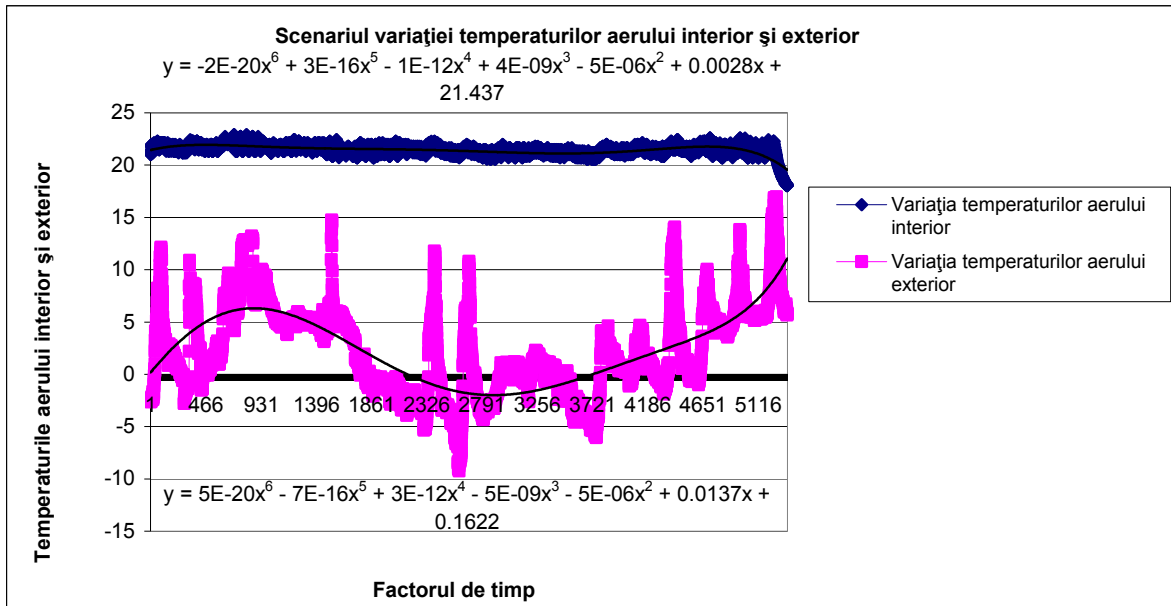


Fig. 5. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pentru cea mai friguroasă perioadă a lunii februarie.

Scenariile de variație a temperaturilor aerului interior din încăperea experimentată și a celui exterior, pentru cele mai friguroase zile a lunii ianuarie, precizând că temperaturile au fost monitorizate în timp real prin intermediul programului WEBSION al conceptului GFR de gestionare tehnică avut în dotarea laboratorului, sunt prezentate în figura 6.

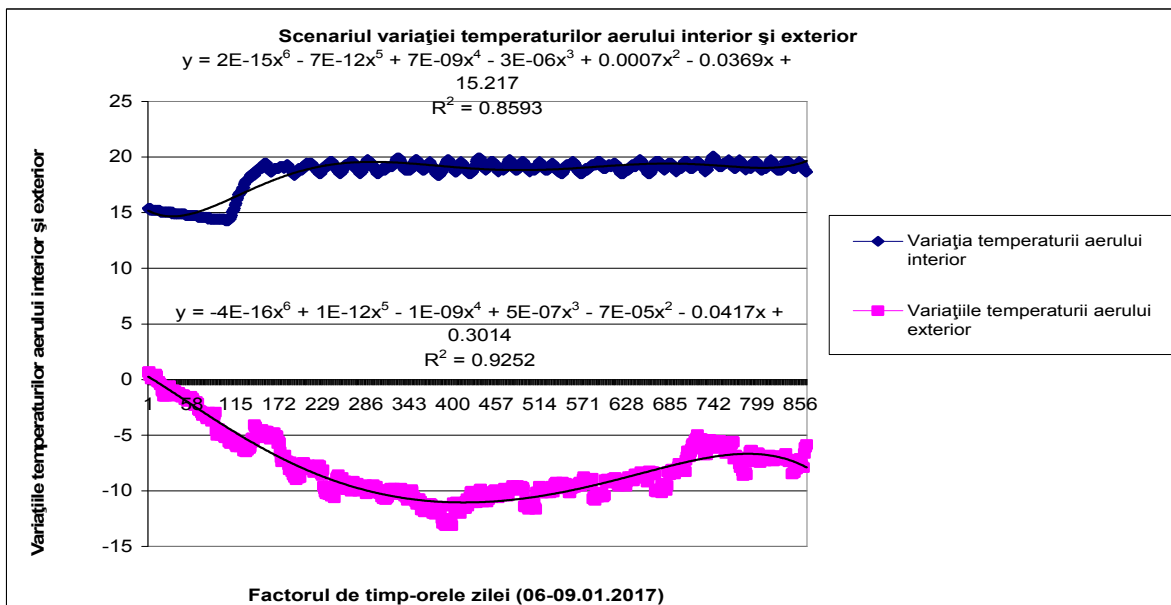


Fig. 6. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pentru cele mai friguroase zile a lunii ianuarie (06 – 09.01.2017).

Constantin Țuleanu, Livia Leanca, Tatiana Colomieț

Graficile variației diurne a temperaturilor aerului interior și exterior, precum și scenariile variației diurne a amplitudinilor de oscilație a acestor temperaturi, au fost construite și optimizate cu aplicarea programului profesional ORIGIN v. 6.0.

În figura 7 este prezentat scenariul variației diurne a temperaturilor și amplitudinilor lor de oscilație a aerului interior și exterior pentru cea mai friguroasă zi a anului curent 07.01.2017.

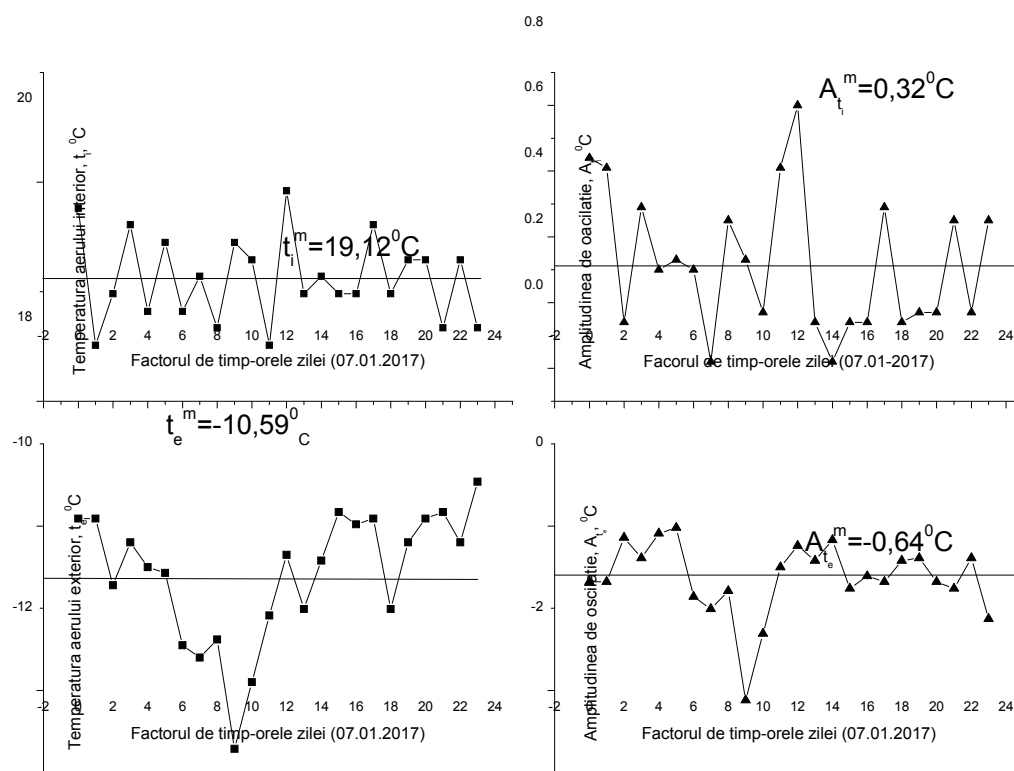


Fig. 7. Scenariile variației diurne a temperaturilor și amplitudinilor de oscilație a aerului interior și exterior pentru cea mai friguroasă zi a anului curent.

Ținem să remarcăm că, astfel de scenarii au fost studiate pentru cele mai friguroase cinci zile a lunii ianuarie din anul curent, scenarii care din lipsa de spațiu în prezenta lucrare nu se prezintă.

În scopul evidențierii gradului de asigurare a stabilității termice a încăperii experimentate, pe baza scenariilor studiate, s-a examinat dependența variației amplitudinilor medii diurne de oscilație a aerului interior și exterior, funcție de variația temperaturilor medii diurne a aerului exterior, diagrama respectivă fiind prezentată în figura 8.

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

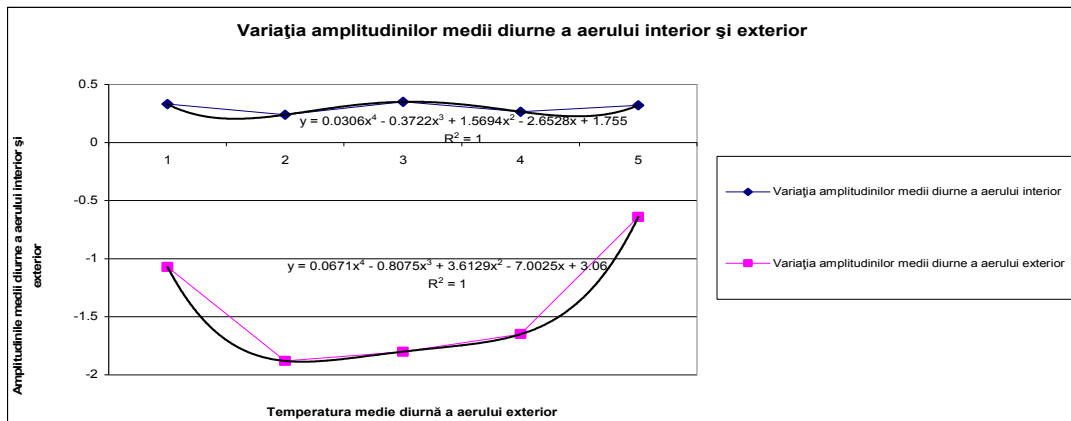


Fig. 8. Diagrama variației amplitudinilor medii diurne a aerului interior și exterior funcție de temperatura medie diurnă a aerului exterior pentru cele mai friguroase cinci zile a lunii ianuarie din anul curent.

Analizând scenariile și diagramele de variație a temperaturilor aerului exterior și interior studiate, justificat se poate argumenta că în cazul încălzirii spațiilor de la suprafețe de construcție mari, termoactivate prin sisteme de țevi capilare paralele înglobate în acestea, la vehicularea prin ele a agenților de joasă temperatură, datorită procentului mare de schimb de căldură prin radiație (în jur de 85 %), se poate asigura simultan o stabilitate termică înaltă și un confort termic deosebit de ridicat, precum și a unei temperaturi de radiație cu o valoare apropiată de temperatura încăperii.

În perioada de vară - sistemul de răcire cu capilare a funcționat la temperaturi a agentului termic, 17 – 18 °C pe tur și respectiv 21 – 22 °C pe retur, asigurându-se la aceste ecarturi de temperaturi puteri de răcire în plaja - 29 45 W/m².

Scenariile de variație a temperaturilor aerului interior din încăperea experimentată și a celui exterior, monitorizate în timp real prin intermediul programului WEBSION al conceptului GFR de gestionare tehnică sunt prezentate în figurile 9, 10 și 11.

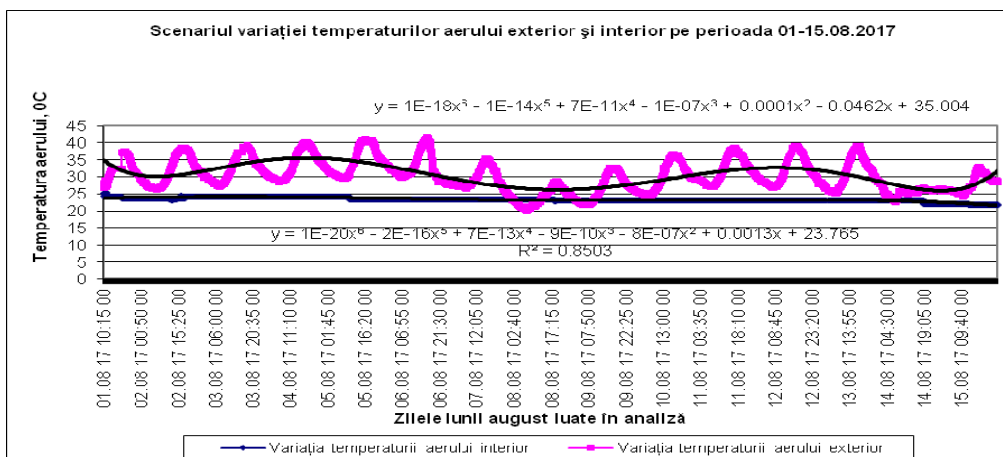


Fig. 9. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pe perioada cea mai caldă a sezonului de vară din anul curent.

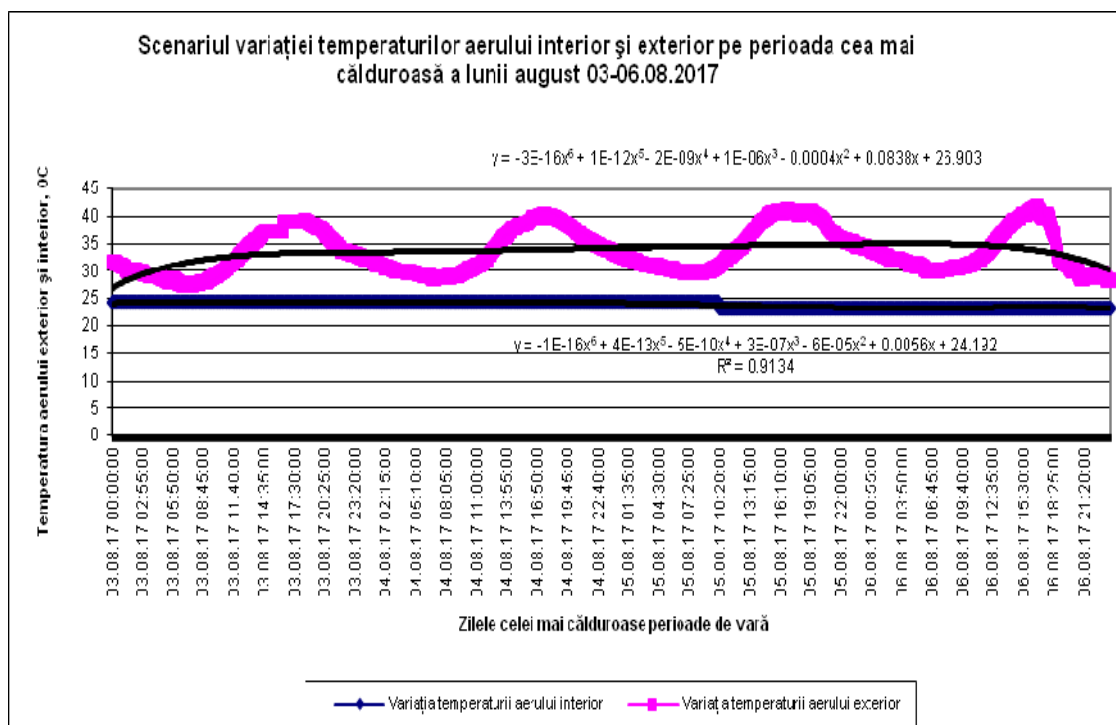


Fig. 10. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pe perioada cea mai caldă a lunii august din anul curent

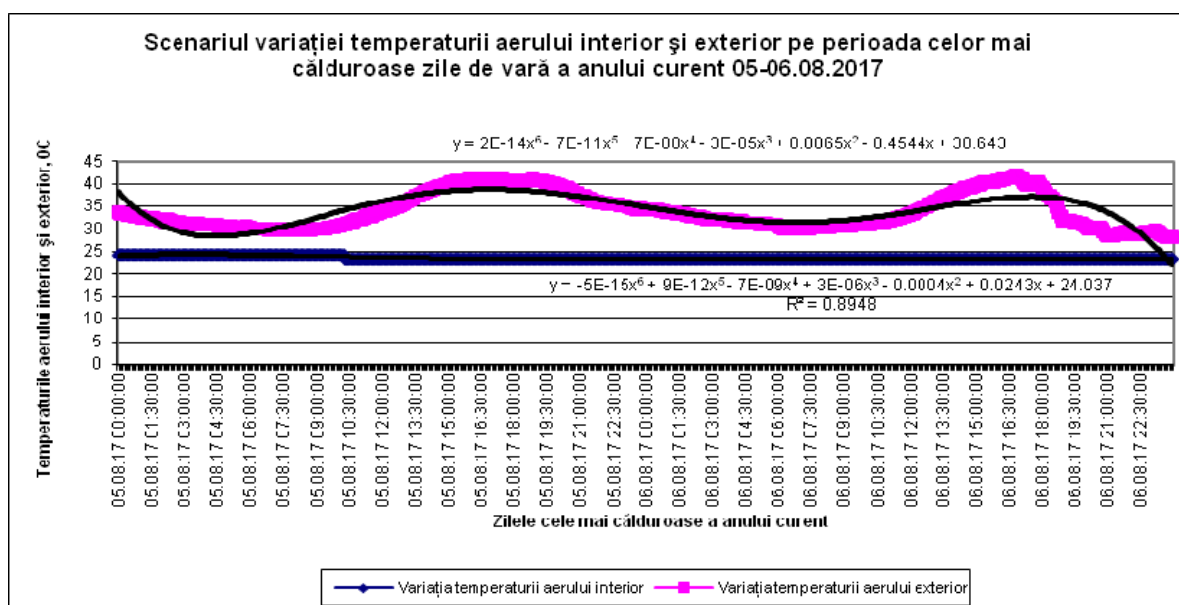


Fig. 11. Scenariul variației temperaturilor aerului interior și exterior pe perioada celor mai călduroase zile a lunii august din anul curent

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

În scopul identificării nivelului de stabilitate termică a încăperii experimentale, și în acest caz s-au studiat evoluțiile de variație a amplitudinilor de oscilație a temperaturilor aerului interior și respectiv exterior pentru cele mai călduroase zile a lunii august, graficele respective pentru cea mai călduroasă zi a sezonului de vară, construite și optimizate cu aplicarea programului profesional ORIGIN v. 6.0, sunt prezentate în figura 12.

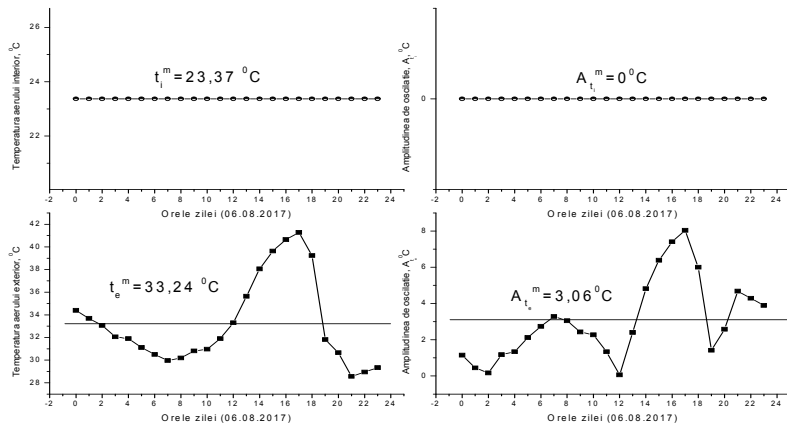


Fig. 12. Scenariile variației a temperaturilor aerului interior respectiv exterior și amplitudinilor de oscilație pentru cea mai călduroasă zi a sezonului de vară din anul curent.

Din punct de vedere al asigurării stabilității termice a clădirilor (încăperilor) interes prezintă evoluția variației în timp real a amplitudinilor medii diurne de oscilație a aerului interior și respectiv exterior funcție de dinamica schimbării temperaturilor medii diurne a aerului exterior. În prezenta lucrare această evoluție a fost studiată pentru săptămâna cea mai călduroasă a sezonului de vară din anul curent, scenariul respectiv de variație este prezentat în figura 13.

Interes deosebit din punct de vedere al respectării condițiilor de confort termic, prezintă distribuția temperaturilor din spațiile adiacente suprafețelor termoactivate pentru răcire sau încălzire.

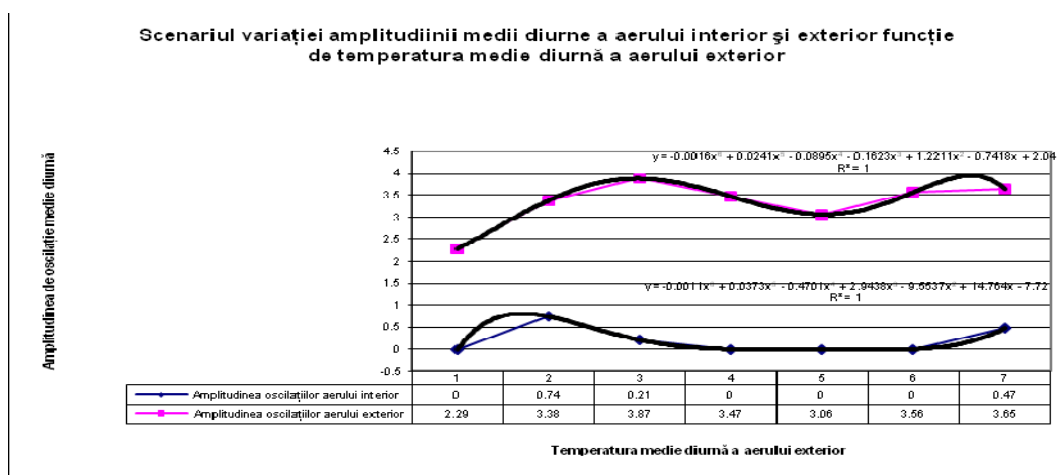


Fig. 13. Evoluția variației amplitudinilor medii diurne a aerului interior respectiv exterior pentru cea mai caldă săptămână a sezonului de vară din anul curent.

În figurile 14 și 15 sunt prezentate pânzele distribuției temperaturilor din spațiul adiacent tavanului răcit al încăperii experimentate, măsurate la înălțimea 1,5 m de la nivelul pardoselii.

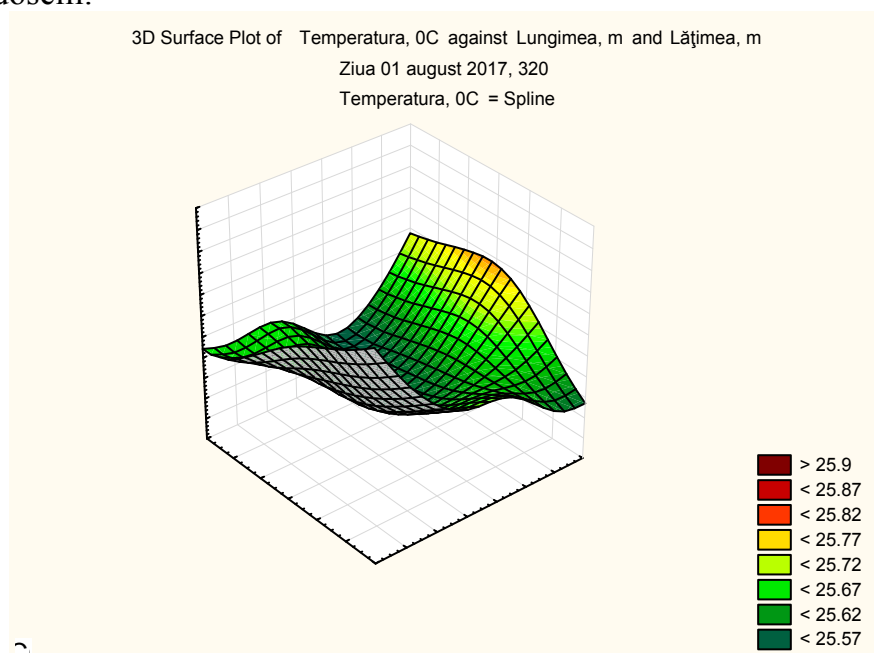


Fig. 14. Pânza câmpului de temperaturi studiată pentru data de 01 august 2017

Comportamentul termic în regim nestaționar al încăperilor încălzite/răcite de la tavane termoactivate cu sisteme de țevi capilare paralele

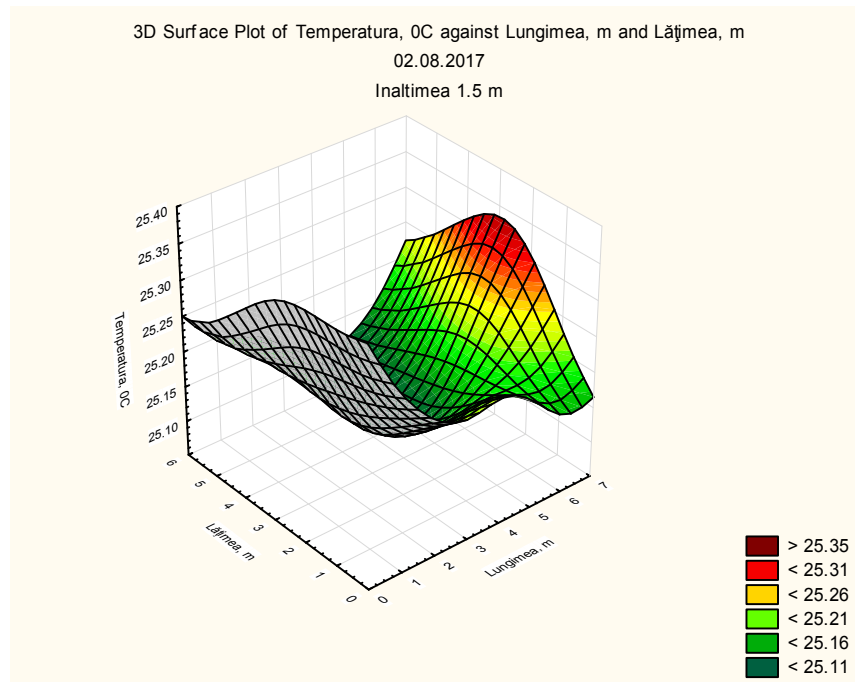


Fig. 15. Pânza câmpului de temperaturi studiată pentru data de 02 august 2017

Se cunoaște că, pentru încăperi răcite sau încălzite de la suprafețe radiante mari, sunt inadmisibile gradientele mari a temperaturii pe înălțimea încăperii. Conform teoriei regimului termic de vară diferența de temperaturi „picioare-cap” nu trebuie să depășească $2,5^{\circ}\text{C}$.

În cadrul ciclului de experimentări efectuate, respectarea acestei condiție a fost studiată pentru perioada celor mai călduroase zile a sezonului de vară, gradientul de temperatură pe înălțime încăperii experimentate, obținut în rezultatul studiului se încadrează în plaja $0,5 - 0,55^{\circ}\text{C}$. Amplitudinea medie de oscilație a temperaturii aerului din interiorul încăperii experimentate pe înălțime, pentru aceeași perioadă a sezonului de vară este de $A_{ti}^m = 0,25^{\circ}\text{C}$.

În rezultatul studiilor efectuate s-a constatat că, în încăperea experimentată indiferent de variațiile climatice din exterior, la răcirea prin intermediul suprafețelor mari activate prin covoare din țevi capilare paralele, la temperaturi joase a agentului termic vehiculat prin acestea, datorită procentului mare de schimb de căldură prin radiație, se poate asigura un confort termic deosebit de ridicat și a unei temperaturi de radiație cu o valoare apropiată de temperatura încăperii.

4. Concluzii

Analizând scenariile și diagramele de variație a temperaturilor aerului exterior și interior studiate, justificat se poate argumenta că în cazul încălzirii/răcirii spațiilor de la suprafețe de construcție mari, termoactivate prin sisteme de țevi capilare paralele înglobate în acestea, la vehicularea prin ele a agenților de joasă temperatură, se poate

asigura simultan o stabilitate termică înaltă și un confort termic, grație ponderii mari a transferului de căldură prin radiație, destul de ridicat.

Sistemele de încălzire prin tuburi capilare paralele, studiate atunci când sunt operate cu agenți termici de temperatură scăzută ($28 \dots 32^\circ \text{C}$ pe tur și $26 \dots 28^\circ \text{C}$ pe retur) pot oferi puteri de încălzire relativ ridicate de $50 \dots 70 \text{ W} / \text{m}^2$.

Pentru a atinge puteri optime de încălzire a tavanului temperat din încăperea experimentată, în plaja de $50 \dots 70 \text{ W} / \text{m}^2$, este necesar de o durată pentru preîncălzirea șapei tavanului, pe care este montat sistemul de țevi capilare paralele de cel mult 57 minute.

Sensibilitatea la confortul termic corespunzătoare nivelelelor 0 (neutru) sau +1 (ușor cald) stabilite în conformitate cu sub-scala ASHRAE, poate fi atinsă pe o durată de cel mult 73 minute.

Ecarturile reduse de temperatură a agentului termic ($17 \dots 32^\circ \text{C}$), vehiculat prin sistemul de țevi capilare paralele, face posibilă utilizarea în astfel de sisteme de încălzire/răcire a orice tipuri de resurse energetice regenerabile (energie solară, geotermală, etc), precum și compatibilizarea lor cu toate tipurile de pompe de căldură.

Grație ratei ridicate de schimb de căldură prin radiație (aproximativ 85%), sistemele de încălzire/răcire cu țevi capilare paralele au un efect pozitiv asupra corpului uman, metabolismului și sănătății în general. Sentimentul confortului termic oferit de sistemele capilare permite un grad înalt de confort în încăpere.

Bibliografie

[1] Baro L., Încălzirea centrală și răcire „high tech” cu sisteme de țevi capilare paralele Clina. Promax Engineering, 2016.

[2] Baro L., Cel mai eficient sistem de încălzire/răcire din lume este accesibil acum și în Republica Moldova. Tehnologiile Mileniului Trei. Revista tehnică de specialitate a Asociației Inginerilor de Instalații din Republica Moldova, ISSN 2345-1327-5. Chișinău, 2017.

[3] Mateescu D., Ciocan V., Burlacu A., Luciu R., Asigurarea microclimatului în clădiri de cult. Mărturii istorice. Conferința tehnico-științifică cu participare internațională. Instalații pentru Construcții și Economia de Energia, ISSN 2069-1211. Iași, România, 2014.

[4] Mateescu D., Luciu R., Unele aspecte privind modernizarea instalațiilor în clădirile de cult. Conferința tehnico-științifică cu participare internațională. Instalații pentru Construcții și Economia de Energia, ISSN 2069-1211. Iași, România, 2014, 93-98.

[5] Țuleanu C., Leanca L., Colomieț T. Dynamic thermal behavior of high coatings through thermo-acoused ceilings with parallel capiles systems. Lucrările conferinței tehnico-științifice Instalații pentru Construcții ”Energie, Eficiență, Confort”. Ediția I. ISSN 2559-6985. Brașov. România. 2017.

[6] Țuleanu C., Leanca L., T. Colomieț. Dynamic thermal behavior of high coatings through thermoacoused ceilings with parallel capilesystems. Conferința tehnico-științifică ENERGIE, EFICIENȚĂ, CONFORT. Ediția I. Brașov România 2017. ISSN 2559-69.85. 6 p.

[7] Țuleanu C., Leanca L., S. Țuleanu, T. Colomieț, A. Țuleanu. Studii de caz privind stabilitatea termică a încăperilor funcționale de tip birou încălzite prin sisteme radiante de presiune joasă. Revista de Instalații a AIIR nr. 2/2017. Editor MATRIX ROM București-România 2017. ISSN: 2457-7456. 6 p. 0,37 c.t.

[8] Țuleanu C., Leanca L., S. Țuleanu, T. Colomieț, A. Țuleanu. Studii de caz privind stabilitatea termică a încăperilor funcționale de tip birou încălzite prin sisteme radiante de pardoseală. Conferința de instalații cu participare internațională. INSTALAȚII PENTRU ÎNCEPUTUL MILENIULUI TREI. Ediția a 51-a. Sinaia. România 2017. ISBN: 978 – 606-25-0285-0. 8 p. 0,5 c.t.