

Revista Română de Inginerie Civilă

Volumul 1 (2010), Numărul 2
ISSN 2068-3987

Modelul fizic global de ardere a masivului și a stratului de combustibil, la arderea cu gazeificare	63-78
<i>Nicolae Antonescu, Niculae Antonescu, Dan-Paul Stănescu</i>	
Tehnici de intensificare a transferului de căldură la vaporizarea globulară	79-87
<i>Emilian Ștefan Valea, Ioan Sârbu</i>	
Tratarea nămolului și producția de biogaz la Stația de Epurare Oradea	89-97
<i>Gheorghe-Costantin Ionescu, Emil Gligor, George-Lucian Ionescu</i>	
Modular dynamic model for absorption systems simulation	99-107
<i>Dragoș Hera, Cătălina Vasilescu, Carlos Infante Ferreira</i>	
Reglarea puterii termice livrate de instalațiile interioare de încălzire centrală, factor important în economia consumului de energie	109-117
<i>Florin Iordache, Vlad Iordache</i>	
Soluții tehnice pentru reducerea nivelului de zgomot propagat la funcționarea unei spălătorii auto	119-125
<i>Mariana Cristina Stan, Mircea Alexe</i>	
Managementul proiectelor	127-132
<i>Nicolae Postăvaru</i>	

Revista Română de Inginerie Civilă

Revistă editată de
MATRIX
ROM

Colegiul editorial:

Prof. dr. ing. Dragoș Hera, *UTC București*

Prof. dr. ing. Ovidiu Ianculescu, *director editorial*

Prof. dr. ing. Ion Mirel, *UP Timișoara*

Prof. dr. ing. Octavia Păucescu, *UTC București*

Prof. dr. ing. Daniela Preda, *UTC București*

Prof. dr. ing. Gabriel Tatu, *UTC București*

Prof. dr. mat. Romică Trandafir, *UTC București*

Ionescu Gheorghe – Oradea

Florin Iordache – UTCB

Nicolae Postavaru – UTCB

Ioan Tuns – Brasov

Ioan Sirbu - Timisoara

ISSN 2068-3987

MATRIX ROM

CP 16-162

062510 – BUCUREȘTI

Tel. 021 4113617 Fax. 021 4114280

e-mail: office@matrixrom.ro

www.matrixrom.ro

Modelul fizic global de ardere a masivului și a stratului de combustibil, la arderea cu gazeificare

Physical model for the combustible element and for the combustible layer ignition and burning process, in burning with gasification systems.

Nicolae Antonescu, Niculae Antonescu, Dan-Paul Stănescu

UTC București – Facultatea de Inginerie a Instalațiilor
București, sector 2, blv. Pache Protopopescu 66, Romania
E-mail: nicuant@yahoo.com

Rezumat. *Arderea inversă, denumită și ardere cu gazeificare, este tot mai des folosită la cazanele mici cu combustibil solid lemn. În lucrare se propun modele fizice originale atât pentru fenomenul de aprindere cât și pentru ardere, care să explice parametrii funcționali constatați în experimentări de laborator și măsurări pe instalații in-situ. Rezultatele modelării sunt concordante cu experiența practică și își găsesc aplicabilitatea în proiectarea, automatizarea și exploatarea cazanelor de acest fel.*

Cuvinte cheie: cazane, gazeificare, ardere inversă, combustibil lemnos, ardere, aprindere

Abstract. *Reverse solid fuel combustion, also called burning with gasification, has been increasingly used in small boilers with solid fuel wood. The paper proposes some original physical models for the phenomenon of ignition and combustion, explaining the functional parameters observed in laboratory experiments and determined by in-situ measurement. The modeling results are consistent with practical experience and find applicability in the design, automation and operation of such boilers.*

Key words: boilers, gasification, wood fuel, burning, ignition.

1. Cadru general

În cazul arderii cu gazeificare, denumită curent ardere inversă, datorită propagării frontului de flacără în contracurent cu aerul de ardere, se pot realiza rezerve semnificative de combustibil printr-o grosime foarte mare de strat, deoarece fenomenul de aprindere necontrolată a stratului, ca la arderea directă, nu mai apare. Astfel se realizează autonomii de funcționare cu o durată mare, de până la 12 ore de funcționare normală (la 50 % din sarcina nominală).

În contact cu o zonă stabilă de ardere, lemnele de deasupra grătarului se aprind și suferă un proces de gazeificare. În prezența unei cantități suficiente de aer pentru ardere completă, care antrenează sub grătar produsele de gazeificare, acestea ard într-o

cameră de ardere. La arderea inversă, stratul de cocs este numai pe periferia buncărilor de lemn, la porțiunea inferioară a stratului, și nu se dezvoltă în susul stratului deoarece curentul de aer de ardere vine de sus în jos menținând rece combustibilul. Acest fenomen de aprindere, prin radiație-conducție și convecții locale restrânse, s-a pus în evidență în programele experimentărilor efectuate în cadrul Laboratorului de Termotehnica al Facultății de Instalații.

Pentru definirea unui model fizic de ardere este necesară o analiză a procesului de ardere cu gazeificare, a combinațiilor de sisteme de aprindere, a vitezelor de desfășurare ale proceselor și, pentru partea de aplicații tehnice, a vitezei gravimetrice de ardere a combustibilului în strat. Rezultatul acestor cercetări disociative și analitice este un model fizic global de ardere a unui masiv în strat la arderea inversă. Modelul are ca scop să definească ponderea reală a diferitelor procese în procesul global de ardere, insistând asupra aspectului fizic al fenomenului în ansamblu.

Parafrazănd o celebră gândire a unui filozof englez « *the proper study of mankind, is man* » și în cazul arderii imaginea cea mai bună de studiu a stratului este studiul unei bucăți singulare de lemn, de la începutul evoluției sale termice până la arderea completă.

O primă problemă este cea a îndeplinirii condițiilor de aprindere, deci a stabilității procesului. Se poate constata, pe orice masiv de lemn pe care există un stat de cocs activ pe o latură, că procesul de ardere poate avansa numai în cazul în care există o anumită viteză a aerului (sau a unui mediu oxidant) care să creeze o difuzie turbulentă forțată astfel ca CO emis de stratul de cocs să fie îndepărtat și un mediu oxigenat să intre în contact cu cocsul.

Necesitatea acestui schimb de masă este evidentă din punct de vedere energetic deoarece stabilitatea procesului de aprindere este dată de obligativitatea ca disiparea de căldură prin radiația suprafeței spre mediul înconjurător și conducția spre masa rece interioară a masivului să fie compensate de producerea de căldură a suprafeței active. Echilibrul termic este o stare limită de stagnare.

Un exces termic este condiție de avansare a procesului iar un aport termic mai mic decât căldura disipată reprezintă situația de stingere a procesului. De altfel această condiție termică este generală în toată teoria aprinderii, la orice combustibil, și este suficient să amintim teoria SEMENOFF a reacțiilor de ardere în lanț, care stă la baza explicării cineticii proceselor de ardere.

În cazul masivului de lemn, există două limite de stingere : prima, la viteze mici ale mediului, care se explică printr-o insuficiență de mediu oxidativ, a doua, la viteze mari ale mediului, care se explică prin faptul că disiparea de căldură convectivă la suprafața stratului de cocs este mai mare decât aportul de căldură al reacției stratului de cocs. Acest al doilea prag de stingere, la viteze mari ale mediului oxidant, este desigur și funcție de temperatura mediului oxidant. Limita va fi deplasată spre viteze mai mari când curentul de mediu oxidant va avea o temperatură mai înaltă. Când mediul ajunge la temperatura de aprindere, limita superioară de instabilitate a aprinderii dispare.

O diagramă sugestivă a procesului se poate trasa în coordonatele $w-Q$, fluxuri de căldură funcție de viteza mediului oxidant. În diagrama fig.1 se prezintă o astfel de diagramă calitativă.

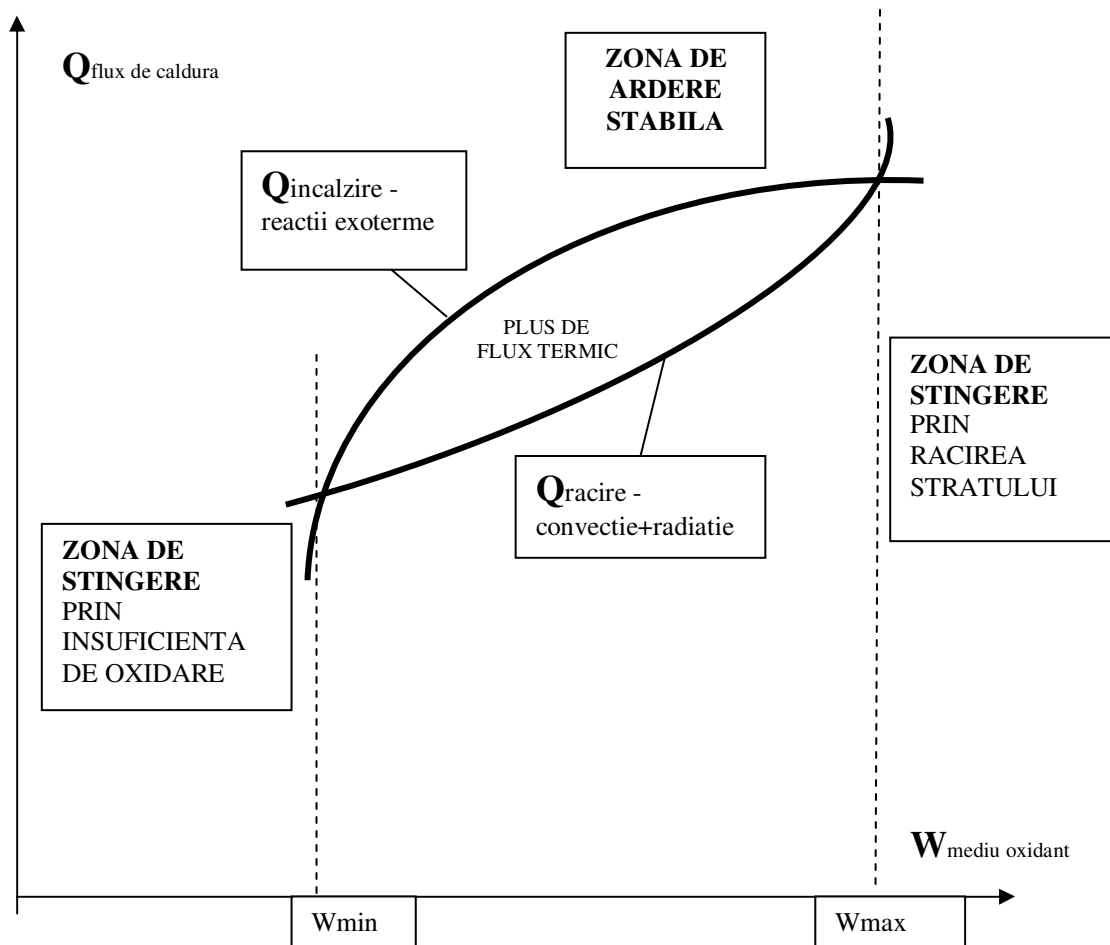


Fig.1. Diagrama calitativă de stabilitate a aprinderii

2. Reglarea procesului de ardere într-un focar cu gazeificare

Modelul fizic global oferă o explicație fenomenologică a procesului de reglaj al arderii într-un cazan cu ardere-gazeificare. Tehnic, operația de reglare a sarcinii cazanului se face foarte simplu : mărirea debitului de aer insuflat sau micșorarea lui duce la creșterea, respectiv scăderea, sarcinii termice a cazanului.

Aici este de amintit diferența fundamentală între sistemul de ardere directă și sistemul de ardere inversată :

- La arderea directă, o mărire a debitului de aer insuflat sub grătar duce la o mărire a intensității de ardere a stratului, deoarece întregul strat este activ, iar la o scădere a debitului de aer, stratul rămânând în continuare activ în întregime, procesul de reducere va fi mai activ din lipsa de oxigen și va crește puternic producerea de CO din reacția de reducere, astfel că micșorarea de sarcină a cazanului se va datora în mare parte și creșterii pierderilor prin ardere incompletă de natură chimică.

- La arderea inversă, cu gazeificare, suprafața activă de reacție este inițial numai pe partea de jos a masivului de lemn, unde, un strat relativ subțire de cocs activ furnizează energia de gazeificare (volatilizare) și energia de aprindere a altor suprafețe. În fig. 1, plusul de flux termic din diagramă reprezintă tocmai energia de aprindere a altor suprafețe. Se constată că, la o anumită viteză de aer, există o anumită energie de activare și deci o anumită intensitate de reacție la suprafață va fi activată. Suprafețele activate reprezintă tocmai echivalentul de debit caloric al cazanului. La o creștere a vitezei aerului, plusul de flux termic din diagramă crește și deci crește debitul termic al cazanului. În diagrama fig.2 se prezintă, prin verticalele punctate, creșterea disponibilului de flux termic de aprindere.

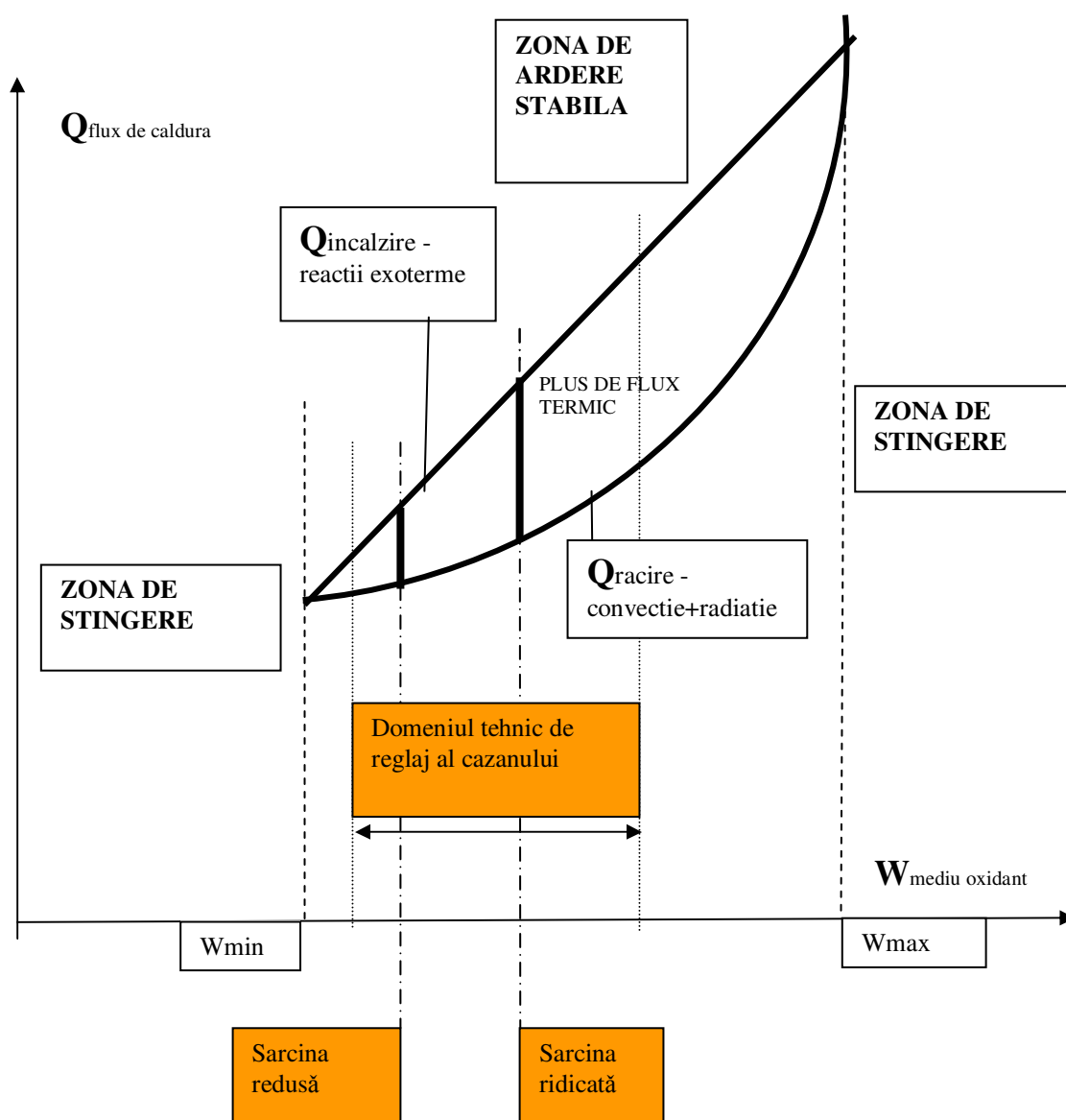


Fig.2. Modelul de reglaj al sarcinii cazanului la arderea cu gazeificare

În cadrul domeniului tehnic de reglaj al cazanului, delimitat de un debit minim de aer și de un debit maxim, orice creștere a debitului de aer duce la o creștere a vitezei mediului oxidant și în consecință la creșterea disponibilului de flux de masă în reacție la suprafața de cocs activ. Această creștere se regăsește într-o creștere a fluxului de căldură generat pentru menținerea continuității procesului de ardere.

O primă linie de rapel, la viteze mici ale aerului, dar peste viteza minimă de stingere, delimitează pentru cele două curbe de flux termic, cea de reacții exoterme și cea de pierderi prin conducție și radiație, un flux termic disponibil pentru întreținerea procesului de aprindere cu un anumit debit de combustibil.

O a doua linie de rapel, la viteze mai mari ale aerului, delimitează între cele două curbe de flux termic un flux termic disponibil mai mare decât în situația anterioară pentru întreținerea procesului de aprindere și deci un debit de combustibil mai mare va fi antrenat în procesul de ardere.

3. Determinarea vitezei masice de ardere a lemnului în strat

S-a evidențiat în cercetările experimentale că delimitare suprafețelor reci de cele calde, în regim de reacție, este foarte clară, fără zone de tranziție. Rezultă că în fiecare moment se poate urmări suprafața de reacție. Pe un interval de timp se poate determina progresiunea arderii în stratul de lemne. Masa de lemne care a intrat în reacție, raportată la intervalul de timp și la secțiunea transversală a camerei de ardere, determină viteza masică de ardere a stratului, exprimată în $\text{kg}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$.

În tabelul 1 se prezintă datele pentru câteva regimuri care au dus la determinarea vitezei masice de ardere. Vitezele masice de ardere, respectiv de cocsificare, a masei lemnoase au fost determinate cu valorile 220 – 350 $\text{kg}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. Aceste valori se încadrează bine în plaja de valori de indici obținuți în determinările experimentale pe cazane industriale.

Tabel 1

Determinarea vitezei masice de ardere la arderea cu gazeificare

Determinarea vitezei masice de ardere				
camera de cocsificare - latime	m	0.1	0.1	0.1
- adancime	m	0.1	0.1	0.1
- suprafata	mp	0.01	0.01	0.01
timpul 1	s	620	930	1420
timpul 2	s	820	1130	1620
interval de timp	s	200	200	200
pozitia liniei de demarcatie a arderii - timp1	m	0.275	0.198	0.205
pozitia liniei de demarcatie a arderii - timp2	m	0.292	0.226	0.232
diferenta pe verticala	m	0.017	0.028	0.027
volum de ardere in diferenta de timp	mc	0.00017	0.00028	0.00027
densitate lemn	kg/mc	850	850	850
grad de umplere a sectiunii camerei		0.85	0.85	0.85
masa de lemn activata	kg	0.122	0.202	0.195
debit de masa de lemn activata	kg/s	0.000614	0.001012	0.000975
viteza masica de ardere a lemnului in sectiune	kg/(h·m²)	221	364	351

În fig.3 se prezintă schematic urmărirea vizuală a stratului în reacție.

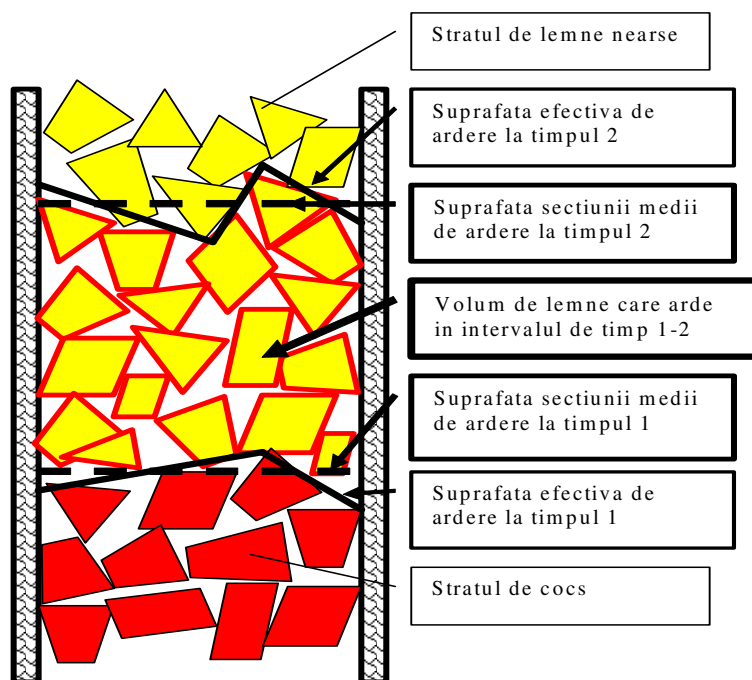


Fig.3 Urmărirea vizuală a stratului în reacție

După cum se poate urmări în tabelul 1, limita superioară a domeniului de reglaj, stabilită experimental, corespunde unui debit specific de combustibil de 300-360 $\text{kg}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. Dincolo de această încărcare termică, conform diagramei din fig.3, nu se mai obține o creștere a disponibilului de flux termic de aprindere deoarece variația grosimii de strat limită în transferul de masă la suprafața activă chimic a elementului scade cu o rată mult mai mică decât creșterea efectului de răcire și a debitului de gaze. Astfel, o insuflare suplimentară de aer duce numai la o mărire a excesului de aer în camera de post-ardere a gazelor de reacție.

4. Influența vitezei aerului în procesul de ardere difuzivă

Pentru a disocia fenomenul de aprindere radiativ-conductivă de fenomenul de aprindere convectivă, s-a utilizat o instalație experimentală pentru determinarea vitezei de ardere a lemnului care realizează o suprafață de lemn orientată de jos în sus (pentru ca gazele de ardere să nu scalde partea de lemn nearsă) și încălzită pe suprafața de reacție (de ardere) cu un curent de aer tangențial, cu o viteză reglabilă. Schema instalației experimentale este prezentată în fig. 4.

Se remarcă în primul rând posibilitatea de a ridica progresiv lemnul pe măsură ce se consumă prin ardere, astfel ca suprafața superioară să fie permanent la nivelul inferior al canalului de curgere a aerului de ardere. În al doilea rând este de remarcat posibilitatea varierii în limite largi a vitezei de circulație a aerului deasupra suprafeței de ardere, prin aceasta putându-se evidenția influența difuziei turbulente asupra vitezei de ardere superficială.

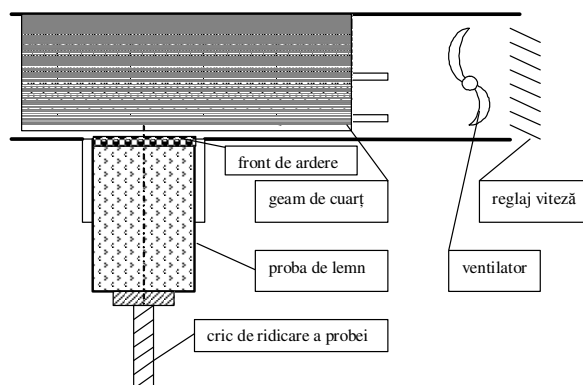


Fig.4 Instalația experimentală de determinare a vitezei de ardere a suprafeței lemnului

Ecuția curbei de dependență dintre încărcarea gravimetrică de ardere G și viteza aerului la suprafața lemnului w este:

$$G = 20,3 \cdot (w - 1,4)^{0,786} \quad [\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$$

Cu aceste rezultate teoria aprinderii prin transfer de căldură conductiv-radiant în stratul de lemne în ardere de tip cocsificare-gazeificare este verificată.

Problema care a apărut însă cu ocazia experimentării mai multor instalații tehnice de ardere și a unor focare pilot a fost că **viteza masică reală în instalații tehnice este cu mult mai mare (de ordinul 300-360 kg/m²/h) față de 30-60 kg/m²/h din teoria aprinderii conductiv radiante**, deci există, pe lângă aprinderea conductiv radiantă și o importantă aprindere convectivă.

5. Teoria aprinderii convective a stratului de lemn în regim de cocsificare-gazeificare

Cu ajutorul instalației experimentale cu vizualizare a procesului de ardere s-a efectuat urmărirea experimentală a aprinderii stratului de lemn în regim de cocsificare-ardere.

S-a constatat astfel că aprinderea lemnului nu se face numai prin conducție-radiație, din aproape-în-aproape, pe înălțimea stratului decât în mică măsură, ceea ce explică de ce cifrele de viteză gravimetrică de ardere în regim conductiv-radiant sunt mult mai mici decât cele tehnice reale. Aprinderea principală se face printr-un fenomen de convecția a unor jeturi de gaze fierbinți. Secvențial, procesul de aprindere convectiv are mai multe faze, așa cum se ilustrează și în fig.5:

- pe un pat cvasiuniform de cocs de temperatură înaltă într-o secțiune apare un canal de rezistență aerodinamică mai mică care permite crearea unui jet ascensional de gaze de ardere fierbinți ;
- jetul de gaze fierbinți, după un parcurs pe verticală în sus, este abătut în jos de curentul principal de aer care vine de sus în jos ;
- curentul de gaze fierbinți în drumul lor, descendent acum, creiază condiții de aprindere a masivelor de lemne neaprins pe care le întâlnesc în mișcare descendentă ;
- combustia masivelor aprinse de sus în jos se desfășoară conform modelului clasic de ardere directă a lemnului.

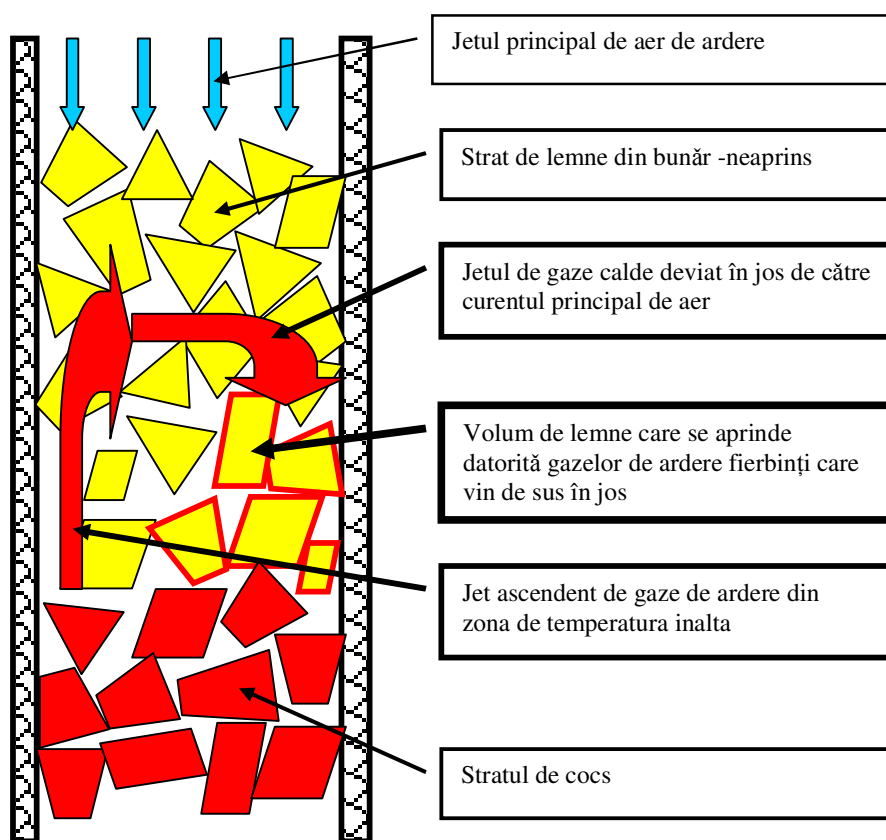


Fig.5 Procesul de aprindere convectiv în stratul cu ardere inversă

Prin analogie cu aprinderea volumului de amestec combustibil gas-aer, acest fenomen de aprindere a unor « insule » de material neaprins, depărtate de frontul principal de flacără, apare ca un model SCALKIN de aprindere.

Pe instalația pilot cu vizualizarea procesului de ardere s-a obținut o ilustrare experimentală a procesului de aprindere convectivă. Se remarcă în fig.6 tendința de ardere mai rapidă în stânga secțiunii de ardere: un curent de gaze fierbinți *care circulă în sus*, străbate stratul de lemne neaprins. Străpungerea este posibilă datorită efectului

ascensional puternic al gazelor de temperatură înaltă care dislocă curentul vertical de sus în jos de aer cu presiune dinamică mai mică.

Curentul de gaze ascensional, după parcurs în care își pierde presiunea dinamică, este deviat în jos de curentul principal descendent de aer. În drumul descendent, acest curent de gaze fierbinți aprinde *convectiv* masivele de lemn pe care nearse pe care le întâlnește pe traseu.

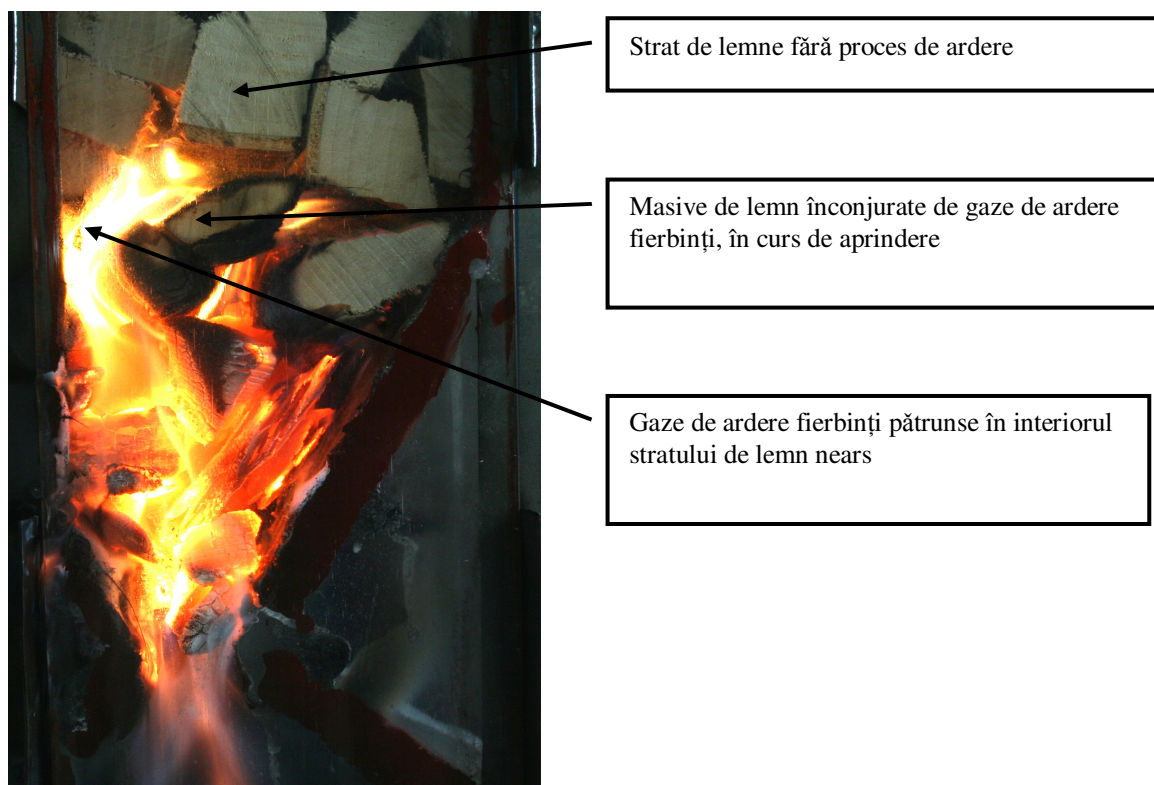


Fig.6 Apariția circulației verticale în sus a gazelor de ardere

6. Analiza evoluției masivului singular în procesul de ardere

Cu analiza separată a fenomenelor de aprindere și de ardere a stratului, prezentate anterior, se poate elabora un model de evoluție a unui masiv singular, oricare masiv din stratul de ardere. Procesul se desfășoară în câteva faze distincte, cu particularități specifice de pondere a fluxurilor de căldură :

- A. faza de încălzire fără aprindere ;
- B. faza de încălzire cu aprindere dar fără exces de flux de căldură ;
- C. faza de ardere cu exces de căldură disipat în aval cu volatilele ;
- D. faza de ardere cu exces de căldură, disipat și în amonte cu radiație și cu volatilele ;

- E. faza de ardere cu exces de căldură disipat numai în amonte cu radiație și cu volatilele, straturile inferioare având temperatura de regim de ardere ;
- F. faza finală de ardere cu disipare de căldură de aprindere, prin volatile în stare de ardere, spre straturile amonte.

A. FAZA DE INCALZIRE FARA APRINDERE

Faza este caracterizată prin primirea unui flux de căldură de către suprafața inferioară a masivului de lemn. Deoarece numai existența unui strat de cocs poate activa un proces exotermic, iar prezența statului de cocs este vizibilă experimental prin culoarea neagră (carbonizată) a suprafeței, se poate determina vizual, destul de precis momentul trecării la faza de aprindere.

În tot timpul fazei de preaprindere nu trebuie pierdut din vedere că ridicarea de temperatură și procesele din lemn se petrec pe o grosime foarte mică a feței inferioare a masivului, de ordinul 3...5 mm, așa cum s-a arătat în modelul fizic de ardere a suprafeței unui masiv, datorită în special conductivității termice foarte scăzute a lemnului. Se poate urmări astfel, în fig.7, cum atunci când suprafața lemnului este cocs în faza de ardere, la o adâncime de 3 mm începe de abea eliminarea apei din structură.



Fig.7 Desvoltarea la suprafața lemnului a stratului de cocs

În cadrul lucrărilor experimentale cu vizualizare a procesului, făcută cu înregistrarea fotografică la intervale de 10 sec. a procesului de ardere, s-a ales o bucată de lemn, din interiorul statului, care a fost urmărită pe toată desfășurarea procesului de ardere. Această bucată, cu dimensiuni medii cu a celorlate din strat, a fost marcată printr-o crăpătură pe secțiune, care o face ușor de recunoscut față de celelalte masive.

În fig.8 se prezintă masivul de lemn în strat în faza de preaprindere. Numerele atașate fotografiilor reprezintă cronometrul în secunde.

Se remarcă faptul că inițial (s 130) începe să apară un flux de radiație din straturile inferioare. În următoarele două etape (s 150 și s 160) radiația devine mai intensă datorită evoluției arderii în straturile inferioare. În s.170 atât radiația cât și convecția unor volatili în fază de ardere aduc suprafața inferioară a masivului studiat la stadiul de aprindere.

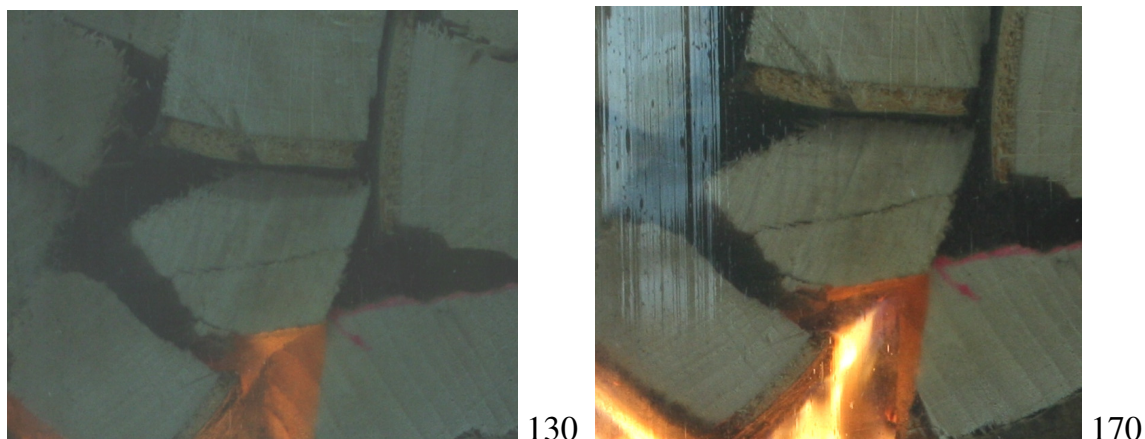


Fig.8. Masivul de lemn în strat în faza de preaprindere

B. FAZA DE INCALZIRE CU APRINDERE DAR FARA EXCES DE FLUX DE CALDURA

Este faza în care sursa de căldură pentru masiv este propria suprafață cocsată a peretelui inferior. În această fază căldura de reacție a cocsului este folosită numai pentru uscarea și degajarea volatiliilor din masiv, dar nu are loc nici-un transfer de căldură de aprindere spre straturile superioare.

În fig 9 se prezintă masivul de lemn în strat în faza de aprindere fără exces de flux de căldură. Numerele atașate fotografiilor reprezintă cronometrul în secunde.

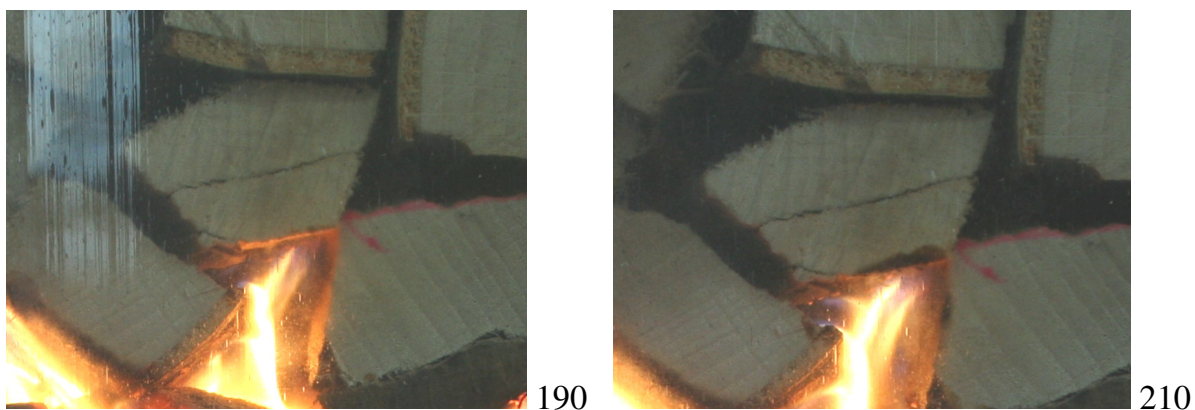


Fig.9 Masivul de lemn în strat în faza de aprindere fără exces de flux de căldură

În s.190 se observă formarea pe suprafața inferioară a unui strat de cocs, manifestat printr-o colorare neagră a suprafeței. În continuare în s.210 și s.230 stratul de cocs se îngroașă, consumând din materialul masivului. Volatilele, dirijate spre aval, s-au aprins și contribuie la înaintarea zonei de cocsare. În s.250 degajarea de volatile este intensă și consumarea masei lemnoase este cu viteză mărită. Condițiile termice și materiale sunt create pentru ca o mare parte din volatile să migreze spre aval participând la constituirea jetului de volatile al stratului (în camera de post-ardere a produselor de reacție) .

C. FAZA DE ARDERE CU EXCES DE CĂLDURĂ DISIPAT ÎN AVAL CU VOLATILELE

În această fază emisia de volatile este intensă, consumarea materialului lemnos de pe fața inferioară se face cu viteză ridicată. Viteza de degajare a volatilelor este încă în limitele în care curentul principal de aer din amonte antrenează toate gazele spre aval.

În fig.10 se prezintă masivul de lemn în strat în faza de ardere cu exces de căldură disipat în aval cu volatilele. Numerele atașate fotografiilor reprezintă cronometrul în secunde.

Se remarcă pe parcursul evoluțiilor s.260 ... s.310 consumarea, prin cocsificare și ulterior prin reacțiile de ardere ale cocsului, a suprafeței inferioare a masivului. În tot acest timp partea superioară a masivului nu suferă nici-o schimbare deoarece nu primește căldură de aprindere prin radiație sau convecție, numai un flux neglijabil de căldură prin conducție.



290



310

Fig.10 Masivul de lemn în strat în faza de ardere cu exces de căldură disipat în aval

În s.310 o mare parte din volatilele sunt antrenate în aval sub forma unui jet aprins prin efectul de stabilizare din avalul unui obstacol nearodinamic, constituit de suprafața inferioară a masivului. În același cadru se remarcă faptul că, datorită producției mari de volatile (trebuie reamintit că rezultă cca. 3 m^3_{N} de volatile pentru fiecare kg de masă lemnoasă), o parte din volatilele încep să aibă tendința de a expanda spre amonte pe lângă fața laterală stângă a masivului.

D. FAZA DE ARDERE CU EXCES DE CĂLDURĂ DISIPAT ȘI ÎN AMONTE PRIN RADIATIE ȘI CU VOLATILELE

Este faza în care excesul mare de flux de căldură, degajat prin radiația suprafețelor active și prin volatilele care s-au aprins, expandează parțial și spre amonte, pregătind intrarea în reacție a feței laterale a masivului și a feței superioare. În această fază căldura eliberată de reacția cocsului și a volatilelor este folosită parțial și pentru uscare și degajarea volatilelor din masiv, dar, din cauza fenomenului de circulație naturală inversă, un debit important de căldură de aprindere se dirijează spre straturile superioare.

În fig.11 se prezintă masivul de lemn în strat în faza de ardere cu exces de căldură disipat și în amonte cu radiație și cu volatilele.

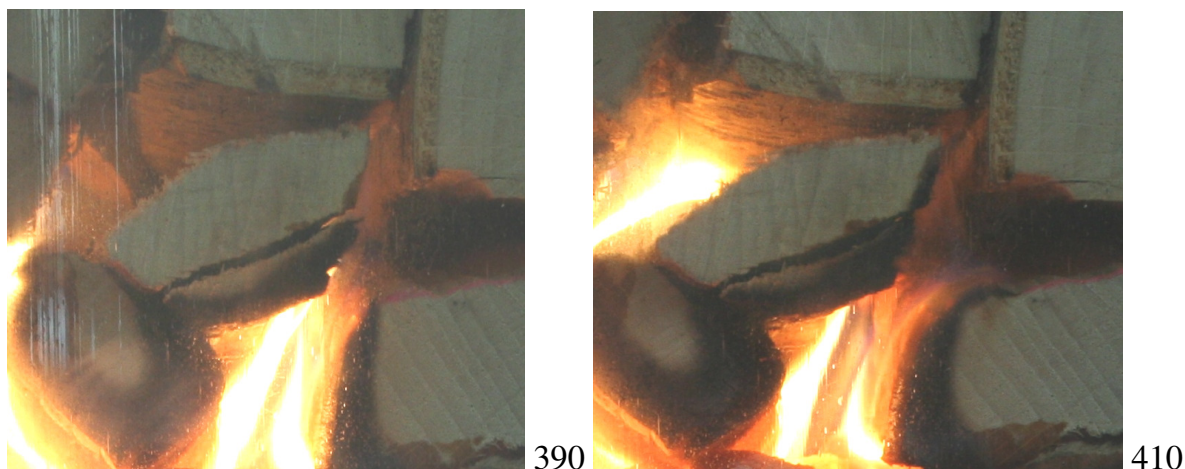


Fig.11 Masivul de lemn în strat în faza de ardere cu exces de căldură disipat și în amonte prin radiație și cu volatilele

Se poate urmări cum în secvența s.380 - s.390 volatilele își creează un drum ascendent pe lângă fața din stânga a masivului, apoi, în secvențele s.400 și s.410 volatilele încep să se deplaseze amonte și pe latura dreaptă a masivului, astfel încât la timpul s.410 masivul este înconjurat de volatile în stare de ardere și întreaga suprafață a masivului are condiții de aprindere și de ardere. În același timp, suprafața superioară a masivului devenind o suprafață de cocs în reacție, suprafețele inferioare ale

masivelor din amonte capătă un flux de aprindere atât prin aportul convectiv de căldură al volatilelor care ard cât și prin radiație de la suprafețele active ale masivului analizat. Această fază corespunde etapei de apariție a unor noi suprafețe de reacție pe baza disponibilului de flux termic rezultat din generarea prin reacții a unui flux termic mai mare decât fluxul de căldură necesar aprinderii și gazeificării masivului de lemn (diagrama fig.3). Corelarea condițiilor de transfer intens de masă (oxigen) la suprafețele active chimic cu cele privind existența unor condiții gazodinamice de curgere care să permită circulația amonte a unui debit de gaze fierbinți și radiația la temperatură înaltă a suprafețelor în proces de ardere către suprafețele în fază de încălzire, este tocmai situația de extindere a suprafeței de reacție a frontului de flacără, dacă nu apare concomitent și o răcire convectivă majoră. Această corelație funcțională generează, pentru un domeniu de curgere limitat, creșterea sarcinii termice pe măsura creșterii debitului de aer ce alimentează stratul.

E. FAZA DE ARDERE CU EXCES DE CĂLDURĂ DISIPAT NUMAI IN AMONTE PRIN RADIATIE ȘI CU VOLATILELE

Faza este caracterizată prin aceea că în aval de masivul studiat toate masivele și gazele au o temperatură de echilibru de proces, astfel încât un flux de căldură din amonte spre aval nu este posibil. În consecință, excesul de căldură al masivului analizat este disipat numai în amonte prin radiație și prin volatilele în fază de ardere.

În fig. 12 se prezintă masivul de lemn în strat în faza de ardere cu exces de căldură disipat numai în amonte prin radiație și cu volatilele. Numerele atașate fotografiilor reprezintă cronometrul în secunde.

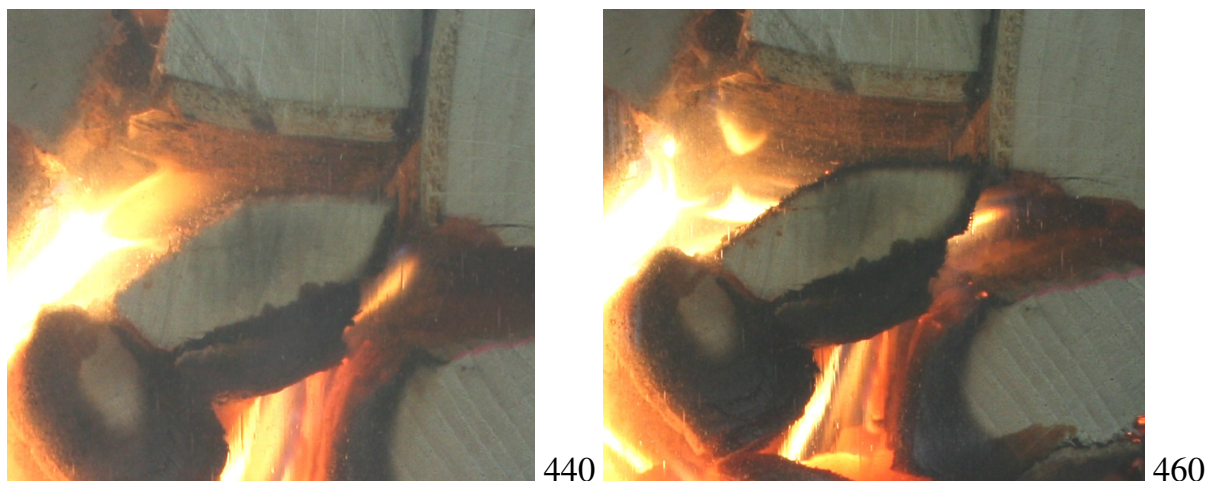


Fig.12. Masivul de lemn în strat în faza de ardere cu exces de căldură disipat numai în amonte prin radiație și cu volatilele

În secvențele prezentate se remarcă aprinderea straturilor superioare de lemne de la s.430 până la s.460. Este evidențiată o dezvoltare rapidă pe masivul din amonte a

stratului de cocs în reacție, ca urmare a aprinderii inferioare realizate de masivul în fază de puternică de degajare de căldură, existent în aval.

F. FAZA FINALĂ DE ARDERE

În această fază suprafața de reacție înconjoară complet masivul și procesul se apropie rapid de finalul în care toată masa este cocsificată și, pe măsură ce va primi aer de gazeificare, cocsul se va transforma în CO. Ultimul interval de timp de difuzie este relativ lung, de ordinul 600 s, deoarece mediul este relativ sărac în oxigen datorită suprafețelor amonte active termo-chimic, iar procesele de difuzie la suprafața de carbon sunt lente. Volatilele degajate prin gazeificarea cocsului în această fază sunt dirijate în aval spre secțiune de ieșire a gazelor spre camera de ardere.

În fig. 13 se prezintă masivul de lemn în strat în faza finală de ardere cu disipare de căldură de aprindere spre straturile amonte și generare de CO la temperatură înaltă ce va reacționa în camera de post-ardere cu oxigenul ne consumat din debitul de aer ce străbate stratul.

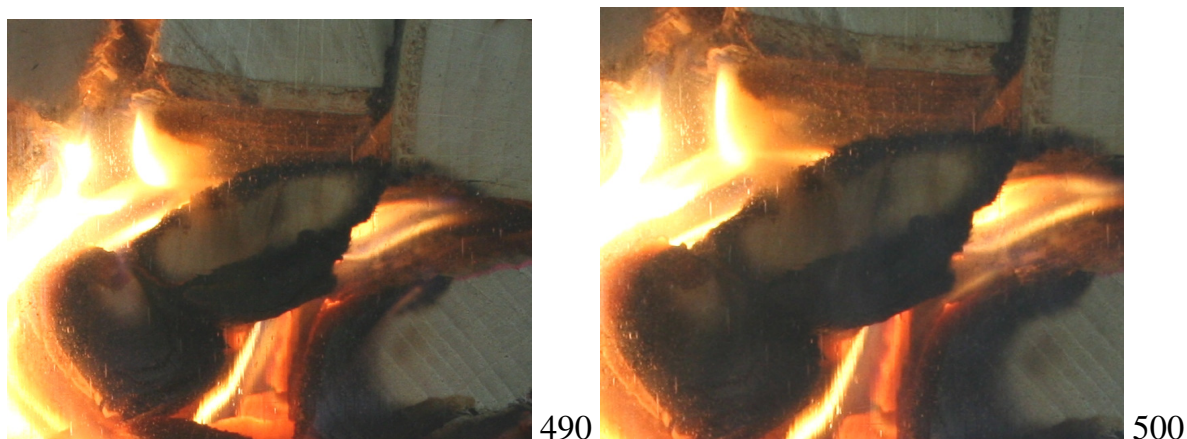


Fig.13. Masivul de lemn în strat în faza finală de ardere cu disipare de căldură de aprindere spre straturile amonte

Este important de precizat că, datorită suprafeței de reacție limitată de echilibrele termice de aprindere, și datorită vitezei finite de consum a oxigenului atât în zonele de reactivitate ale cocsului cât și în zonele de ardere cinetică a volatilelor, va rămâne un disponibil de oxigen în amestecul gazos din camera de post-ardere, disponibil ce va fi consumat pentru completarea arderii produselor de gazeificare rezultate din strat. Acest fapt stă la baza observației că arderea inversă este singura tehnică de ardere în strat care permite furnizarea concomitentă, printr-o insuflare unică, atât a aerului primar de reacție în strat cât și a aerului secundar de post-ardere.

În secvențele s.550 - s.600 se remarcă deplasarea frontului de ardere pe rândul superior de lemne, masivul studiat intrând în zona de ardere a masivelor de cocs și ne

mai având schimburi termice cu straturile superioare care, după ce au primit tot fluxul de căldură necesar aprinderii, sunt independente din punct de vedere al desfășurării arderii.

În fig. 14 se prezintă masivul de lemn în strat în faza finală de ardere, înglobat în masa de cocs.

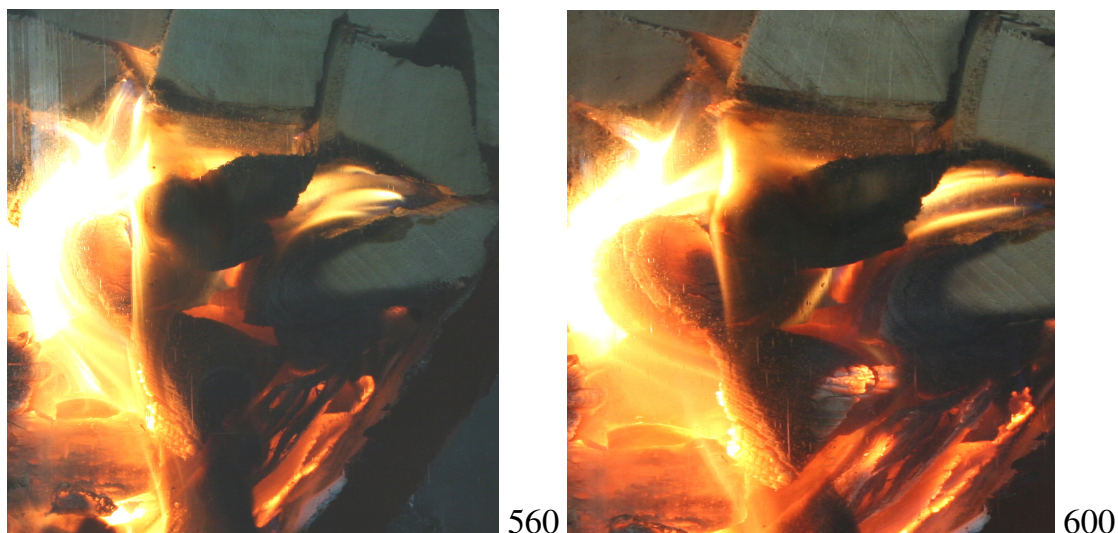


Fig. 14 Masivul de lemn în strat în faza finală de ardere fără legătură cu straturile amonte, înglobat în masa de cocs.

7. Concluzii

Pentru arderea lemnului în instalații mici, soluție cu exploatare mai dificilă și, mai ales, cu poluare însemnată cu CO, s-au efectuat în ultimii 15 ani cercetări de mare amploare la Laboratorul de Încercare de Cazane și Instalații de Ardere al Facultății de Instalații- București. Cercetările au vizat în primul rând îmbunătățirea, în cadrul lucrărilor de certificare a cazanelor, a performanțelor energetice și ecologie.

Paralel, un amplu program de cercetare științifică s-a desfășurat cu obiectivul de a cunoaște prin modele fizico-matematice procesul de ardere al lemnului și de a optimiza instalația de ardere.

În prezenta lucrare s-au expus rezumativ unele rezultate importante de cercetare, în special legate de realizarea unui model fizic conform cu realitatea, a arderii cu gazeificare, atât a stratului în ansamblu cât și a masivului singular de lemn.

În final, trebuie trasă și concluzia că în realizarea cazanelor moderne, cu combustibil biomasă, de eficiență ridicată, un rol important îl are cercetarea de laborator și atât producătorii de cazane cât și cei ce se ocupă de exploatarea lor au nevoie permanentă de consultare atât la nivel fenomenologic cât și la nivel funcțional.

Tehnici de intensificare a transferului de căldură la vaporizarea globulară

Techniques to enhance heat transfer in globular vaporization

Emilian Ștefan Valea¹, Ioan Sârbu¹

¹Universitatea "Politehnica" Timișoara

Str. Traian Lalescu, nr. 2A 300223 Timisoara, Romania

E-Mail: emilian.valea@ct.upt.ro; ioan.sarbu@ct.upt.ro

Rezumat. În această lucrare se prezintă importanța și particularitățile vaporizării și intensificării transferului de căldură, metodele și tehnicile generale pentru intensificarea transferului de căldură și cele specifice pentru vaporizare. Lucrarea descrie particularitățile metodelor intensificării fierberii folosind suprafețe pregătite special pentru aceasta. Se prezintă contribuțiile personale și încercările efectuate în laborator pentru studiul fierberii nucleice verificând performanțele termice ale acestor suprafețe. Aparatura experimentală folosită la verificări este descrisă pe scurt. Cu această aparatură s-au verificat trei grupe de suprafețe intensificate: prelucrate mecanic, acoperite cu manșoane executate din țesătură de sârmă de diferite materiale și acoperite cu straturi metalice poroase. Rezultatul testelor și performanțele termice obținute sunt redată în lucrare.

Cuvinte cheie: Vaporizare, Transfer de căldură, Mecanisme de intensificare a vaporizării, Metalizare.

Abstract. In this paper are presented the importance and the particularity of vaporisation, of enhanced heat transfer, general methods and techniques used for enhanced heat transfer and specific for vaporisation. The paper describes the particularity of the methods for boiling enhanced heat transfer using enhanced surfaces. It presents personal contributions and the tests performed out in laboratory for studying the nucleate pool boiling testing the surface thermal performances. The experimental apparatus used for tests is briefly described. With this experimental apparatus were tested three groups of enhances sur-faces: mechanical processed, covered with mesh sleeves made of different metals and covered with metallic porous layers. The results of the tests and the thermal perfor-mances obtained are shown.

Key words: Vaporization, Heat transfer, Vaporization enhance mechanisms, Metalization

1. Introducere

Vaporizarea sub forma fierberii este cel mai des întâlnită în procesele industriale de orice tip și se petrece de regulă în diverse aparate construite în concordanță cu necesitățile și caracteristicile procesului tehnologic, fiind în general un proces de con-

vecție combinat cu radiație. Schimbarea de fază se produce fie în vase fie în țevi, dar în cele mai multe cazuri printr-un plan de separație prin care se transmite căldură, efectul fiind formarea vaporilor în urma transmiterii căldurii.

Vaporizarea este un fenomen mai complex decât convecția monofazică, datorită influenței unor factori specifici schimbării stării de agregare ca: proprietățile termodinamice ale fluidului de lucru (care își schimbă starea de agregare), interiorul volumului de lichid, proprietățile mediilor bifazice, mecanismele de vaporizare de care depinde intensitatea transmiterii căldurii, caracteristicile suprafeței de schimb de căldură, influențele datorate caracteristicilor de curgere și de udare a acestor suprafețe de către lichidul în schimbare de fază etc.

Vaporizarea s-a studiat și mai intens odată cu apariția instalațiilor energetice nucleare unde este necesară preluarea unor fluxuri termice mari prin suprafețe relativ mici sau cât mai mici la puteri termice impuse. Se pune astfel problema măririi densității fluxurilor termice. Astfel, dacă la vaporizatoarele instalațiilor frigorifice densitatea fluxului termic variază între $10^3 \dots 10^4 \text{ W/m}^2$, la reactoarele nucleare densitățile pot atinge 10^8 W/m^2 . Este deci motivul pentru care fenomenul a fost și este intens studiat, căutând căi de intensificare a transferului de căldură la vaporizare. S-a urmărit asigurarea regimurilor cele mai economice și cele mai sigure, rezultatele cercetărilor urmând a fi aplicate în toate domeniile interesante.

Intensificarea transferului de căldură are drept scop creșterea coeficienților de schimb de căldură la vaporizare în condiții concrete de funcționare, prin aceasta contribuind la creșterea coeficientului global de schimb de căldură și, implicit, pentru puteri termice impuse, la reducerea suprafețelor vaporizatoarelor.

Fierberea cu bule (nucleică, globulară) este domeniul obișnuit de lucru al vaporizatoarelor tehnice și se realizează prin formarea unor bule de vaporii în interiorul sau pe suprafața de schimb de căldură în așa numitele centre sau nuclee de vaporizare. Aceste centre pot fi microcavități, impurități sau incluziuni de gaze (vapori) [1], [2].

Fierberea nucleică la saturație este aceea în care vaporizarea se petrece în întreg volumul de fluid în curs de vaporizare, de la suprafața prin care fluidul preia căldură și până la suprafața liberă a fluidului. Pe măsura creșterii supraîncălzirii Δt adică a diferenței dintre temperatura suprafeței care cedează căldură și temperatura de saturație a fluidului în condițiile concrete, numărul de centre de formare a bulelor crește, la fel temperatura stratului limită t_{sl} precum și frecvența de degajare a bulelor, producând o anumită turbulență, iar efectul tuturor conduce la creșterea densității fluxului de căldură [3], [4], [5]. În punctul în care se atinge densitatea fluxului termic critic q_{ver} , deci la Δt_{cr} se consideră că întreaga suprafață este acoperită cu bule.

Vaporizarea cu bule sau nucleică a fost cel mai mult studiată de cercetătorii acestui fenomen și este zona pentru care sunt proiectate suprafețele vaporizatoarelor datorită în primul rând coeficienților mari de schimb de căldură, cât și altor avantaje care vor fi prezentate în continuare.

Densitatea fluxului de căldură transmis la vaporizarea cu bule se poate aprecia cu relația:

$$q'_{vbule} = \rho'' \cdot r \cdot \sum_{i=1}^N \frac{f_i V_{bi}}{A} \quad (1)$$

în care: N este numărul centrilor de nucleație simultani pe suprafața A ; ρ'' – densitatea vaporilor, în kg/m^3 ; r – căldura latentă de vaporizare, în J/kg ; f – frecvența bulelor din centrul de nucleație, în s^{-1} ; V_b – volumul bulelor, în m^3 .

Energia transportată cu ajutorul bulelor Q_b , poate fi calculată cu o bună aproximație cu relația:

$$Q_b = V_b \cdot \rho'' \cdot r \quad (2)$$

Se observă importanța densității centrelor de nucleație pe suprafața de vaporizare.

Întrucât coeficientul de schimb de căldură este mult mai mare decât pentru fierberea cu convecție liberă s-a ales ca domeniu de funcționare al schimbătoarelor de căldură cu vaporizare cel al vaporizării cu bule.

În cazul vaporizării, pentru intensificarea transferului de căldură, se procedează la crearea unor rugozități artificiale, la practicarea unor aripioare speciale și respectiv la utilizarea unor straturi poroase sau cu caracteristici speciale. Acestea, pe lângă reducerea stratului limită și creșterea turbulenței în preajma peretelui [6], [7], prin sporirea suprafeței de contact cu fluidul în schimbarea de fază conduc și la mărirea numărului de locuri care pot deveni nuclee de vaporizare. Unele suprafețe au create și cavități care modifică complet, în sensul îmbunătățirii, transferul de căldură la vaporizare [8], [9].

2. Tehnici de intensificare a transferului de căldură

Din punctul de vedere al tehnicilor utilizate pentru intensificarea transferului de căldură, acestea se pot grupa în tehnici active și tehnici pasive. În timp ce tehnicile pasive utilizează suprafețe construite special, cu geometrii și caracteristici adecvate pentru fluid și proces, tehnicile active presupun putere sau energie externă. Astfel de energie poate fi: electrică, mecanică (vibrații) și energia câmpurilor acustice.

Au importanță la alegerea celor mai potrivite metode de intensificare a transferului de căldură materialele, tehnologiile și procesele care sunt destinate schimbătoarelor de căldură, respectiv vaporizatoarelor.

Tehnicile pasive caracterisitece transferului de căldură monofazat și bifazat pot fi cele utilizate pentru obținerea suprafețelor: acoperite (poroase) [5]; rugoase [1], [8], [10]; extinse ca suprafață [4]; prevăzute cu dispozitive de creare a turbulenței artificiale. În afara celor din urmă, celelalte suprafețe se caracterizează prin creșterea suprafeței de contact între peretele cald și fluidul care vaporizează, prin aceasta sporind energia sensibilă transmisă prin convecție. În același timp se crează nuclee artificiale de vaporizare și se sporește coeficientul de transfer termic de vaporizare prin îmbunătățirea mecanismului procesului de vaporizare. Este vorba despre crearea suprafețelor de transfer a căldurii care conțin cavități sau tunele ascunse acoperite (reentrant cavity). Aici, din micile cantități remanente de vapori, se formează bulele care, prin dezvoltare, desprindere față de perete și mișcare în masa de lichid din exteriorul pere-

telui transmițător de căldură, contribuie la reducerea stratului limită, la transportul rapid atât al căldurii sensibile (prin curenții de fluid), cât și a celei latente (prin bulele create). Prin desprinderea bulelor din cavitățile sau nucleele în care s-au format, dezvoltarea și circulația acestora în mișcarea ascendentă spre suprafața liberă a lichidului și spargerea lor la desprinderea din stratul de lichid se creează un efect de "pompare" a căldurii care contribuie la sporirea coeficienților de transmitere a căldurii. Cavitățile "cu reintrare" de pe suprafețele de transfer de căldură sunt caracterizate prin aceea că au aria suprafeței de comunicare cu fluidul mai mică decât aria suprafeței interioare a cavității. Aceste cavități contribuie la intensificarea transmiterii căldurii prin faptul că bulele de vaporii se dezvoltă în cavități și se desprind din acestea brusc, izbucnesc deasupra suprafeței de separație, prin aceasta contribuind la reducerea stratului limită și la accentuarea fenomenului de "pompare" a căldurii. Ariile secțiunilor orificiilor de comunicare ale cavităților cu fluidul se realizează mai mici decât diametrele uzuale ale bulelor la temperatura respectivă pentru fluidul în vaporizare și procesul în cauză, astfel accelerând ieșirea forțată sau "izbucnirea" bulelor din cavități.

Pe baza numeroaselor studii și experimentări, se poate afirma că pierderile de presiune suplimentare din cauza introducerii unor rezistențe hidraulice suplimentare prin practicarea acestor prelucrări sunt ne semnificative, în comparație cu suprafețele netede, cu care sunt comparate și fluxurile de căldură. Altfel spus, câștigul obținut prin creșterea coeficienților de transmitere a căldurii la o suprafață prelucrată în vederea intensificării transmiterii căldurii este sensibil mai mare decât pierderea prin energia de pompare suplimentară necesară pentru învingerea rezistențelor hidraulice ușor mai mari. Desigur, pentru a stabili eficiența aplicării uneia sau alteia dintre procedeele de prelucrare în vederea intensificării transmiterii căldurii, trebuie efectuat un calcul tehnico-economic care să țină seama de costurile prelucrării, cheltuielile de exploatare în care se simte influența îmbunătățirii procesului termodinamic, dar și de energia de pompare, durata pentru care intensificarea scontată este valabilă și timpul de amortizare a investiției (în cazul schimbătoarelor de căldură construite cu suprafețe prelucrate).

În cadrul schimbătoarelor de căldură tubulare cu schimbare de fază se disting cele la care vaporizarea se realizează pe exteriorul țevilor, încălzirea dinspre interior putând fi realizată cu ajutorul unui fluid, surse electrice etc. Țevile încălzite la interior sunt cufundate (încate) în baia de lichid care vaporizează. Pentru dimensionarea suprafețelor de transfer termic este importantă cunoașterea coeficientului de transmitere a căldurii la vaporizare, precum și variația acestuia în funcție de densitatea fluxului termic aplicat. Pentru fiecare aplicație în parte este importantă cunoașterea procesului tehnologic, caracteristicile termofizice ale fluidului, calitatea suprafeței pe care are loc schimbarea de fază, materialul din care este confecționată, configurația acesteia, precum și parametrii de lucru: presiune, temperatură etc. În condițiile în care vaporizarea are loc la saturație în regim permanent (staționar), elementele variabile sunt mai puțin numeroase. Este cazul unor procese des întâlnite în tehnică: industria frigorifică, chimică, energetică etc.

Pentru studiul comportării diferitelor tipuri de suprafețe de schimb de căldură, a fost concepută, realizată și utilizată o instalație experimentală [10].

Instalația experimentală este concepută pentru studiul vaporizării pe exteriorul unei țevi de cupru $\phi = 22 \times 2$ mm, înecată în apă demineralizată.

Densitatea fluxului termic q_v aplicat prin încălzirea electrică din interiorul țevii este:

$$q_v = \frac{Q}{A} = k \cdot (T_p - T_s) \quad (3)$$

unde:

$$Q = U \cdot I \quad (4)$$

în care: Q este fluxul transmis, care în cazul încălzirii electrice este chiar puterea electrică consumată; U – tensiunea variabilă aplicată rezistenței electrice; I – intensitatea curentului obținut; A – suprafața de transmitere a căldurii; T_p – temperatura exterioară a peretelui metalic; T_s – temperatura de saturație; k – coeficientul de transmitere a căldurii la vaporizare;

În cadrul experimentărilor T_s se determină prin măsurarea temperaturii lichidului, deoarece s-a constatat că temperatura vaporilor la saturație este influențată ușor de mediul exterior.

Din relația (3) se poate deduce:

$$k = \frac{q_v}{(T_p - T_s)} \quad (5)$$

Pentru fiecare aplicație se poate reprezenta grafic $k = f(q_v)$. Analizând curba rezultată se pot face aprecieri asupra comportării diferitelor tipuri de suprafețe de schimb de căldură la vaporizare.

3. Descrierea instalației experimentale

Instalația experimentală (fig. 1) permite studiul vaporizării pe exteriorul unei țevi înecate în baie de lichid (apă demineralizată).

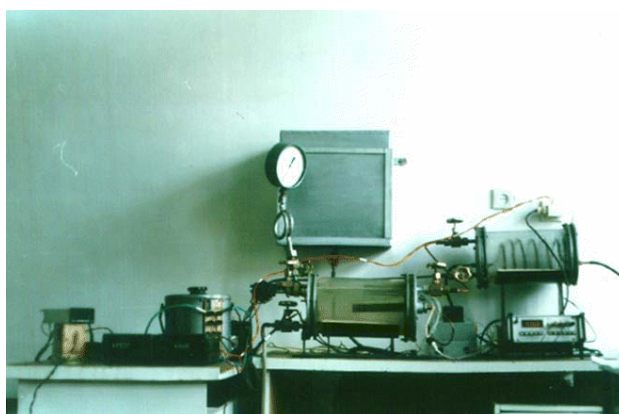


Fig. 1 Ansamblul instalației experimentale.

Vaporizatorul, construit din sticlă termorezistentă, este legat prin două conducte de legătură de condensatorul realizat tot din sticlă termorezistentă, prevăzut la interior cu o serpentină din cupru prin care circulă apa de răcire. O conductă prevăzută cu robinete de legătură asigură circulația vaporilor formați spre condensator, în timp ce

altă conductă prevăzută cu robinete asigură scurgerea liberă a condensului format înapoi în vaporizator, pe partea opusă elementului de probă. Elementul de probă se compune din cartușul încălzitor, țeava intermediară și țeava de probă. Țeava de probă este încălzită din interior cu ajutorul unui cartuș încălzitor constituit dintr-o rezistență electrică de 400 W montată în interiorul unei țevi de oțel inoxidabil cu $\phi_{\text{ext}}=12$ mm. Între elementul (cartușul) încălzitor și țeava de probă este montată o țeavă de cupru cu $\phi = 18 \times 3$ mm, prevăzută cu patru canale longitudinale decalate pe circumferință la 90° în interiorul cărora sunt lipite diode termosensibile cu ajutorul cărora se măsoară temperaturile peretelui țevii.

Montarea țevii intermediare pe țeava din inox de protecție a cartușului încălzitor s-a făcut fără joc, cu strângere, astfel încât rezistența termică de contact să fie cât mai mică. În plus, indiferent ce valoare ar avea această rezistență, prin faptul că țeava intermediară rămâne montată pe cartușul încălzitor pe parcursul întregului set de experimentări, compararea comportării țevelor de probă nu este influențată.

4. Cercetări și rezultate experimentale

S-au efectuat cercetări experimentale supra fenomenului de vaporizare în baie de lichid, utilizând suprafețele exterioare ale unor țevi ca suprafețe care preiau căldura și o transmit fluidului ce vaporizează. Este cazul vaporizatoarelor utilizate larg în diferite domenii ale tehnicii. S-a menținut în timpul experimentărilor starea de saturație, la presiunea atmosferică momentană.

Gruparea suprafețelor intensificate s-a făcut în funcție de tipul prelucrării exterioare sau al acoperirii suprafeței peretelui, altfel spus în funcție de geometria stratului superficial al țevelor.

În prima grupă, a țevelor prelucrate mecanic la exterior, s-au testat, pe lângă țevile prelucrate prin așchiere, țevi prelucrate prin sablare cu nisip respectiv cu corindon și o țeavă înfășurată la exterior cu sârmă de bobinaj. În [10] sunt cuprinse descrierea tehnologiilor de realizare a suprafețelor, calculațiile de preț pentru fiecare dintre acestea, rezultatele experimentale și interpretarea acestora, referitoare la țevile grupate după cum s-a arătat. Suprafețele exterioare ale țevelor din această grupă au dovedit o comportare bună la vaporizare, obținându-se coeficienți medii de transmitere a căldurii cu 20...88 % mai mari decât cel al țevii lise. S-au obținut cele mai bune rezultate din această grupă în cazul țevelor sablate și respectiv al țevii canelate longitudinal (canalul având formă rectangulară în secțiunea transversală a țevii). Explicația constă în faptul că aceste suprafețe se caracterizează atât prin creșterea ariei suprafeței de contact dintre peretele încălzitor și fluid (ceea ce contribuie la îmbunătățirea schimbului de căldură prin convecție), cât și prin sporirea densității nucleelor de vaporizare stabile (în ciupiturile create în material și respectiv în colțurile canalelor). Prin aceste prelucrări s-au modificat mecanismele specifice fenomenului de vaporizare, intensificând procesul de schimbare de fază. O stabilitate mai mare este remarcată la țeava canelată longitudinal, pentru care coeficientul de intensificare definit ca raport între coeficientul de transmitere a căldurii pentru acea țeavă și cel al țevii lise, variază puțin odată cu

variația puterii termice consumate. Ținând seama că domeniul de variație al densității fluxurilor termice în cadrul experimentărilor a fost de $8...41 \text{ kW/m}^2$, deci a cuprins atât domeniul vaporizării convective cât și cel al vaporizării globulare, rezultă că țeava canelată longitudinal se caracterizează prin performanțe termice ridicate în ambele domenii ale procesului de vaporizare. Spre deosebire de aceasta, țevile sablate pe suprafețele exterioare au un coeficient de intensificare a transmiterii căldurii mai ridicat în domeniul convectiv, diferențele fiind totuși mici. Rezultatele obținute atât pentru grupa de țevi prelucrate mecanic, cât și pentru cele acoperite cu țesături din plasă de sârmă de diferite materiale și respectiv pentru cele metalizate sunt centralizate în tabelul 1.

Tabelul 1

Coeficienți de intensificare a transferului termic pentru probele testate

Nr. probă	Coeficient de intensificare	Coeficient mediu
2 (canale longitudinale)	1,78 ... 1,80	1,790
3 (canale elicoidale)	1,19 ... 1,18	1,185
4 (simplu randalinată)	1,45 ... 0,98	1,215
5 (dublu randalinată)	1,40 ... 1,25	1,325
6 (filetată și randalinată)	1,40 ... 1,25	1,325
7 (sablata cu nisip)	2,20 ... 1,55	1,875
8 (sablata cu corindon)	1,82 ... 1,72	1,770
9 (bobinată)	1,30 ... 0,95	1,125
2 (canale longitudinale)	1,78 ... 1,80	1,790
10 (cupru)	1,80 ... 1,192	1,496
11 (bronz)	1,38 ... 1,32	1,350
12 (alamă)	1,40 ... 1,22	1,310
13 (zincată ochi mic)	1,30 ... 1,18	1,210
14 (zincată ochi mare)	1,40 ... 1,35	1,375
15 (metalizată inox)	1,35 ... 1,25	1,300
16 (metalizată bronz)	2,60 ... 2,20	2,400
17 (metalizată cupru)	1,76 ... 2,02	1,890

Au fost testate opt tipuri de suprafețe intensificate pentru vaporizare, rezultatele măsurătorilor și calculele aferente dovedind că se pot obține realizări remarcabile prin utilizarea suprafețelor modificate (rugoase) în cadrul vaporizatoarelor. Tipurile de suprafețe realizate și verificate experimental pot fi utilizate cu bune rezultate și în cazul condensatoarelor, desigur cu rezultate diferite din punct de vedere al performanțelor termice, stabilirea acestora nu a făcut însă obiectul cercetărilor.

5. Concluzii

Rugozitățile se dovedesc un mijloc eficace de intensificare a transferului de căldură la vaporizare, mai ales în cazurile în care creșterea consumurilor de energie pentru pompare nu este un factor important în proces. Este cazul vaporizatoarelor care lucrează cu țevile încălzitoare înecate în lichidul vaporizator, în condiții asemănătoare celor din instalația utilizată de autori în cadrul cercetărilor experimentale. Mărirea

coeficientului de transmitere a căldurii conduce, în condiții energetice identice pentru încărcarea termică, consumul de putere și diferența medie de temperatură, la micșorarea importantă a suprafeței de transmitere a căldurii și implicit la reducerea gabaritului schimbătorului de căldură. În plus, la aceeași sarcină termică, prin reducerea diferenței de temperatură necesară, suprafețele rugoase conduc la temperaturi de funcționare inferioare față de suprafețele netede, reducerea fiind cu atât mai importantă cu cât este mai mare valoarea coeficientului de transmitere a căldurii realizat pe suprafața rugoasă în comparație cu suprafața netedă.

Rezultate complete asupra comportării suprafețelor rugoase se pot obține prin verificări în exploatare pe perioade îndelungate. În acest fel, rezultatele experimentale obținute pot fi confirmate parțial sau în totalitate. În funcție de aceste verificări, se pot propune noi tipuri de suprafețe intensificate pentru vaporizare.

Verificarea comportării unor țevi acoperite cu țesătură de sârmă constituie o idee originală. S-a urmărit obținerea unor suprafețe caracterizate prin cavități ascunse în stratul superficial, cavități care s-au dovedit benefice pentru intensificarea transferului de căldură la vaporizare prin modificarea mecanismelor de transfer. Rezultatele obținute au fost însă sub așteptări, coeficienții medii de intensificare fiind de 1,4 adică schimbul de căldură a fost intensificat cu 40%. Este posibil ca elementele caracteristice ale țesăturii de sârmă (latura interioară a ochiului, diametrul și materialul sârmei) să nu fi fost cele mai potrivite pentru vaporizarea apei demineralizate în condițiile experimentale folosite. Experimentările au fost efectuate cu țesăturile disponibile la data achiziției în magazinul fabricii producătoare. Din acestea s-au confecționat manșoane cu care s-a îmbrăcat țeava sablată cu corindon.

Totuși, cercetările reprezintă o experiență interesantă și utilă, fapt pentru care se consideră că cercetări ulterioare în domeniu pot conduce la rezultate încurajatoare. Cercetările ar trebui aprofundate prin folosirea țesăturilor de sârmă perfect mulate pe peretele exterior al țevii și lipite de acesta pe generatoare cu pas variabil.

Altă grupă de suprafețe pregătite pentru îmbunătățirea transferului de căldură o constituie suprafețele obținute prin metalizarea exterioară a unor țevi de cupru $\phi 22 \times 2$ mm în vederea formării unor straturi metalice poroase (matrici metalice granulare). S-au folosit trei materiale de adaus: inox sub formă de pulbere, bronz sub formă de pulbere și cupru sub formă de sârmă. Pentru primele două materiale de adaus, s-a utilizat procedeul de metalizare cu flacără și pulbere, iar pentru acoperirea cu cupru metalizarea s-a realizat prin procedeul cu flacără și sârmă. În cadrul laboratoarelor Institutului de Sudură și Încercări de Materiale (ISIM) din Timișoara, tehnologia de obținere a unor straturi metalice poroase prin metalizare a fost aplicată pentru prima dată. De regulă la straturile depuse prin aceste procedee în scopul recondiționării unor piese, se cerea o depunere cu particulele metalice cât mai bine întrepătrunse. Este motivul pentru care tehnologia de lucru pentru metalizare s-a adaptat corespunzător.

Suprafețele metalizate poroase depuse pe exteriorul țevilor fierbătoare au condus la coeficienți de intensificare de 1,9...2,4 pentru țevile cu adaus de bronz și cupru și de 1,3 pentru țevile cu adaus de inox. S-a realizat practic dublarea coeficientului de transmitere a căldurii față de cel al țevii lise. Coeficienții de intensificare sunt totuși mai mici decât cei menționați în literatura de specialitate pentru straturile metalice

porose obținute prin sinterizare. Aceasta în cazul utilizării unei tehnologii unicat și în condițiile de derulare a experimentelor prezentate. Este util să se adâncescă cercetările în domeniu în vederea stabilirii unei tehnologii care să permită realizarea unor straturi poroase prin procedeul de metalizare cu flacără și pulbere de cupru, materialul de bază fiind tot cuprul. În condițiile creșterii productivității procesului tehnologic prin mijloace adecvate și a utilizării suprafețelor realizate în cadrul vaporizatoarelor cu țeava încălzită din interior înecată în lichid (deci în condițiile creșterii mici a căderilor de presiune datorită circulației reduse a fluidului), este posibil să se obțină rezultate spectaculoase.

S-a reușit, pe lângă obținerea unor bune rezultate în domeniul intensificării transmiterii de căldură la vaporizare, îmbogățirea bazei de date referitoare la studiul acestui proces de schimbare de fază.

Referințe

- [1] *Bernardin, J.D.; Stebbins, C.J.; Mudawar, I.* "Effects of surface roughness on water droplet impact history and heat transfer regimes", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, no. 1, 1997, pp. 73-88.
- [2] *Gorelik, G. Paylyukevich, N. Zalenskiy, S. Radev, S. Stefanov, S.* "Kinetics of intensive evaporative mass transfer through a porous layer", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, no. 13, 1993, pp. 3369-3374.
- [3] *Suzuki, K.* "Mechanism of heat transfer enhancement due to self sustained oscillation for an in-line fin array", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, suppl. no. 1, 1994, pp. 83-96.
- [4] *Gstoehl, G. Thome, J.R.* "Film Condensation of R-134a on tube Arrays with Plain and Enhanced Surfaces: Part II: Empirical Prediction of Inundation Effects", *Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer*, January 2006, **vol. 128**, pp. 33-43.
- [5] *Milton, R.M.* "Heat Exchange System", U.S. Patent 3.384.154, 1968
- [6] *Ramstorfer, F. Steiner, H. Brenn, G. Kormann, C. Rammer, F.* "Subcooled Boiling Flow Heat Transfer From Plain and Enhanced Surfaces in Automotive Applications", *Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer*, **vol. 130**, January 2008, pp.11501-11509.
- [7] *Rattanadecho, P. Wongwises, S.* "Moving Boundary-Moving Mesh Analysis of Freezing Process in Water-Saturated Porous Media Using a Combine Transfinite Interpolation and PDE Mapping Methods", *Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer*, **vol. 130**, January 2008, pp. 12601-12610.
- [8] *Robertson, P.* "Tube pour échangeur de chaleur", French patent 2.656. 413, 1990.
- [9] *Shih, W.H. Chiu, W.C. Hsieh, W.H.* "Height Effect on Heat Transfer Characteristics of Aluminum-Foam Heat Sinks", *Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer*, **vol. 128**, June 2006, pp. 530-537.
- [10] *Valea, E.S.* "Contribuții la intensificarea transferului de căldură la vaporizare" Teză de doctorat, Universitatea Politehnica Timișoara, 1997.

Tratarea nămolului și producția de biogaz la Stația de Epurarea Oradea

Biogas production and mud treatment at the Oradea Wastewater Treatment Plant

Gheorghe-Constantin Ionescu¹, Emil Gligor², George-Lucian Ionescu³

¹Universitatea din Oradea
Str. Universității nr. 1 – Oradea, Romania
E-mail: gheionescu@gmail.com

²Universitatea din Oradea
Str. Universității nr. 1 – Oradea, Romania
E-mail: gligoremil13@yahoo.com

³Universitatea din Oradea
Str. Universității nr. 1 – Oradea, Romania
E-mail: lucian.ionescu1985@yahoo.com

Rezumat. Scopul tratării nămolurilor este mineralizarea materiilor organice din acestea, pentru a obține astfel, atât reducerea volumului, respectiv posibilitatea de tratare mai ușoară a acestora, precum și cantități importante de gaz metan, folosit în principal la nevoile stației de epurare. Nămolurile fermentate sunt aproape lipsite de miros și pot fi folosite ca atare sau în diferite scopuri, după ce sunt tratate.

Oricare ar fi mijlocul de producție utilizat, gazul permite obținerea celor mai bune bilanțuri energetice și ecologice.

Cuvinte cheie: tratarea nămolurilor, producția de biogaz, bilanț energetic, automatizare

Abstract. The goal of treating sludge is mineralization of organic matter mainly to reduce the volume, which can more easily be treated and therefore reducing the important quantities of methane gas, used primarily in the treatment plant needs. Fermented sludge is almost free of odor and can be used alone or in various purposes, after being treated. The quantity and composition of sludge varies depending on the original wastewater or the nature in which the sewage treatment process are applied.

The final products of sludge fermentation are solid materials, water sludge (including colloidal solid materials) and also gas.

The process of sludge fermentation is considered complete when we obtained 90% of theoretical gas production and sludge has lost a great deal of water, is stable and has a virtually imperceptible odor.

Key words: Mud treatment, wastewater treatment plant, biogas production, automation

1. Introducere

Scopul tratării nămolurilor este mineralizarea materiilor organice din acestea, pentru a obține astfel, atât reducerea volumului, respectiv posibilitatea de tratare mai ușoară a acestora, precum și cantități importante de gaz metan, folosit în principal la nevoile stației de epurare. Nămolurile fermentate sunt aproape lipsite de miros și pot fi folosite ca atare sau în diferite scopuri, după ce sunt tratate.

Cantitatea și compoziția nămolului variază în funcție de caracterul apelor uzate din care provine și de procesul de epurare a apelor uzate din care provine.

Produsele finale ale fermentării nămolului sunt materiile solide totale, apă de nămol (inclusiv materiile solide coloidale), gaze.

Procesul de fermentare a nămolului se consideră terminat atunci când s-a obținut 90% din producția de gaz teoretică și nămolul și-a pierdut o bună parte din apă, este stabil și are un miros aproape imperceptibil.

2. Material și metodă

Nămolurile provin din decantarea primară și secundară a apelor uzate, iar caracteristicile lor – fizice, chimice, biologice și bacteriologice – depind, în mare măsură, de proveniența lor [2].

Dintre caracteristicile fizice, culoarea și mirosul sunt primele care furnizează informații asupra nămolului. Nămolurile proaspete din apele uzate orășenești au culoarea cenușiu deschis și sunt aproape lipsite de miros. Nămolurile care au fermentat au culoarea cenușiu deschis și miros de gudron.

Umiditatea sau conținutul de apă se determină prin stabilirea pierderi în greutate, ca urmare a evaporării în etuvă (la 150°C), până la uscarea completă și se exprimă în procente.

Greutatea specifică sau volumetrică a nămolurilor γ_n , variază, în funcție de proveniența lor, între 1,002 și 1,118 tf/m³

Densitatea nămolurilor variază între 1,0 și 1,3 g/cm³. În ceea ce privește variația volumului nămolului, ca urmare a schimbării de umiditate, respectiv a conținutului de materii solide totale, se admite, în general, că, neglijând schimbările în greutatea specifică, proporția față de volumul inițial este egală cu raportul dintre procente de materii solide inițiale și după schimbarea volumului.

Filtrabilitatea sau capacitatea de filtrare (de a pierde apă) a nămolurilor se determină, în mod sumar, prin observarea timpului necesar nămolului pentru a deveni consistent sau să prezinte o serie de crăpături, când a fost întins, pentru uscare, în aer liber, pe o platformă de nisip sau hârtie de filtru [3], [4], [5]. Pe baza observațiilor se poate stabili, cu aproximație, dacă nămolul cercetat este proaspăt fermentat sau spălat; conține substanțe chimice, adăugate pentru mărirea filtrabilității; se poate deshidrata în filtre etc.

Puterea calorică a nămolurilor depinde de: proveniența lor, caracteristicile apelor uzate din care provin, cantitatea de materii solide totale organice, uscate, numite și materii volatile.

Dintre caracteristicile chimice, o semnificație deosebită o are pH-ul nămolului care intră sau iese de la fermentare sau cel din timpul fermentării, el fiind, în același timp, și ușor de determinat: pH-ul nămolului trebuie să fie permanent în jur de 7,0: valori mai mari de 8,5 și mai mici de 6,0 indică o înrăutățire a fermentației fiind deci necesare măsuri pentru redresarea procesului.

Materiile solide totale, uscate, reprezintă o caracteristică importantă a nămolurilor, care se determină prin uscarea nămolului în etuve, la 105°C, după care se cântărește reziduu.

Automatizarea stației este realizată cu ajutorul programului de tip SCADA program destinat monitorizării și controlului proceselor desfășurate în cadrul stației de epurare și care asigură următoarele facilități: achiziții de date de la desfășurarea proceselor, stocarea lor pentru o vizualizare ulterioară, generarea de comenzi către proces, implementarea de automate, vizualizarea procesului sub formă de sinoptic, vizualizarea datelor sub formă de grafice și tabele, generarea de alarme și înregistrarea evenimentelor.

Monitorizarea și controlul proceselor sunt vitale în vederea realizării scopului și respectarea standardelor europene în vigoare. Pentru realizarea acestui scop este necesar să se cunoască o serie de măsurători exacte, atât fizice (debite și presiuni), cât și chimice (pH și consum de oxigen), care să îl ajute pe operator să ia deciziile corecte în ceea ce privește desfășurarea în condiții optime a procesului de epurare, a procesului de producere a biogazului rezultat din fermentarea nămolului. Pe măsură ce procesele de epurare a apelor uzate sunt mai complexe și mai avansate, devine foarte importantă nu numai măsurarea parametrilor, ci și automatizarea echipamentelor folosite, pentru a menține echilibrul necesar în cadrul derulării procesului de epurare și producerea de biogaz care mai apoi va fi folosit la producerea de energie electrică. Costurile suplimentare apărute odată cu re tehnologizarea echipamentelor din cadrul stațiilor de epurare vor fi recuperate într-un timp relativ scurt atât prin economia realizată cu numărul mic de personal necesar operării într-o stație total automatizată cât și cu biogazul produs care va fi folosit pentru autogospodărire în scopul de producere de agent termic necesar pe timp de iarnă spațiilor proprii cât și pentru producerea energiei electrice cu ajutorul unităților de co-generare.

3. Preliminarii

Următoarele utilaje descrise sunt folosite pentru depozitarea, transportul și arderea (combustia) gazului format prin procesul de fermentare, prin aplicațiile descrise în acest material.

Design, funcționare și date tehnice

Unitatea de biogaz reabilitată de PWT Wasser - und Abwassertechnik GmbH constă din 2 gazometre cu un volum total de 2000 m³, o unitate de desulfurizare cu un

volum al filtrului de $2 \times 2 \text{ m}^3$ cu pat de cărbune activ, un sistem cu flacăra de veghe, 2 cazane (boilere) cu arzătoare și 2 unități de co-generare pentru producerea de căldură și energie.

Operarea unității de biogaz este împărțită în patru etape:

- Depozitarea și transportul biogazului
- Curățarea și desulfurizarea biogazului
- Consumul biogazului
- Sistemul de încălzire

Designul și funcționarea utilajelor aferente sunt explicate în continuare.

Depozitarea Biogazului și creșterea presiunii

Două membrane de gaz furnizate de compania Environtec sunt instalate pentru depozitarea gazului [7], [8]. Ambele gazometre cu un volum de 1000 m^3 sunt folosite maxim 6 ore la o reducere a gazului de $320 \text{ m}^3/\text{h}$.

Depozitarea biogazului

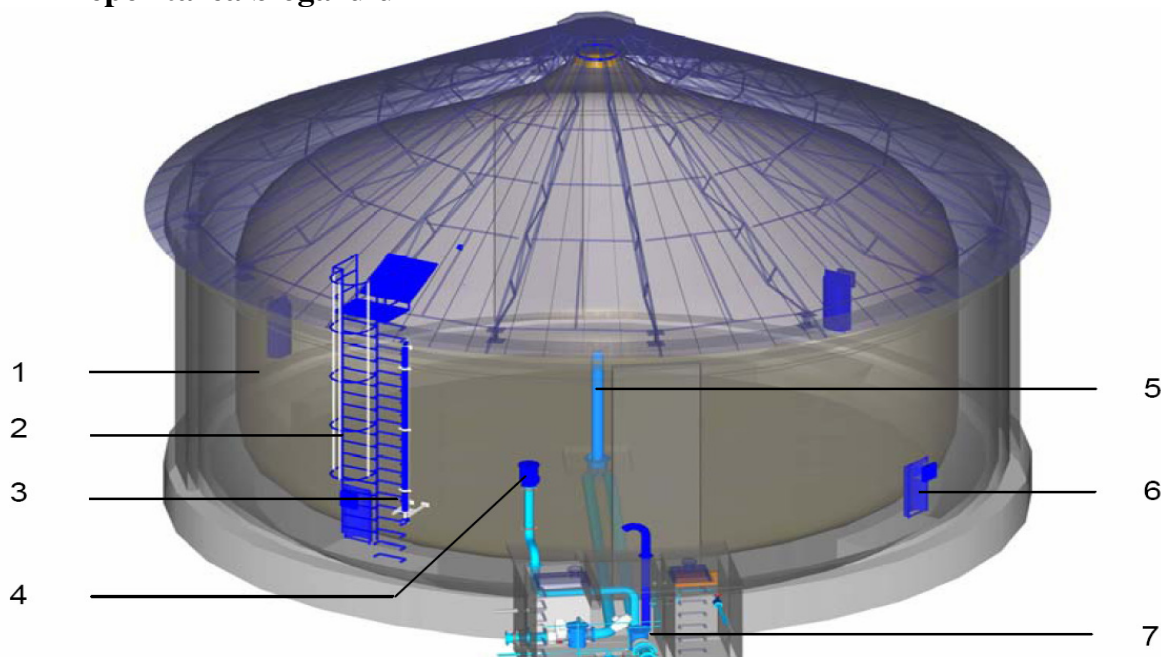


Fig. 1. Gazometru

1 – Membrană gaz; 2 – Scară acces; 3 – Aparat măsurare nivel; 4 – Dispozitiv de siguranță;
5 – Conductă de intrare și ieșire; 6 – Aerisire; 7 – Cămin cu vană automată.

Funcționarea gazometrului

Membranele sunt conectate printr-o conexiune subterană cu rețeaua de conducte de gaz. Există o conductă de intrare care injectează gazul la 2 metri deasupra solului. Ieșirea este aranjată central pe sol astfel ca și produsele de condensare formate să poată fi eliminate. Membranele sunt montate în centrul acoperișului conic și ajustate în așa fel încât să nu atingă niciodată peretele rezervorului sau acoperișul pentru a se evita deteriorarea lor. Spațiul dintre Rezervor și membrana de gaz este echipat cu un sistem

de aerisire pentru a elimina gazele. Aerul proaspăt este trimis prin 4 conducte de aer în partea de jos a rezervorului. Datorită încălzirii aerului din gazometru, se formează un flux ascendent care poate ieși prin orificiul de ventilație pe acoperiș.

Rezervorul are o scară de acces în exterior și o scară interioară. Scara nu are carcasă de siguranță din două motive: intrarea în rezervor necesită măsuri de siguranță speciale și pentru a nu distruge membrana de gaz. Coborârea trebuie folosită doar cu hamuri și ajutor suplimentar.

Monitorizarea nivelului 32CL110/32CL120 în gazometru se realizează printr-un sistem de tragere a cablului. Acesta constă dintr-un cablu de oțel inoxidabil care este atașat la membrană. Contragreutatea este într-un tub de sticlă acrilică. Greutatea este marcată printr-o culoare astfel ca nivelul să poată fi citit folosind o scala tubului de sticlă acrilică. Pe lângă aceasta, mai este montat un senzor ultrasonic la nivelul solului care înregistrează nivelul și îl transmite sistemului SCADA.

În timpul operării, biogazul este extras doar dintr-un gazometru din cele două, timp în care cel de-al doilea gazometru este umplut cu biogaz de la fermentator. Schimbarea între extragerea și umplerea cu biogaz a membranelor este realizată complet automat. Pentru aceasta sunt prevăzute vane fluture pneumatice în căminele fiecărui gazometru pe conductele de intrare și ieșire. Astfel, nivelul poate fi controlat separat, prin oprire și pornire. Motoarele de acționare ale vanelor lucrează cu resetare singulară, astfel că pot fi comutate într-un mod sigur în caz de avarie a alimentării cu energie sau aer comprimat, închizând complet gazometrele. Presiunea gazului care rămâne în metantancuri este eliminată de vana de suprapresiune.

Sistemul membranelor de gaz necesită un sistem de siguranță suplimentar pe lângă senzorii de nivel și presiune a biogazului, ceea ce garantează o protecție a membranei în caz de defecțiune, independent de controlul procesului. Aceasta se realizează printr-un dispozitiv de suprapresiune hidraulică și asigurare la presiune scăzută 32VY103 și 32VY108 furnizat de compania Environtec.

Un anumit volum de apă reținută care este amestecat cu etilen - glicol (60:40) din motive de protecție împotriva înghețului permite penetrarea excesului de biogaz până la un nivel definit de umplere, când anumite condiții de presiune sunt depășite. Gazul poate ajunge în atmosferă. Fluxul de gaz prin lichid asigură și o protecție împotriva aprinderii. Un aparat de măsurare a nivelului 32CL111 și 32CL121 monitorizează nivelul minim pentru a da alarma la presiuni prea mari sau prea mici.

Condiții minime pentru fermentarea, îngroșarea și deshidratarea nămolurilor necesare producerii de biogaz [7]:

- Substanța uscată (SU) în bazinul de omogenizare nu va scădea sub 6,5%. Procesul trebuie oprit când SU este între 6-8%. De preferat ca SU să se mențină 6,5%.
- SU din metantancul 1 trebuie să fie între 3-4%, nu are voie să scadă sub 3%, iar dacă se depășește SU peste 4% nu este nici o problemă, cu atât mai mult crește producția de biogaz.
- SU în metantancul 2 trebuie să fie între 3-4%, nivelul în metantancul 2 să fie 6-7 m situație în care se utilizează și instalația de aerare.

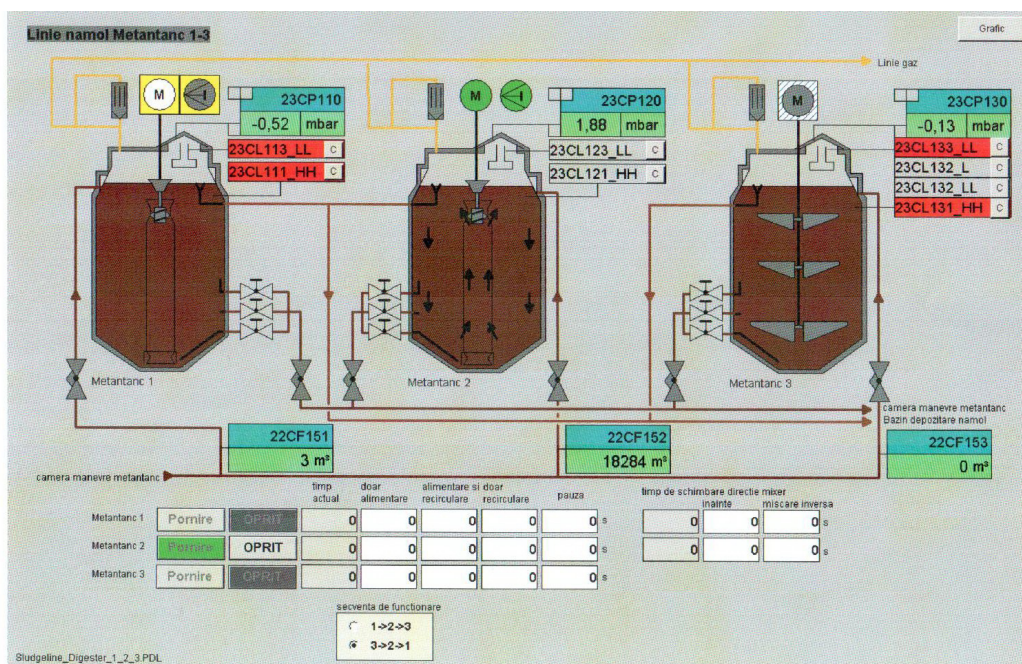


Fig. 2. – Explicativă privind derularea procesului

- Nu se va alimenta bazinul de omogenizare cu nămol din decantorul primar cu SU având valori mai mici de 6%.

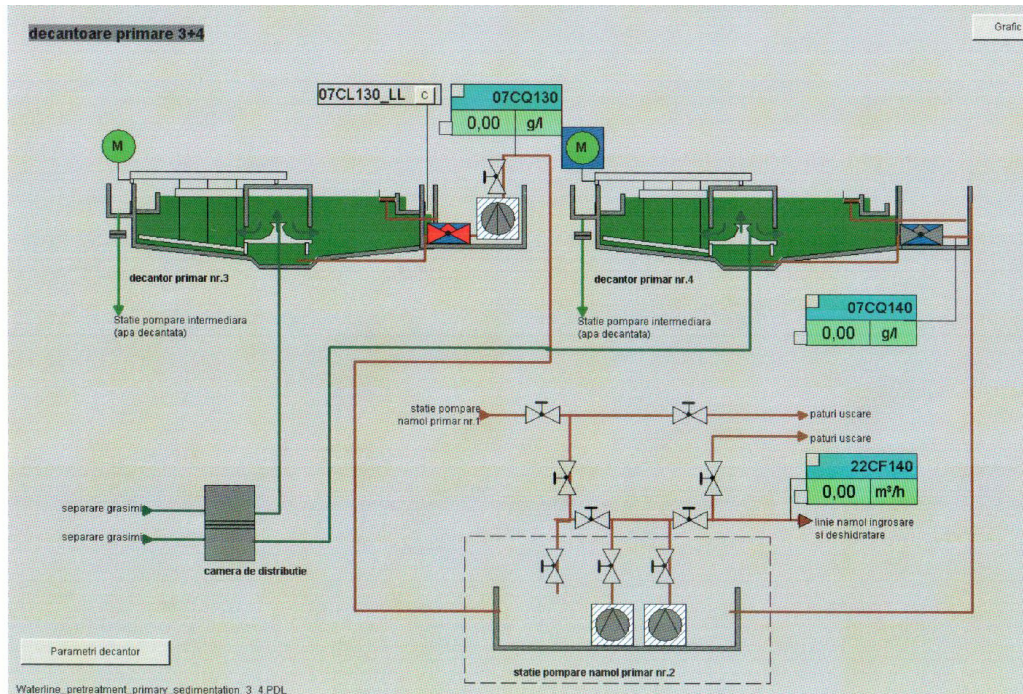


Fig. 3. – Explicativă privind derularea procesului

- Trebuie respectate cu strictețe orele și punctele de prelevare a probelor de nămol.

- În timpul funcționării centrifugii de îngroșare și după fiecare alimentare a bazinului de omogenizare să se recolteze probe din 3 în 3 ore.
- Din îngroșătoare la începutul procesului de îngroșare și aleatoriu în timpul îngroșării. Timpul de staționare în îngroșător nu va depăși 20 de ore.

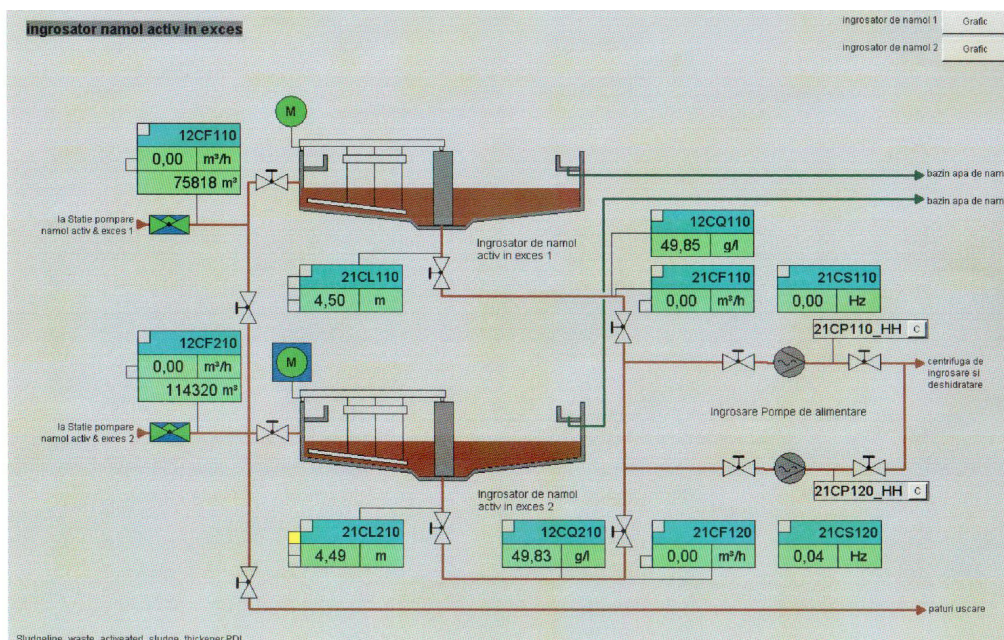


Fig. 4. Explicativă privind derularea procesului

- Se va recolta dimineața, la ultima pompare din bazinul de omogenizare către metantancul 1, o probă de SU, iar peste zi se va mai recolta o probă, la ultima pompare din bazinul de omogenizare. Recoltările se vor face din preaplinul metantancului 1.
- Se vor recolta probe de nămol pentru SU din decantorul primar în fiecare zi, dimineața, înainte de alimentarea bazinului de omogenizare.
- Pentru buna funcționare a procesului de deshidratare se va recolta proba de nămol din metantancul 2 în fiecare dimineață, pentru determinarea SU. Se va porni în regim manual pompa de alimentare a centrifugii de deshidratare și se va recolta proba din furtunul de golire a metantancului 2 și se va urmări buna funcționare a instalației de insuflare cu aer în metantancul 2.
- În bazinul de omogenizare din stația de deshidratare, nivelul nămolului nu va depăși 1,5 m. Pentru o bună omogenizare și o alimentare constantă, mixerele trebuie să funcționeze continuu.
- Instalațiile de preparare polimeri trebuie curățate la fiecare pornire și să funcționeze în regim automat. Atunci când instalațiile de îngroșare staționează mai mult de 24 de ore, instalația de dozare a polimerilor se va opri și se va reporni cu 4 ore înaintea începerii procesului de centrifugare. În timpul procesului de deshidratare, pentru evitarea producerii spumei în chesonul de supernatant, se va adăuga antispumant și se va repeta operațiunea după fiecare golire a chesonului.

către sistemul de încălzire, iar unitățile de co-generare vor furniza energie termică printr-un schimbător de căldură. Dacă există suficient gaz în fiecare gazometru (mai mult de 90%), a doua unitate de co-generare va porni automat și va funcționa până când nivelul dintr-un gazometru va scădea cu 60%. În cazul în care ambele unități de co-generare funcționează, puterea curentului generat va fi automat echilibrată pe cele două unități de co-generare de către sistemul SCADA.

4. Concluzii

- Argumentele în favoarea cogenerării sunt imbatabile: această tehnologie permite astăzi producerea unui kWh electricitate la cele mai mici prețuri. Oricare ar fi mijlocul de producție utilizat, gazul permite obținerea celor mai bune bilanțuri energetice și ecologice.
- Instalațiile de cogenerare permit producerea simultană de kWh electrici și de kWh termici cu un randament superior celui din centralele electrice și de încălzire separate. Această tehnologie permite realizarea unei economii de energie primară de până la 20%, realizarea de economii la factura de energie, înlocuirea și fiabilizarea alimentării electrice obișnuite, optimizarea centralelor termice, reducerea emisiilor de CO₂.
- Utilizarea programului SCADA aduce o serie de avantaje cu ar fi: flexibilitate ridicată, structură modulară ce permite adaptarea ușoară a acestuia la orice tip de echipament de interfață cu procesul, conducerea centralizată a mai multor procese simultan și realizarea de intercondiționări, posibilitatea de a urmări procesul pe mai multe calculatoare conectate în rețea.

Referințe

- [1] *** Centrul de documentare pentru îmbunătățiri funciare și gospodărirea apelor, București 1970
- [2] Robescu D., et al., „Modelarea și simularea proceselor de epurare”, Editura Tehnică, București, 2004
- [3] Ionescu G. C., „Instalații de canalizare”, Editura didactică și pedagogică, R.A. București, 1997
- [4] Ionescu G. C., „Sisteme de epurare a apelor uzate”, Editura MatrixRom București 2010
- [5] Ionescu G. C., „Optimizarea fiabilității instalațiilor hidraulice din cadrul sistemelor de alimentare cu apă”. Editura MatrixRom, București, 2004.
- [6] Ianculescu O., et al., „Epurarea apelor uzate”, Editura MatrixRom București 2001
- [7] Manualul cu instrucțiuni de lucru al stației de epurarea apei Oradea, 2008
- [8] Olsson G., et al., Instrumentation, Control and Automation in Wastewater Systems Scientific and Technical Report No. 15

Modular dynamic model for absorption systems simulation

Model dinamic modular pentru simularea sistemelor cu absorbtie

Dragos Hera¹, Cătălina Vasilescu¹, Carlos Infante Ferreira²

¹Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti,
Bd. Pache Protopopescu, nr. 66, sector 2, Bucuresti, Romania
E-mail: heradragos@yahoo.com

²Delft University of Technology
Leeghwaterstraat 44, Delft, 2628 CA, The Netherlands,
E-mail: C.A.InfanteFerreira@tudelft.nl

Abstract: *Absorption systems have attracted research interests because they can be driven by waste heat, solar or geothermal energy and they can reduce fossil fuel and electricity consumption with advantageous implications for pollution reduction, by decreasing CO₂ emissions. This paper presents a modular dynamic model for absorption systems simulation. The model is developed using the object-oriented modeling approach and it contains classes for all system components that can be easily reused in different configurations in order to investigate various cycle configurations such as single effect, double-effect or triple-effect and with different working mixtures. The program calculates the temperature, pressure, concentration and enthalpy at each state point in the system. The heat flux required for each component and the coefficient of performance are predicted. A graphical user interface enables the user to view the pressure-temperature-concentration diagram of the thermodynamic cycle for the specified operating parameters.*

Keywords: *absorption systems, object-oriented programming, dynamic model, modular*

Rezumat: *Sistemele cu absorbtie au atras interes în cercetare deoarece ele pot fi actionate de căldură deseu, energie solară sau geotermală si pot reduce consumul de combustibili fosili si electricitate cu implicatii avantajoase în reducerea poluării, prin scăderea emisiilor de CO₂. Acest articol prezintă un model dinamic modular pentru simularea sistemelor cu absorbtie. Modelul este dezvoltat folosind modelarea orientata-obiect si contine clase pentru toate componentele sistemului care pot fi unor refolosite in diferite configuratii cum ar fi cele cu un efect, dublu efect sau triplu efecte si cu diferite amestecuri. Programul calculează temperatura, presiunea, concentratia si entalpia în fiecare punct de stare al sistemului. Fluxul de căldura necesar pentru fiecare component si coeficientul de performanță sunt determinate. O interfață grafică permite utilizatorului sa vadă diagrama presiune – temperatură – concentratie a ciclului termodinamic pentru parametrii de functionare specifici.*

Cuvinte cheie: *sisteme cu absorbtie, programare orientată obiect, model dinamic, modular*

1. Introduction

Thermally driven absorption heat pumps have attracted increasing research interests since they can save primary energy using renewable sources and reduce electricity consumption. The most widely used refrigerant-absorbent combinations suitable for absorption systems have been ammonia-water and water-lithium bromide. The ammonia-water absorption cycles are mainly used for refrigeration temperatures below 0 °C while the water-lithium bromide absorption cycles are commonly employed for air-conditioning purposes because of their favorable operating conditions. Alternative refrigerant-absorption pairs were developed to improve system performance. Several publications suggested that ammonia with sodium thiocyanate salt or ammonia with lithium nitrate salt can improve the absorption system performance [4, 9].

This paper presents a dynamic modular model development using object-oriented concept for absorption system operating with one of the following solution: LiBr-H₂O, NH₃-LiNO₃ or NH₃-NaSCN.

The configuration of the ammonia-salt absorption system is similar to H₂O-LiBr system. The advantages obtained are due to the lower allowable evaporation temperature of ammonia compared to water as well as the lower generation temperature from 60 to 90 °C for NH₃-NaSCN cycles as compared to the range from 90 to 110°C for H₂O-LiBr cycles. The ammonia-salt absorption systems don't need a rectifier and a dephlegmator like the NH₃-H₂O systems because the salt is a non-volatile absorbent. This makes the ammonia-salt system simpler and cheaper. Previous studies have shown that the coefficients of performance for the systems operating with these solutions are about 10 per cent higher than the ones for NH₃-H₂O system working at the same conditions [4]. These combinations are suitable for refrigeration systems driven by a low temperature heat source such as solar energy collected using flat plate solar collectors.

A large number of computer programs have been developed for research in FORTRAN which is a procedural programming language. The whole structure of a program written in procedural language is very different from the structure of an equivalent object-oriented program. Object-oriented modeling treats models of physical systems or components as instances of classes with certain attributes represented by data and behaviors represented by equations. Objects are categorized into classes and class hierarchies, and each class contains attributes describing objects of that class and operations defining their behavior. Object-oriented programming supports encapsulation, inheritance and polymorphism. Encapsulation packs data and the operations that manipulate the data into a single named object. Inheritance enables the attributes and operations of a class to be inherited by all subclasses and the objects that are instantiated from the subclasses. Polymorphism allows the use of a common name for a method that acts differently among objects of different classes.

An example of a modular simulation code is ABSIM, developed by Grossman [2, 3] for the Oak Ridge National Laboratory. This software can be used for steady state simulation of the absorption system. Ammonia with sodium thiocyanate mixture or ammonia with lithium nitrate solution was not included in the working fluids

database considered. Kim [6] developed a modular code to simulate a half-effect LiBr-water absorption cooling system. An object-oriented dynamic modeling library, named ABSML was developed by Fu et al. [1].

A user-friendly software package for simulating the performances of absorption refrigeration systems has been developed using Delphi programming language by Karamangil et al. [5]. The working fluid can be selected from a list that contains: water-LiBr, ammonia-water, ammonia-LiNO₃ and acetone-ZnBr₂. The input parameters are the temperatures of the main components, heat exchanger effectiveness and pump efficiency. Using this software, the authors compared the effect of operating temperature on the performance of the cycle. They concluded that NH₃-LiNO₃ solution is more advantageous especially at low generator temperature (75 °C).

A dynamic simulation program for double-effect absorption chiller with an object-oriented formulation and a parallel processing architecture has been presented by Matsushima [7]. The governing equations were solved with Runge-Kutta-Gill method.

Shin et al. [8] presented a dynamic model of a double-effect LiBr-H₂O absorption chiller developed in Microsoft Visual C++ using object-oriented programming language. Their simulation results were compared with the test data of a commercial medium size chiller and they found a good agreement except for the first 83 min during which different flow rates of the weak solution caused some discrepancy.

The purpose of this study is to develop a modular model for LiBr-H₂O, NH₃-LiNO₃ and NH₃-NaSCN absorption systems using object-oriented concept in C# programming language that can predict the yearly performance of the systems that are driven by solar energy.

2. Description of the model

The schematic representation of the absorption system configuration operating with LiBr-water solution or ammonia-salt mixture is provided in Figure 1.

The solution exits the absorber, is pumped through the solution heat exchanger and is heated by the solution that comes from the generator. The refrigerant is separated from the solution in the generator. The refrigerant vapor exits the generator and the solution returns to the absorber through the valve. Refrigerant liquid is produced in the condenser at high pressure and passes through the throttling valve reducing its pressure. At low pressure the refrigerant enters the evaporator and takes the heat from the sink. Then, low pressure vapor from the evaporator is absorbed in the absorber by the solution. The heat generated during the absorption process is removed by cooling water or environmental air. In order to improve the system performance, a refrigerant heat exchanger is included in the cycle which precools the condensate before expansion and superheats the refrigerant vapor before entering the absorber.

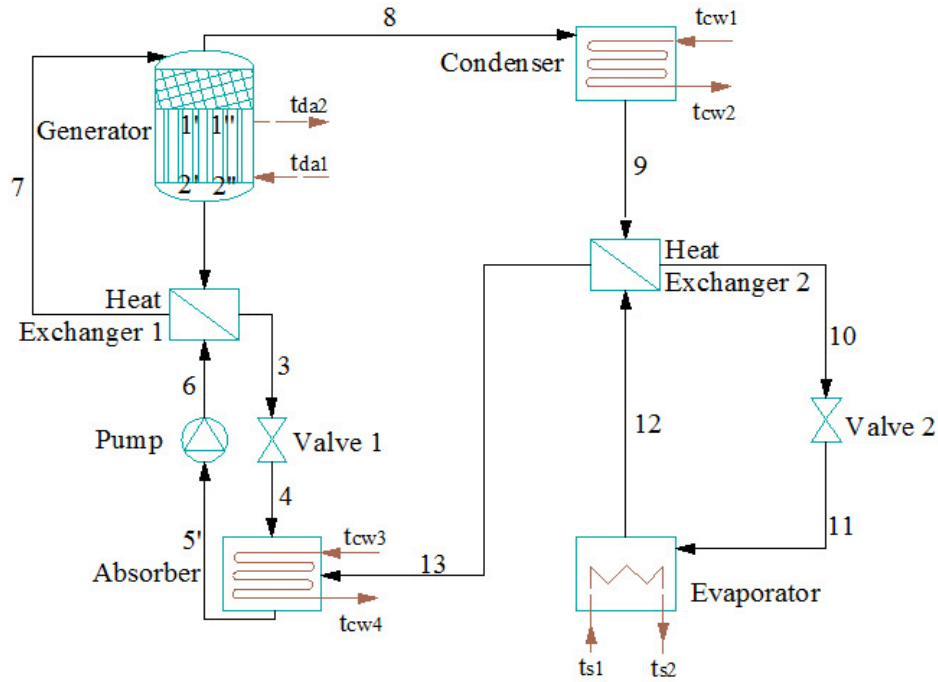


Figure 1- Schematic representation of the absorption system

' - saturated liquid, " - saturated vapor

Several operating conditions and assumptions were made:

- The pressure drops in pipelines and heat exchangers are negligible.
- The temperature of the coolant at the condenser outlet is 5 K higher than the temperature at the inlet.

$$\Delta t = t_{w,o} - t_{w,i} = 5 \text{ K}$$

- The refrigerant at the outlet of the condenser is saturated liquid.
- The refrigerant at the outlet of the evaporator is saturated vapour.
- The difference between the temperature of the chilled fluid at the inlet and outlet of the evaporator is:

$$\Delta t = t_{s,i} - t_{s,o} = 3 \text{ K}$$

- The pressure of the generator is assumed to be equal to the condenser pressure:

$$p_G = p_C$$

- The temperature of the vapor is assumed to be equal to the temperature of the solution that enters the generator.
- Solution is at equilibrium condition at the exit of the absorber.
- The difference between the temperature of the heat rejection fluid at the inlet and outlet of the absorber is:

$$\Delta t = t_{ca,o} - t_{ca,i} = 5 \text{ K}$$

- The pressure of the absorber is assumed to be equal to the evaporator pressure:

$$p_A = p_E$$

The condenser can be cooled with air or with water. The heat transfer rate for a condenser is expressed as follows:

$$\dot{Q}_C = U_C A_C \Delta t_{mc} = \dot{m}_w c_{p_w} (t_{w,o} - t_{w,i}) \quad (1)$$

where U_C is the overall heat transfer coefficient, A_C is the heat transfer area of the condenser and Δt_{mc} is the log mean temperature difference of condenser and is expressed as follows:

$$\Delta t_{mc} = \frac{t_{w,o} - t_{w,i}}{\ln \left(\frac{t_c - t_{w,i}}{t_c - t_{w,o}} \right)} \quad (2)$$

The specific heat relates to the heat rejection fluid: air or water.
The condenser temperature will be:

$$t_c = \frac{t_{w,o} - t_{w,i} \cdot e^{-\frac{U_C A_C}{\dot{m}_w c_{p_w}}}}{1 - e^{-\frac{U_C A_C}{\dot{m}_w c_{p_w}}}} \quad (3)$$

The evaporator temperature is expressed in a similar way:

$$t_E = \frac{t_{s,i} - t_{s,o} \cdot e^{-\frac{U_E A_E}{\dot{m}_E c_{p_E}}}}{1 - e^{-\frac{U_E A_E}{\dot{m}_E c_{p_E}}}} \quad (4)$$

The generator mass balance is:

$$\dot{m}_7 \cdot x_7 = \dot{m}_8 \cdot x_8 + \dot{m}_2 \cdot x_2 \quad (5)$$

with x_8 the concentration of refrigerant in the vapor flow.

The flow ratio is defined as the ratio of the mass flow rate of the solution from the absorber to the mass flow rate of the refrigerant:

$$f = \frac{\dot{m}_7}{\dot{m}_8} \quad (6)$$

From the previous equations, the circulation ratio is obtained:

$$f = \frac{x_8 - x_2}{x_7 - x_2} \quad (7)$$

Considering the states indicated in Figure 1, the following energy balances can be derived.

For the condenser:

$$\dot{Q}_C = \dot{m}_r (h_8 - h_9) \quad (8)$$

For the generator:

$$\dot{Q}_G = \dot{m}_r [h_8 + (f - 1)h_2 - f \cdot h_7] \quad (9)$$

For the absorber:

$$\dot{Q}_A = \dot{m}_r [h_{13} + (f - 1)h_4 - f \cdot h_5] \quad (10)$$

The refrigerant mass flow is obtained from the energy balances at the evaporator:

$$\dot{Q}_E = \dot{m}_r (h_{12} - h_{11}) \quad (11)$$

For the solution heat exchanger:

- hot side

$$\dot{Q}_{she-h} = \dot{m}_r (f - 1)(h_2 - h_3) \quad (12)$$

- cold side

$$\dot{Q}_{she-c} = \dot{m}_r f (h_7 - h_6) \quad (13)$$

For the pump:

$$\dot{W}_P = \dot{m}_r f (h_6 - h_5) \quad (14)$$

The coefficient of performance for refrigeration is defined as:

$$COP_R = \frac{\dot{Q}_E}{\dot{Q}_G + \dot{W}_P} \quad (15)$$

The coefficient of performance for heating is the ratio of the rejected heat to the external heat input:

$$COP_H = \frac{\dot{Q}_A + \dot{Q}_C}{\dot{Q}_G + \dot{W}_P} \quad (16)$$

3. Results

The model has been implemented using C# programming language in Microsoft Visual Studio 2005. Each component of the system is represented by a class. Thermodynamic properties for LiBr-H₂O mixture have been provided with a FORTRAN subroutine developed by Kim [6] and C# programming language has been used to link the FORTRAN subroutine to the model. Equations for the thermodynamic properties for ammonia-lithium nitrate and ammonia-sodium thiocyanate solutions have been taken from Infante Ferreira [4].

Each component of the absorption system is simulated by providing the physical equations such as energy balance, conservation of mass, heat and mass transfer and thermodynamic equilibrium. These equations use the thermodynamic properties of the working fluid.

The input parameters for the absorption cycle are: the inlet heating medium temperature, the inlet cooling medium temperature, the inlet application fluid temperature and the cooling power [Figure 2].

Figure 2 - The input data form

State Point	Temperature [C]	Pressure [kPa]	Concentration [-]	Enthalpy [kJ/kg]
Condensator In	85	8.6	0	2652.3
Condensator Out	42.9	8.6	0	179.7
Valve 1 In	50	8.6	0.604	138.2
Valve 1 Out	50	1.73	0.604	138.2
Valve 2 In	14.8	8.6	0	62.1
Valve 2 Out	15.3	1.73	0	62.1
Evaporator In	15.3	1.73	0	62.1
Evaporator Out	15.3	1.73	0	2529.7
Abs vapor In	32.9	1.73	0	2647.4
Absorber In	50	1.73	0.604	138.2
Absorber Out	45	1.73	0.544	103.7
Pump In	45	1.73	0.544	103.7
Pump Out	45	8.6	0.544	103.7
HE Cold In	45	8.6	0.544	103.7
HE Hot In	90	8.6	0.604	215.3
HE Cold Out	76.5	8.6	0.544	173.2
HE Hot Out	50	8.6	0.604	138.2
HER Cold In	15.3	1.73	0	2529.7
HER Hot In	42.9	8.6	0	179.7
HER Cold Out	32.9	1.73	0	2647.4
HER Hot Out	14.8	8.6	0	62.1
Gen vapor Out	85	8.6	0	2652.3
Generator In	85	8.6	0.5	173.2
Generator Out	90	8.6	0.604	215.3

Figure 3 - Thermodynamic parameters

The program calculates the temperature, pressure, concentration and enthalpy at each state point in the system and the heat flux at each unit from which the coefficient of performance is determined. The parameters for each component of the system are presented in a table [Figure 3] or they can be displayed at their location in the system. The cycle can be viewed in a pressure-temperature-concentration (P-T-X) diagram. Figure 4 shows the predicted crystallization line which gives the limit of operation of the different cycles.

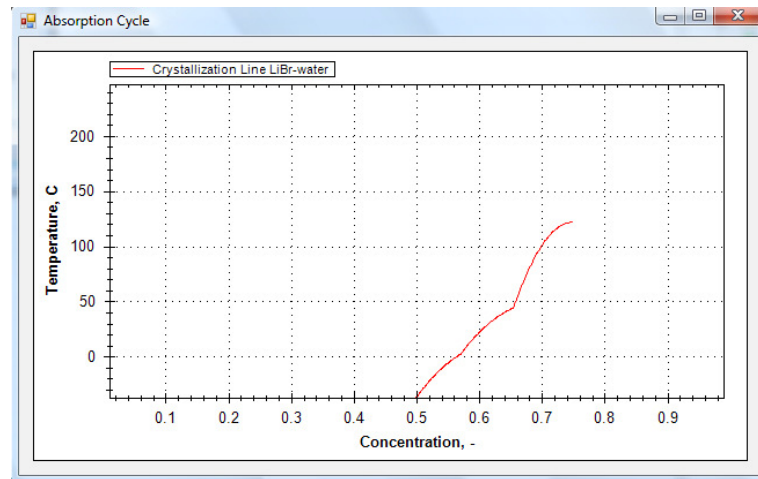


Figure 4- Representation of LiBr-H₂O crystallization line

4. Conclusions

In this paper a modular dynamic model for absorption systems is presented. The modular approach is obtained with the object-oriented concept. This model allows flexible simulation for absorption systems, where the system components can be reused to compose new systems. In the future, double effect or triple effect cycles operating with different working fluids will be investigated with this model.

Acknowledgements

This work was supported by the Program “Sectorial Operational Programme Human Resources Development” under the contract no. 3894/2008 “Doctoral Scholarships in Engineering of Built Environment”.

References

- [1] Fu D. G., Poncia G., Lu Z., *Implementation of an object-oriented dynamic modeling library for absorption refrigeration systems*, Applied Thermal Engineering 26, 2006, 217-225
- [2] Grossman G., Wilk M., *Advanced modular simulation of absorption systems*, International Journal of Refrigeration, Volume 17, Nr. 4, 231- 244, 1994
- [3] Grossman G., Zaltash A., *ABSIM - modular simulation of advanced absorption systems*, International Journal of Refrigeration 24, 531-543, 2001

- [4] Infante Ferreira C.A. *Thermodynamic and physical property data equations for ammonia-lithium nitrate and ammonia – sodium thiocyanate solutions*, Solar Energy Vol. 32, No. 2, pp. 241-236, 1984
- [5] Karamangil M.I., Coskun S., Kaynakli O., Yamankaradeniz, *A simulation study of performance evaluation of single-stage absorption refrigeration system using conventional working fluids and alternatives*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 1969-1978, 2010
- [6] Kim D.-S., *Solar absorption cooling*, Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, Netherlands, 2007
- [7] Matsushima H., Fujii T., Komatsu T., Nishiguchi A., *Dynamic simulation program with object-oriented formulation for absorption chillers (modeling, verification and application to triple-effect absorption chiller)*, International Journal of Refrigeration 33, 259-268, 2010
- [8] Shin Y., Seo J. A., Cho. H. W., Nam S. C., Jeong J. H., *Simulation of dynamics and control of a double-effect LiBr-H₂O absorption chiller*, Applied Thermal Engineering 29, 2718-2725, 2009
- [9] Sun D. *Comparison of the performance of NH₃-H₂O, NH₃-LiNO₃, and NH₃-NaSCN absorption refrigeration systems*, Energy Convers. Mgmt Vol. 39, No. 5/6, pp. 357-368, 1998

Reglarea puterii termice livrate de instalațiile interioare de încălzire centrală, factor important în economia consumului de energie

Adjusting thermal power plants supplied by interior central heating factor energy economy

Florin Iordache, Vlad Iordache

Universitatea tehnica de constructii București, Romania

Rezumat: Această lucrare își propune să evidențieze importanța de modernizare a instalațiilor de încălzire interioare asupra performanței energetice a clădirii. Această lucrare prezintă analiza situației energetice a patru categorii de clădiri: fara reabilitare termica sau a instalatiei, doar reabilitare termica, doar reabilitarea instalatiei, ambele variante. Rezultatele sunt prezentate grafic, astfel încât importanța modernizării instalației de interior se evidențiază.

Abstract: This paper aims to highlight the importance of modernization of the indoor heating installations on the building's overall energy performance. This paper presents the energy situation analysis of four categories of buildings: neither construction nor installation thermal rehabilitation, only construction rehabilitation, only installation rehabilitation, both rehabilitations. Results are presented graphically so that the importance of modernizing the indoor installation is highlighted.

Cuvinte cheie: reabilitare termica, reabilitarea instalatiei

Key-words: thermic rehabilitation, installation thermal rehabilitation

1. Introducere

Reducerea consumului de energie produs pe bază de combustibil fosil reprezintă o prioritate importantă a autorităților din domeniul economiei României, la fel cum de altfel îl reprezintă și pentru celelalte state din uniunea europeană din care facem parte.

Acest lucru se reflectă vizibil în domeniul clădirilor și sistemelor de alimentare centralizată cu căldură, prin măsurile permanente care se iau în ceea ce privește reabilitarea și modernizarea clădirilor din domeniul rezidențial și terțiar și al sistemelor de alimentare cu utilități. Astfel în ceea ce privește clădirile sunt bine cunoscute reabilitările termice care au capatat o tot mai mare amploare iar în domeniul alimentării centralizate cu căldură, de asemenea s-au facut numeroase reabilitari și modernizari importante.

În lucrarea de față se prezintă importanța modernizării instalațiilor interioare de alimentare cu utilități în contextul reducerii consumului de combustibil pe bază de

hidrocarburi, atât în cazul clădirilor reabilitate pe parte de construcție dar și în cazul clădirilor nereabilitate pe parte de construcție.

2. Randamentul de reglare al instalațiilor interioare de încălzire

Definim randamentul de reglare al instalațiilor interioare de încălzire ca fiind raportul dintre necesarul de căldură al clădirii și fluxul termic livrat de către instalația de încălzire în vederea asigurării acestui necesar de căldură. După cum se observă, atât necesarul de căldură al clădirii cât și fluxul termic livrat de instalația de încălzire sunt puteri termice (W). Pentru a discuta mai concret despre acest randament al instalațiilor interioare de încălzire se va face apel la descrierea curentă a necesarului de căldură al unei clădiri prin relația :

$$Q_{NEC} = H \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (1)$$

în care :

H – factorul de cuplaj termic total al clădirii (W/K);

t_{i0} – temperatura interioară de calcul medie volumică a clădirii (°C);

t_e – temperatura exterioară curentă (°C);

Dacă detaliem factorul de cuplaj termic H, relația (1) devine :

$$Q_{NEC} = V \cdot G \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (2)$$

în care :

V – volumul clădirii (m³);

G – coeficientul global de izolare termică al clădirii (W/m³.K);

Se observă că necesarul curent de căldură al clădirii este produsul dintre volumul clădirii (parametru care reflectă mărimea clădirii), coeficientul global de izolare termică și diferența de potențial termic dintre spațiul interior și cel exterior, la momentul curent.

Ținând seama de faptul ca primii doi factori din relația (2) au valoare constantă pe tot parcursul sezonului de încălzire o imagine globală asupra dinamicii necesarului de căldură al clădirii o avem dacă utilizăm o diagramă folosită frecvent pentru determinarea numărului anual de grade-zile.

După cum este cunoscut, numărul anual de grade-zile este suprafața cuprinsă între dreapta orizontală a temperaturii interioare normate și curba temperaturilor aerului exterior. Valoarea numărului anual de grade-zile multiplicată cu coeficientul global de cuplaj termic al clădirii permite determinarea consumului de căldură anual necesar al clădirii.

$$Q_{CONS} = 0.024 \cdot V \cdot G \cdot N_{GZ} \quad (3)$$

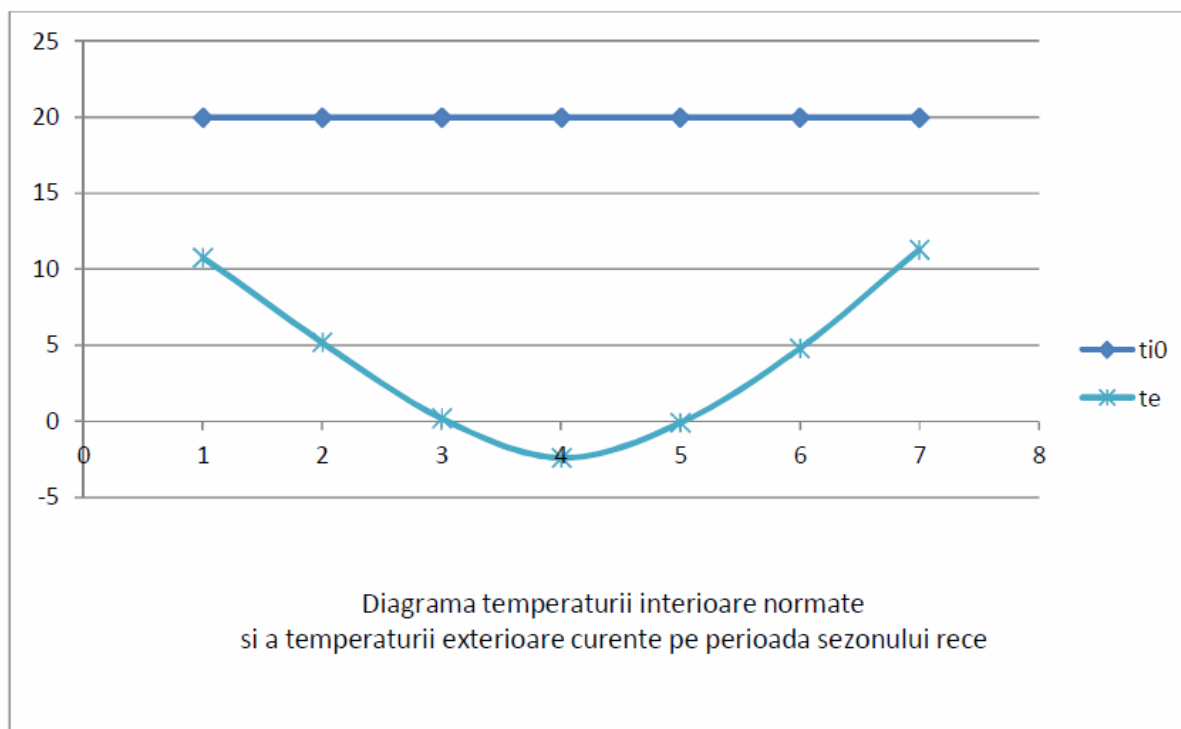


Fig. 1

De asemenea, după cum este cunoscut, față de situația prezentată în diagrama din fig.1, trebuie introduse în discuție și aporturile interioare și exterioare de căldură care apar gratuit în oricare din clădirile construite și utilizate. Clădirea este practic alimentată de două surse de energie termică : instalația de încălzire centrală și aporturile de căldură gratuite, interioare și exterioare. Se va discuta în continuare situația energetică care apare în două situații diferite și anume :

- A. cazul clădirii nereabilitate termic pe parte de construcție și
- B. cazul clădirii reabilitate termic pe parte de construcție

A. Cazul clădirii nereabilitate termic pe parte de construcție

În cazul clădirii nereabilitate termic pe parte de construcție apar două situații distincte și anume :

- a. Situația în care instalația interioară de încălzire este nemodernizată (adică dotată cu vechii robineti netermostatici pe corpurile de încălzire) și
- b. Situația în care instalația interioară de încălzire a fost modernizată (adică dotată cu robineti termostatici pe corpurile de încălzire)

a. Situația în care instalația interioară de încălzire este nemodernizată (adică dotată cu vechii robineti netermostatici pe corpurile de încălzire)

Considerând că în instalația de încălzire centrală se face reglajul termic calitativ centralizat, adică se acordă permanent temperatura agentului termic cu temperatura exterioară, rezultă că, dat fiind pe de-o parte existența aporturilor de căldură iar pe de altă parte existența unor robinete vechi netermostatice, temperatura interioară se va ridica peste valoarea normată (t_{i0}). În fig. 2 se prezintă graficul temperaturilor pe perioada sezonului rece. În această situație diminuarea puterii termice livrate de instalația de încălzire centrală este practic nesemnificativă.

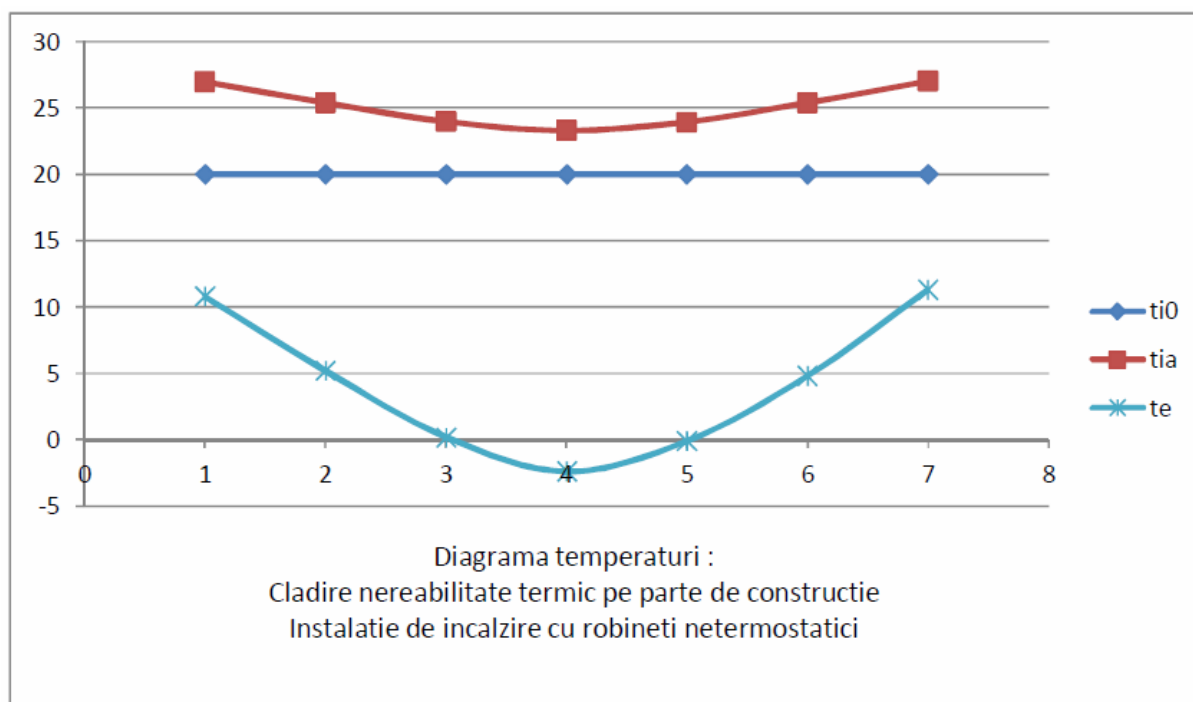


Fig. 2

b. Situația în care instalația interioară de încălzire este nemodernizată (adică dotată cu vechii robinete netermostatici pe corpurile de încălzire)

Existența robinetelor termostatici transformă instalația de încălzire într-o instalație inteligentă care are posibilitatea sa-și reducă puterea termică livrată în condițiile în care este sesizată creșterea temperaturii interioare ca urmare a apariției aporturilor de căldură gratuite. O diagrama sugestivă în acest caz este prezentată în fig. 3. Instalația de încălzire centrală echipată cu robinete termostatici reglată conform reglajului termic calitativ centralizat, va ridica temperatura interioară până la nivelul curbei t^* , în continuare până la nivelul dreptei orizontale t_{i0} ridicarea temperaturii interioare efectuându-se datorită aporturilor interioare și exterioare de căldură.

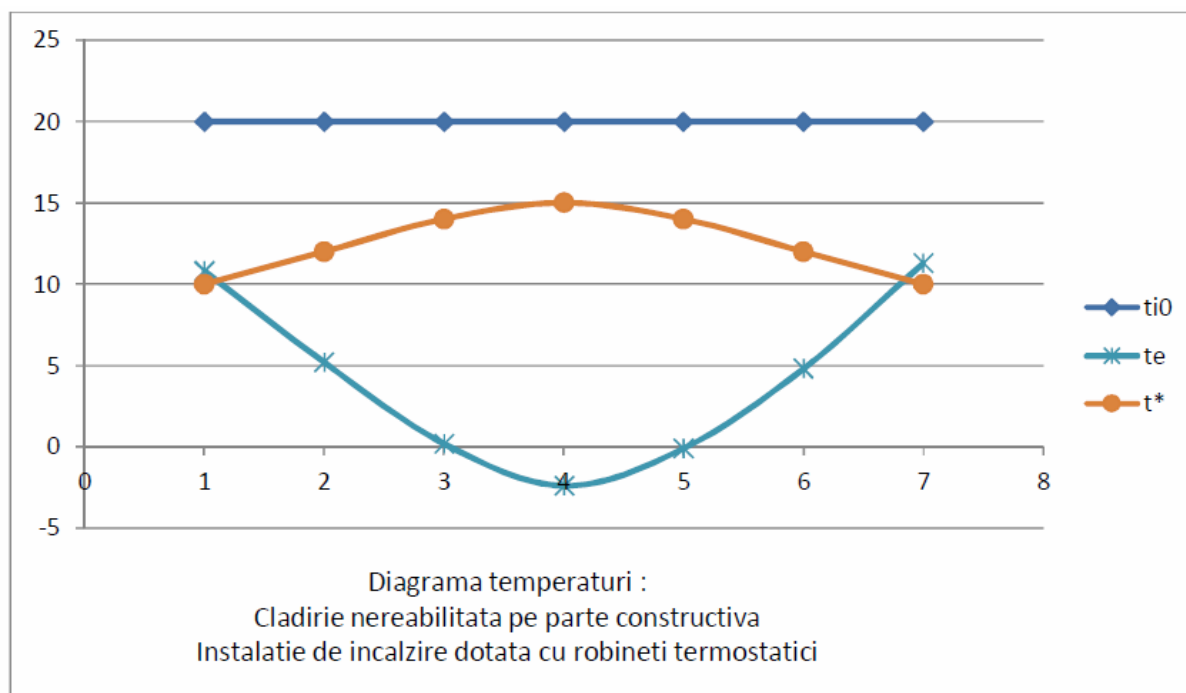


Fig. 3

Se poate defini un randament global anual de reglare al instalației de încălzire centrală ca raportul între numărul anual de grade-zile stabilit ca suprafața cuprinsă între curbele t_e și t^* din diagrama din fig. 3 și numărul de grade-zile stabilit ca suprafața dintre curbele t_e și t_{i0} tot din fig. 3. Determinând acest randament de reglare în cazul unei clădiri concrete s-a obținut o valoare de cca. 80%. Valoarea este absolut particulară, fiind strict asociată clădirii considerate și care a fost plasată într-o anumită localitate din zona I din România. În general se obțin pentru acest randament valori cuprinse între : 0.70 și 0.92.

$$Q_{INC} = \frac{Q_{CONS}}{\eta_R} \quad (4)$$

B. Cazul clădirii reabilitate termic pe parte de construcție

În situația clădirii reabilitate termic pe parte de construcție situația este mai dificil de analizat dat fiind că după reabilitarea termică a construcției clădirii instalația de încălzire nu a fost modificată din punct de vedere dimensional adică nu s-au schimbat suprafața și debitul de agent termic nominal. De asemenea, clădirea fiind integrată unui ansamblu urbanistic în care cele mai multe clădiri din vecinătatea sa sunt nereabilitate termic pe parte constructivă, va primi agent termic reglat ca temperatură pentru clădirile nereabilitate termic. În consecință, chiar dacă aporturile de caldură gratuite lipsesc, temperatura interioară are tendința de a fi influențată. Și în acest caz trebuie discutate separat cele două situații menționate la cazul A.

a. Situația în care instalația interioară de încălzire este nemodernizată (adică dotată cu vechii robineti netermostatici pe corpurile de încălzire)

Dacă instalația este nemodernizată (cu robinete netermostatice la corpurile de încălzire) și în ipoteza unor aporturi de căldură gratuite nule, temperatura interioară se va ridica la nivelul curbei t_{ir} din fig. 4. În situația în care se ține seama și de aporturile gratuite de căldură temperatura interioară se ridică la nivelul curbei t_{ira} din fig. 4.

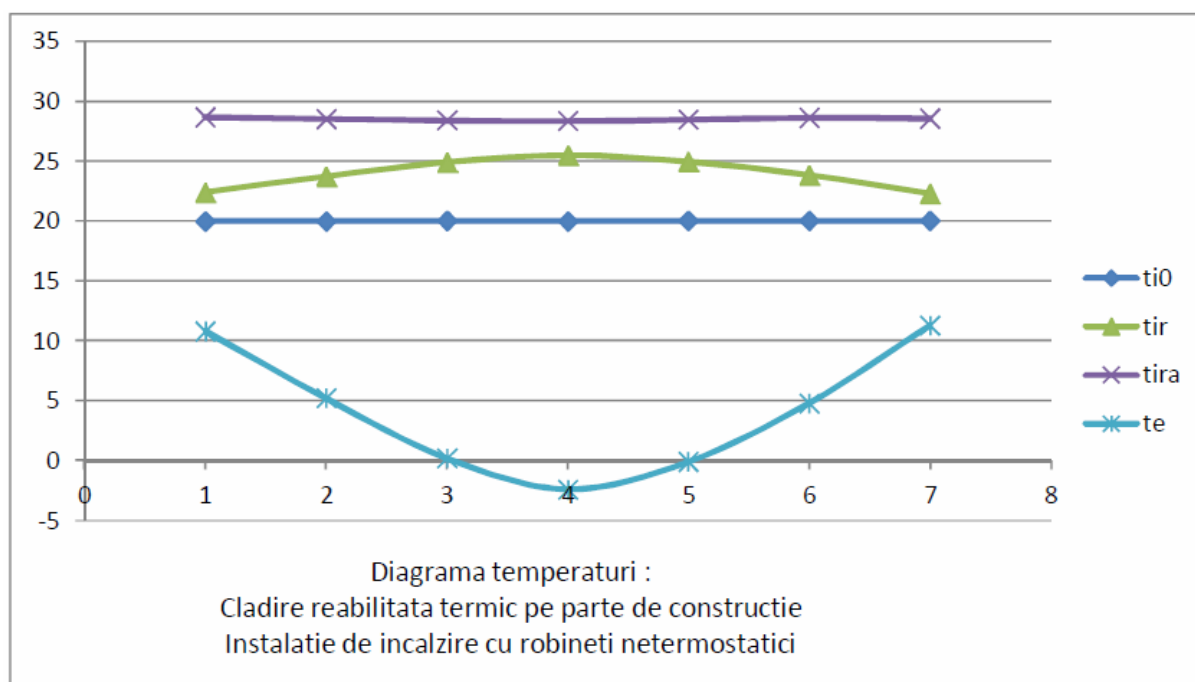


Fig. 4

În fig. 4 totuși trebuie să remarcăm faptul ca instalația de încălzire centrală contribuie cu ridicarea temperaturii interioare la nivelul curbei t_{ir} , față de cazul anterior când ea nu contribuia decât cu ridicarea temperaturii interioare până la nivelul drepte t_{i0} .

b. Situația în care instalația interioară de încălzire a fost modernizată (adică dotată cu robineti termostatici pe corpurile de încălzire)

În situația în care și instalația de încălzire centrală a fost modernizată prin echiparea corpurilor de încălzire cu robinete termostactice și este reglată conform reglajului termic calitativ centralizat, ea va ridica temperatura interioară până la nivelul curbei t^* , în continuare până la nivelul dreptei orizontale t_{i0} ridicarea temperaturii interioare efectuându-se datorită aporturilor interioare și exterioare de căldură. În aceasta situație însă se poate defini un randament global anual de reglare al instalației de încălzire centrală ca raportul între numărul anual de grade-zile stabilit ca suprafața cuprinsă între curbele t_e și t^* din diagrama din fig. 5 și numărul anual de grade-zile stabilit ca suprafața dintre curbele t_e și t_{ir} tot din fig. 5. Determinând acest randament de reglare în cazul unei clădiri concrete s-a obținut o valoare de cca. 67%. La fel ca și în situația anterioară valoarea este absolut particulară, fiind strict asociată clădirii

considerate și care a fost plasată într-o anumită localitate din zona I din România. În general se obțin pentru acest randament valori cuprinse între : 0.57 și 0.83.

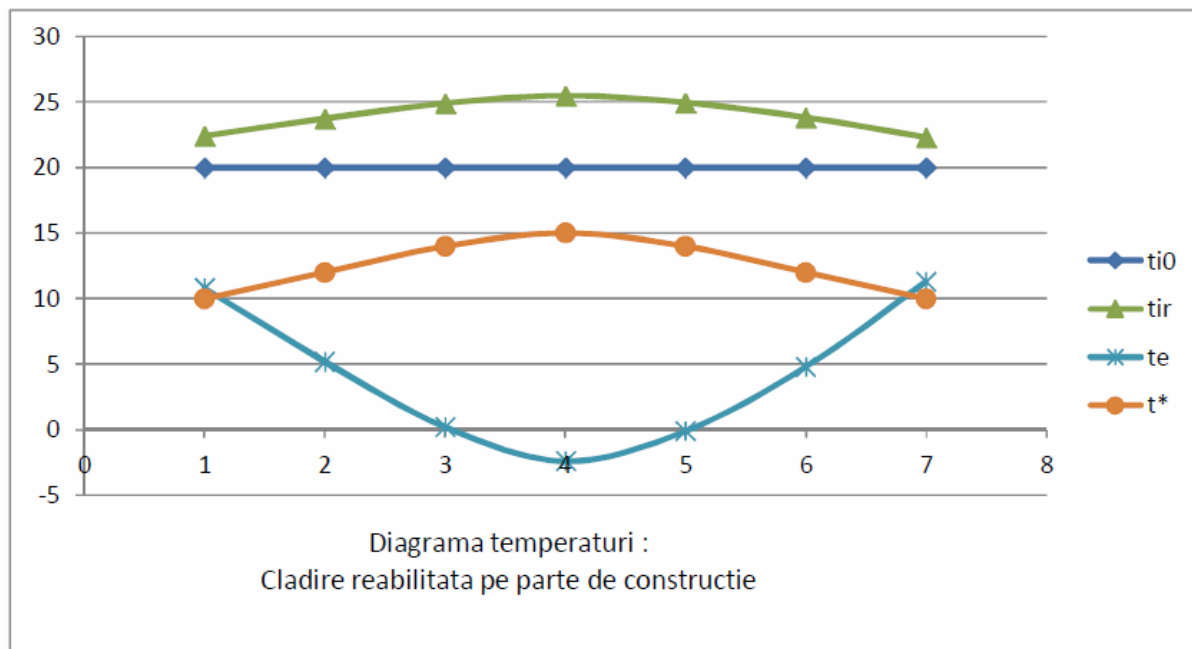


Fig. 5

Astfel :

$$Q_{INC}^* = \frac{Q_{CONS}^*}{\eta_R^*} \quad (5)$$

În situația clădirii reabilitate pe parte de construcție, temperatura exterioară de echilibru t^* este plasată la valori mai scăzute decât în cazul clădirii nereabilitate, și cum temperatura $t_{ir} > t_{i0}$ rezultă evident :

$$\eta_R^* < \eta_R \quad (6)$$

Pe de altă parte, dat fiind că în cazul clădirii reabilitate pe parte de construcție coeficientul global de izolare termică este inferior celui corespunzător clădirii nereabilitate, va rezulta :

$$Q_{INC}^* < Q_{CONS} \quad (7)$$

și de regulă :

$$Q_{INC}^* < Q_{INC} \quad (8)$$

Este utilă însă o analiză amanunțită asupra relației dintre Q_{INC}^* și Q_{INC} .

Pe baza unor prelucrări a relațiilor menționate, rezultă pentru clădirea nereabilitată pe parte de construcție și fără modernizarea instalațiilor interioare de încălzire :

$$Q_{CONS} = 0.024 \cdot V \cdot G \cdot N_{GZ} \quad (9)$$

iar pentru clădirea reabilitată pe parte de construcție însă fără modernizarea instalațiilor interioare de încălzire :

$$Q_{CONS}^* = 0.024 \cdot V \cdot G^* \cdot N_{GZ}^* \quad (10)$$

În cazul clădirii reabilite pe parte de construcție coeficientul global de izolare termică, G^* , este mai mic decât în cazul clădirii nereabilite, G , însă numărul anual de grade-zile, N_{GZ}^* este mai mare decât N_{GZ} , deoarece suprafața instalației de încălzire a ramas cea deja existentă și temperatura interioară suferă creșteri peste valoarea normată chiar în ipoteza aporturilor de caldură nule. Este necesară analiza unor situații concrete pe baza relațiilor (9) și (10).

3. Concluzii

Se observă, din cele prezentate mai sus, importanța deosebită a modernizării și reabilitării instalațiilor interioare de încălzire centrală din clădirile existente, chiar dacă ele nu au fost reabilite pe parte de construcție, dar mai ales în situația în care ele au fost reabilite termic pe parte de construcție.

În situația în care se face doar reabilitarea termică a clădirii pe parte de construcție fără a se moderniza instalația de încălzire centrală economia de energie termică este minoră și nu justifică în niciun fel investiția făcută.

În cazul reabilitării termice a clădirii pe parte de construcție, soluția de modernizare a instalației interioare de încălzire este de fapt ceva mai complexă decât modernizarea prin montarea de robinete termostactice, implicând și refacerea graficului de reglaj termic calitativ centralizat.

Bibliografie

1. SR-4839 / 1997 – Instalații de încălzire. Numărul anual de grade-zile;
2. NP-048 / 2000 – Normativ pentru expertizarea termică și energetică a clădirilor existente și instalațiilor de încălzire și prepararea apei calde de consum aferente acestora – Buletinul construcțiilor, vol4/2001;

3. Mc001/2006 – Metodologia de auditare energetică a clădirilor noi și existente;
4. Comportamentul dinamic al echipamentelor și sistemelor termice, ed. 3-a – Florin Iordache – ed. Matrix – 2008;
5. Termotehnica construcțiilor, ed. 3-a – Florin Iordache – ed. Matrix – 2010;

Solutii tehnice pentru reducerea nivelului de zgomot propagat la functionarea unei spalatorii auto

Technical solutions for noise reduction propagated to the operation of a car wash

Mariana Cristina STAN¹, Mircea ALEXE²

¹ Universitatea Spiru Haret

Bd. Ion Ghica nr. 13, sector 3, Bucuresti, Romania

E-mail: sonobel_ms3@yahoo.co.uk

² Universitatea Spiru Haret

Bd. Ion Ghica nr. 13, sector 3, Bucuresti, Romania

E-mail: mirceaalexe@yahoo.com

Rezumat: *Lucrarea prezinta solutii tehnice pentru reducerea nivelului de zgomot propagat de la o spalatorie auto catre imobilul invecinat, in vederea respectarii legislatiei tehnice in vigoare privind confortul acustic in cladirile invecinate.*

Abstract: *This publication describes technical solutions for noise level reduction, propagated from an auto wash house to the neighbouring house, to keep to the active technical laws referring to acoustical confort in neighbouring buildings*

Cuvinte cheie: *nivel de zgomot, izolare fonica, zgomot de trafic, vata minerala, limite admisibile*

Key words: *noise level, sound insulation, traffic noise, mineral wool, admissible limits*

1. Introducere

Prezentul studiu are ca scop elaborarea unor propuneri de solutii tehnice de principiu pentru reducerea nivelului de zgomot propagat de la o spalatorie auto din Bucuresti, catre imobilul invecinat; prin adoptarea solutiilor se urmareste desfasurarea activitatii in acest spatiu cu respectarea conditiilor de confort acustic – precizate in legislatia tehnica in vigoare – pentru cladirile invecinate.

Spalatoria auto este compusa din patru boxe de spalare, aflate intr-o incinta cu dimensiuni de cca. 4,00 x 16,00 x 3,60 m.

Sursele de zgomot ce au fost luate in considerare in prezentul studiu, se pot grupa astfel:

- 2 aparate cu jet de apa;
- 2 aspiratoare;
- 2 aparate spumante;
- 1 compresor.

Aparatele care sunt folosite la jeturile de apa si compresorul sunt montate intr-un garaj tip „GRANITUL”, amplasat langa cladirea spalatorii.

Programul de functionare al spalatorii auto este intre orele 08,00 si 20,00.

2. Limite admisibile ale nivelului de zgomot

2.1 Valoarea admisibilă a nivelului de zgomot echivalent exterior unei clădiri de locuit (măsurată la 3,00 m de fațada clădirii) este de **50 dB(A)**, conform prevederilor STAS 10009 – 88 “Acustica urbana. Limite admisibile ale nivelului de zgomot urban”/6/.

2.2 Valoarea admisibilă a nivelului de zgomot echivalent exterior unei incinte industriale (asa cum este spalatoria auto) este de **65 dB(A)**, conform prevederilor standardului mentionat anterior.

2.3 Conform prevederii art. 2.2 obs.2 din STAS 10009 – 88, „ *in cazul a doua sau mai multe zone si dotari functionale cu valori diferite ale nivelului de zgomot, ca limita admisibila pe linia de separatie intre aceste zone se ia valoarea cea mai mica*” (in cazul de fata, **50 dB(A)**).

3. Calculul izolarii fonice necesare

Din analiza nivelurilor de zgomot masurate rezulta valorile prezentate sintetic in tabelul 1.

Tabel 1

Nr. crt.	Situatia de masurare	Nivel global, in dB (A)
1	Zgomot de fond (fara trafic si fara sursele de zgomot din spalatorie)	49
2	Zgomot de trafic (fara sursele de zgomot din spalatorie)	57,2
3	Instalatii (fara spalarea cu jet de apa) + trafic	60
4	Instalatii (cu spalarea cu jet de apa) + trafic	62,2

Valorile de mai sus permit evidentierea nivelului **real** al surselor monitorizate, L_A , in conditiile existentei unui zgomot de trafic mai mare de 50 dB (A), prin metoda diferentei nivelurilor de presiune acustica.

Nivelul de zgomot **total**, L_T , (sursele monitorizate + trafic) este prezentat in situatiile de la pct. 3 si 4.

Nivelului de zgomot fara functionarea sursei monitorizate, numit generic in continuare **nivel de trafic**, L_{tr} este prezentat in situatia de la pct. 2.

Pe baza diferentei $L_T - L_{tr}$, dintre nivelul total si nivelul de trafic se determina corectia ΔL cu relatia:

$$\Delta L = 10 \lg \frac{1}{1 - 10^{-0,1(L_T - L_{tr})}} \quad (1)$$

Nivelul **real** de presiune acustica al surselor monitorizate L_A se determina cu relatia:

$$L_A = L_T - \Delta L \quad (2)$$

Pentru cele doua situatii, nivelul real este prezentat in tabelul 2.

Tabelul 2

Situatia	L_T	L_{tr}	$L_T - L_{tr}$	ΔL	$L_A = L_T - \Delta L$
1 (de la pct. 3)	60	57,2	2,8	3	57
2 (de la pct. 4)	62,2	57,2	5,0	2	60,2

NOTA:

Situatia cu nivelul zgomotului de fond mai mic de 50 dB(A) (pct.1) nu se ia in calculul unui nivel real, pentru ca la o diferenta $L_T - L_{tr}$ mai mare de 10 dB(A) apare efectul “de mascare”, conform caruia nivelul cel mai mic nu se sesizeaza, astfel incat nivelul cel mai mare ramane neschimbat.

Calculul necesarului de izolare fonica al partii opace

Pentru a se calcula necesarul de izolare fonica suplimentara, se porneste de la indicele de atenuare acustica al foii de tabla existente, care este – la o grosime a tablei de 0,6 mm – $R_W = 22$ dB(A).

Efectul dublajului fonoizolant depinde atat de alcatuirea lui, cat si de elementul despartitor pe care acesta se aplica. Mai exact, imbunatatirea indicelui de izolare datorita dublajului, ΔR_W , depinde de frecventa de rezonanta a ansamblului “element despartitor + dublaj”, care este in relatie inversa cu masele pe unitatea de suprafata ale elementelor. Pentru frecvente de rezonanta sub 200 Hz, imbunatatirea depinde si de indicele de izolare fonica R_W al elementului de constructie dublat.

Frecventa de rezonanta f_0 a ansamblului “element despartitor + dublaj” se determina cu relatia:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad [\text{Hz}] \quad (3)$$

in care:

m'_1 - masa pe unitate de suprafata a elementului de baza, in kg/mp;

m'_2 - masa pe unitate de suprafata a dublajului, in kg/mp;

d - grosimea spatiului de aer, in m.

In situatia analizata, calculul se va face pentru un panou sandwich alcatuit din **doua foi de tabla de 0,7 mm si o placa de vata minerala de 6 cm intre foile de tabla**

$m'_1 = 4,8 \text{ kg/mp}$ (element existent);

$m'_2 = 15,6 \text{ kg/mp}$ (dublaj propus)

$d = 0,05 \text{ m}$.

Inlocuind in relatia (3), rezulta

$$f_0 = 123 \text{ Hz}$$

Imbunatatirea indicelui de atenuare al elementului despartitor se determina in functie de frecventa de rezonanta a ansamblului “element despartitor + dublaj”.

Pentru aceasta frecventa, imbunatatirea ΔR_W se calculeaza cu relatia:

$$\Delta R_W = 31 - \frac{R_W}{2} \quad (4)$$

$$\Delta R_W = 31 - 22/2 = 20 \text{ dB(A)}.$$

Rezulta ca indicele de izolare al ansamblului “element despartitor + dublaj” (deci al partii opace din peretele spalatoriei) va fi:

$$R_{W\text{TOTAL}} = 22 + 20 = 42 \text{ dB(A)}$$

Calculul necesarului de izolare fonica al partii vitrate

Se porneste de la ipoteza ca, prin introducerea unei parti vitrate (cu o izolare fonica mai mica decat a partii opace) izolarea fonica a intregii suprafete a peretilor va scadea de la **42 dB (A)** la cca **35 dB (A)**, pentru a se putea respecta limitele admisibile precizate in cap. 2.

Cu ajutorul abacei din figura 2.1.4 din C 125 – 2005 “ Normativ privind proiectarea si executarea masurilor de izolare fonica si a tratamentelor acustice in cladiri” /3/(reproducata mai jos) se determina indicele de izolare necesar pentru partea vitrata R_1 .

Daca se intra in abaca de mai sus cu diferenta $R_0 - R = 42 - 35 = 7$, pentru un raport al suprafetelor $S/S_1 = 3,5$ se gaseste $R_0 - R_1 = 12$, ceea ce inseamna ca, daca $R_0 = 42$, rezulta:

$$R_0 = 30 \text{ dB (A)}$$

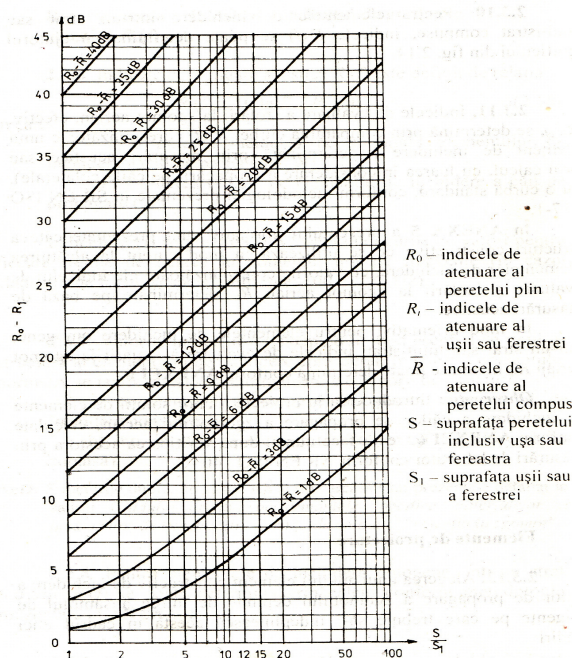


Fig. 2.14. - Determinarea indicelui de atenuare R_T al structurilor compuse

Deci, pentru ca placarea partii opace sa fie eficienta, trebuie ca parte vitrata sa aiba un indice de izolare fonica de min. **30 dB (A)**.

Daca, de exemplu, s-ar intra in abaca de mai sus cu un indice de izolare al usii de numai **22 dB (A)**, in loc de **30 dB (A)**, se va obtine o diferenta $R_0 - R_1 = 20$, ceea ce ar conduce la un indice al ansamblului “element despartitor + dublaj” de **28 dB (A)**, cu cca 7 dB (A) mai mica decat izolarea suplimentara necesara pentru a se indeplini conditia de confort acustic precizata in cap. 2.

4. Propunerea solutiilor tehnice de principiu

4.1 Pentru diminuarea zgomotului propagat de la spalatorie catre cladirea invecinata, prin **fatada opaca metalica**, se recomanda placarea acesteia, pe parte interioara, cu panouri sandwich avand urmatoarea alcatuire:

- foaie de tabla (grosime - min. 0,7 mm);
- placi din vata minerala cu densitate de 100 kg/mc (grosime – 6 cm);
- foaie de tabla (grosime - min. 0,7 mm).

NOTA:

Structura prezentata mai sus trebuie realizata pe toata inaltimea peretelui existent.

4.2 Pentru diminuarea zgomotului propagat de la spalatorie catre cladirea invecinata, prin **fatada principala** (a carei inchidere se face, in prezent, cu folii transparente din PVC) se recomanda inlocuirea acestor folii cu **usi industriale sectionale vitrate** avand indicele de izolare la zgomot aerian:

$$R'_w \geq 30 \text{ dB (A)}.$$

4.3 Pentru diminuarea zgomotului propagat din **garajul** in care sunt amplasate unele utilaje, catre cladirea invecinata, se recomanda placarea peretilor si a usilor, pe parte interioara, cu placi din vata minerala cu densitate de min. 100 kg/mc si grosime de min. 5 cm, acoperite cu impaslitura din fibre de sticla si tabla expandata sau plasa de sarma.

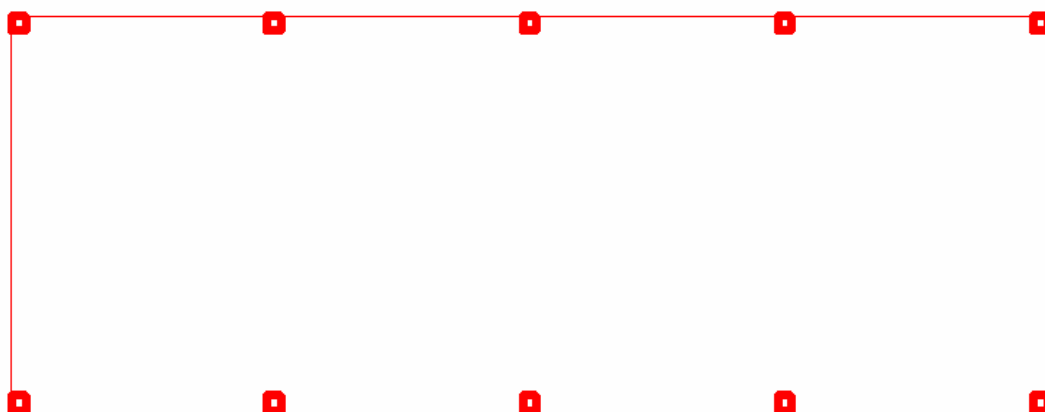
4.4 Asigurarea cerintelor de rezistenta (la actiuni mecanice, la solicitari de vant, ploaie, zapada si /sau inghet-dezghet) se va realiza prin respectarea solutiilor tehnice cuprinse in proiectul realizat dupa efectuarea acestui studiu.*

*elaborat de dr. ing.Mircea Alexe.

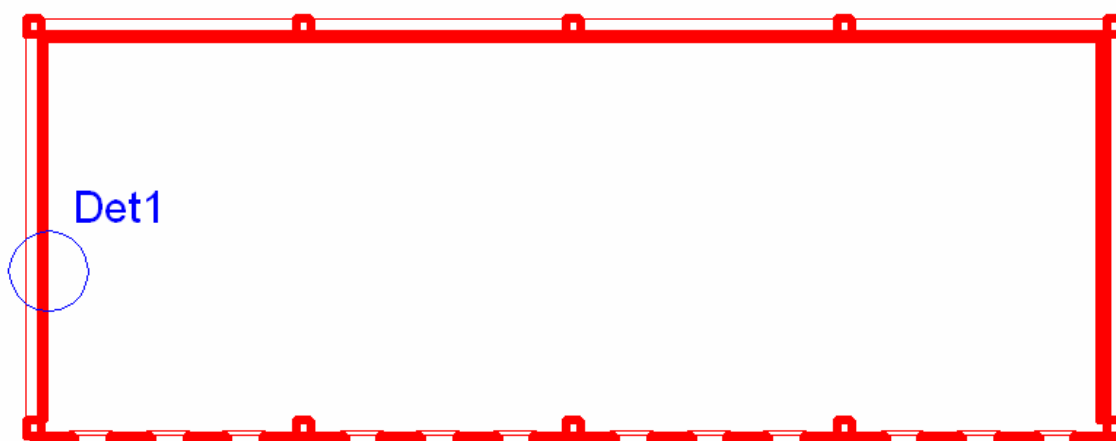
Proiectul cuprinde, pe langa detalizarea solutiilor tehnice de montare a panourilor fonoizolatoare, si solutii de crestere a sigurantei structurale a elementelor de rezistenta ale spalatorii auto (rezultate din expertiza tehnica efectuata).

Pentru exemplificare se prezinta mai jos un plan al situatiei existente la spalatorie, o schita a zonelor propuse pentru placare cu panouri fonoizolatoare si un detaliu de prinderea panoului.

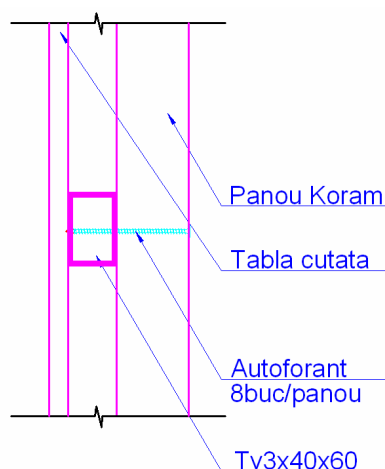
Situatie existenta



Elementele ce se placheaza cu panouri fonoizolatoare



Detaliu 1



5. Concluzii

5.1 Lucrarea prezinta solutiile tehnice necesare pentru reducerea nivelului de zgomot propagat de la o spalatorie auto catre cladirea invecinata, in vederea incadrarii acestuia in limitele admisibile precizate de legislatia tehnica in vigoare, in ceea ce priveste nivelul de zgomot exterior cladirii de locuit.

5.2 Calculul necesarului de izolare acustica s-a efectuat tinandu-se seama de caracteristicile geometrice si acustice ale partii opace, respectiv ale celei vitrate.

5.3 Pentru placarea partilor opace din fatada spalatorii cu panouri sandwich s-a avut in vedere asigurarea cerintelor de rezistenta (la actiuni mecanice, la solicitari de vant, ploaie, zapada si /sau inghet-dezghet).

6. Bibliografie

1 LOIC HAMAYON – Réussir l’acoustique d’un bâtiment, Ed. Le Moniteur, Paris, 1996

2 STAN MARIANA CRISTINA – Acustica pentru arhitecti, Ed. Fundatiei Romania de Maine, Bucuresti 2007

3 C 125 – 2005 “ Normativ privind proiectarea si executarea masurilor de izolare fonica si a tratamentelor acustice in cladiri”;

4 P 122 – 89 “ Instructiuni tehnice pentru proiectarea masurilor de izolare fonica la cladiri civile, social-culturale si tehnico-administrative”

5 STAS 10009 – 88 “Acustica urbana. Limite admisibile ale nivelului de zgomot urban”.

Managementul Proiectelor

Project Management

Nicolae Postavaru

Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania

Bd. Lacul Tei, nr. 122 - 124, sector 2

E-mail: nicolae.postavaru@gmail.com

Rezumat: *Managementul proiectelor, iata o tema actuala in ultimii 20 de ani, care sper ca dupa 15 ani de activitate in ea sa pot s-o caracterizez si s-o fac inteleasa aproximativ de toti cititori .*

Abstract: *Project management, here is a current topic in the past 20 years, I hope that after 15 years of activity she can do so characterized and understood about all readers.*

Cuvinte cheie: *investitie, management de proiect*

Key-words: *investment, project management*

Ce este managementul proiectelor ? o sa incerc sa prezint modul cum il vad eu si intelegeti de ce consider ca managementul proiectelor este:

O stare de spirit, in care iti pui toate competentele/abilitatile si relatiile in realizarea unui scop .

A) In baza experientei teoretice si practice consider ca proiectele se pot imparti in:

- I-INVESTITIONALE
- II-CONTRACTUALE
- III-PERSONALE

B) Ce le deosebeste? scopul lor, adica prima si cea mai importanta caracteristica a unui proiect,astfel:

-I-investitionalele au ca scop: dezvoltarea organizatiei, se nasc din necesitati si cer fonduri

-II-contractualele au ca scop: profitul, se nasc din licitatiile si contractile primelor

-III- personale au ca scop: persoana dvs, se nasc din dorinta de evolutie personala

C) Caracteristicile unui proiect sunt:

- 1)scopul

- 2)obiectivele, ca suma de activitati masurabile si cuantificabile
- 3)bugetul, ca suma a costurilor activitatilor si calitati acestora
- 4)durata, ca suma a timpilor de realizare a activitatilor
- 5)riscurile,ca suma a necunoscutelor vietii

D) Fazele principale a unui proiect consider a fi:

- 1) ideea, ca factor mental
- 2) scrierea proiectului (punerea ideei pe hartie, uni se opresc aici si se mandresc cu proiecte f. bune)
- 3) finatarea proiectului (daca nu e bun se gaseste greu finantarea)
- 4) implemetarea, (faza de care la multi le e frica sit e pune in relatie cu lumea reala)
- 5) mentenanta, urmarire, lectii invatate

E) Cum realizam aceste faze, este problema zilei, si pentu ca materialul de fata sa dea cateva raspunsuri sau sa confirme pe altele, sa analizam fazele proiectelor investitionale, poate cele mai cunoscute in literatura de specialitate si care le genereaza sip e cele contractual

1) Ideile: vin din studii de piata, cercetarea consumatorilor, realitatile economice, cercetarea concurentii, strategii de dezvoltare, planuride afaceri, presa, discutii libere sau de afaceri, banci, istorie, interese generale sau personale, politici, mediu etc ;

Nu intru in amanunte referitoare la continutul si realizarea acestor materiale care stau la baza ideilor pentru proiecte, ele tin de analistul investitional si sunt cunoscute si ca oportunitati de investitie sau de afaceri

2) Scrierea proiectelor, se poate face in mai multe feluri, astfel:

- a) dupa IPMA (International Project Management Association-EU si Asia)
 - b) dupa PMI (Project Management Institute –SUA)
 - c) dupa POS (Programele Operationale Structurale –Romania)
 - d) dupa recomndarile /procedurile bancilor –finatatorilor (BERD, BEI, BIRD, BDCE, ETC)
 - e) dupa cerinta autoritatilor investitoare (Ministere, Agentii etc)
- Pentru POS trebuie sa cititi ghidurile, documentele recomandate, contractele de finantare

3)Finanterea proiectelor, poate fi in functie de procentul de finantare:

- totala (100%)
- partiala (sub 100%)

Si in funtie de returnarea finantarii:

-rambursabila –se da inapoi suma imprumutata si cu dobanda aferenta, conditiile de finantare sunt mai acceptabile, interesul finantatorului este dobanda – comisionul bancar

-nerambursabila –nu se mai inapoiaza finantarea obtinuta, conditiile contractuale sunt mai stricte si finantatorul urmareste atingerea obiectivelor pentru care s-au cerut banii.

4) Implementare proiectelor

Presupune mai multe activitati de management/economice /tehnice /de marketing /juridice, de la care vin si denumirea de management de proiect:

a) Contractul

intelegerea, acceptarea, semnarea, organizare si respectare contractului de finantare; este essential sa sti sa” citesti “ contractul, impreuna cu juristii, economistii, managementul proiectului

b) Echipa

-constructia echipei, grilei responsabilitatilor din care sa rezulte componenta managementului proiectului: manager de proiect, resp financiar, jurist, achizitii-contracte, PR, control, contabilitate, audit, IT, resp tehnic, experti pe termen scurt si lung

- competentele membrilor echipei, necesare nominalizarii persoanelor ce vor ocupa posturile ;aceste competente se impart (dupa IPMA) in trei: tehnice, contextuale, comportamentale, si ele definesc profesia de manager de proiect, in continuare ele va sunt prezentate mai jos:

1. Competenta tehnica	2. Competenta comportamentala	3. Competenta contextuala
1. Succesul managementului de proiect 2. Partile interesate 3. Cererile si obiectivele proiectului 4. Risc si oportunitate 5. Calitate 6. Organizarea proiectului 7. Echipa de lucru 8. Rezolvarea problemelor 9. Structura proiectului 10. Scop si deliverables 11. Timpul si fazele proiectului 12. Resurse 13. Cost si finante 14. Achizitii si contract 15. Schimbari 16. Control si rapoarte 17. Informatii si documentatie 18. Comunicare 19. Start 20. Inchiderea	2.01 Conducere 2.02 Angajament 2.03 Auto control 2.04 Insistenta 2.05 Relaxare 2.06 Deschidere 2.07 Creativitate 2.08 Rezultatele orientarii 2.09 Eficienta 2.10 Consultanta 2.11 Negociere 2.12 Conflicte si crize 2.13 Siguranta 2.14 Aprecierea valorilor 2.15 Etica	3.01 Orientarea proiectului 3.02 Orientarea programului 3.03 Orientarea portofoliului 3.04 Implementarea proiectului, programului si portofoliului 3.05 Organizarea permanenta 3.06 Afacere 3.07 Sisteme, produse si tehnologie 3.08 Managementul personalului 3.09 Sanatate, securitate, siguranta si mediu 3.10 Finante 3.11 Legal

-cele tehnice asigura functionalitatea echipei de proiect

- cele comportamentale asigura relatia buna dintre manager si membri echipei
- cele contextuale asigura relatia buna dintre echipa /manager si terti.

c) Mediu proiectului,

adica participantii voluntari sau nu la realizarea proiectului de la beneficiari, finantatori, proiect la consultanti, executanti, contractori, mediu social/economic/competition al .

Aici se remarca cateva activitati specifice:

- identificarea mediului intern (al companiei)/extern (piata) proiectului
- indentificarea interesului sau conflictului in care se afla jucatori din mediu cu proiectul si de ce
- pastrarea celor interesati si schimbarea opiniei opozantilor
- pastrarea echilibrului intre parti si cresterea celor interesati
- comunicarea intre parti (rolul PR lui)formal si informal

d) Schimbari la proiect

in orice lume am trai, proiectele se doresc sa fie imbunatatite la implementare, de aceea apare acest « management al schimbarii » care trebuie tratat cu mare atentie si isi are radacinile in:

- schimbarile tehnologice –nautati pe piata care s ar dori inglobate in proiect –nu se pot in realitate decat in conditiile contractuale
- schimbarile legislative,cu care ambii parteneri sunt de acord in contracte,
- schimbarile de mediu de afaceri (criza de ex .)-se negociaza de obicei
- neprevazutele, situatiile de forta majora
- riscurile, care de obicei se estimeaza /evalueaza si se accepta cu acordul partilor

e) Controlul proiectului

este absolut necesar in proiecte, practic se monitorizeaza toate activitatile proiectului si se controleaza, dar atentie: fata de planificare ; o activitate in grafic (timp si cost) este o activitate buna, adica nu se pierde timpul cu controale de persoane (vanatori de persoane). Controlul este:

- tehnice, pe activitatile practice ale proiectului
- economic, finantarile fata de bugete, bugetele fata de costuri, pe categorii bugetare
- pe planificare /replanificare a activitatilor dupa schimbari

5) Sustenabilitatea proiectului

Inseamna sa demonstrezi ca ideea este viabila in realitate, ca afacerea merge sau populatia este multumita si banii sau cheltuit eficient .Aceasta faza presupune:

- a) finalizarea obiectivelor proiectelor, sunt complete
- b) respectarea parametrilor proiectului: incadrare in durata si costuri/bugetele initiale

c) atingerea parametrilor functionale (acestia la POS ri asigura si ultima plata de 20 %)

d) asigurarea mentenantei proiectului -pastrarea in timp a parametrilor proiectati

e) buna relatie cu mediul inconjurator: social, economic, natural.

II –Proiecte Contractuale

Iau nastere in urma contractelor /intelegerilor partilor si sunt guvernate de acestea .

Proiectele contractuale sunt de trei mari tipuri dupa cum urmeaza :

-lucrari –constructii

-consultanta –proiectare, supervizare, expertizare, dirigentie, etc

-contracte de bunuri

In ziua de azi marile companii se reorganizeaza pe proiecte, dar nu IMM le

Si la ele identificam aceleasi faze, pe care le vom caracteriza in cele ce urmeaza:

a) ideea /crearea lor: licitatii,anunturi publice, presa, radio –TV, conferinte, camere de comert, etc

b) scrierea lor =oferta ca raspuns la documentatia de atribuire

c) finantarea lor =fondurile investitiei adica proiectele investitionale

d) implementarea:

-managementul urmeaza intocmai contractul, care de obicei inainte de semnare se negociaza

- echipa se intocmeste dupa aceleasi principii, dar cu mai multi specialisti de obicei

-modificarile de obicei se fac la cererea finantatorului

-controlul presupune verificarea legalitati documentelor /activitatilor realizate sub contract

e) Sustenabilitatea, in acest caz presupune:

-supravietuirea pe piata

-realizarea de proiecte investitionale private, finantate din profit, adica bani privati pentru dezvoltare

-dobandirea de experienta pentru organizatie si personalul aferent propriu ;organizarea pe proiecte a institutiei

-un mediu curat

-relatii bune cu autoritatile, plata taxe, impozite, fara amenzi, etc

III-Proiecte personale

Sunt rare la noi si privesc:

-cariera,dezvoltarea ei

-familia si problemele ei

-activitatii: concedii, conferinte, casa proprie,
Si asa a aparut ideea dintre proiect si o stare de spirit

Concluzii

Deși sunt tot proiecte, între cele trei tipuri sunt deosebiri majore, iar dintre toate cele mai dificile și complicate sunt cele pentru lucrări, din cauza faptului că angajează: personal și resurse mari, răspunderi, organizații, autorități etc

Lucrarea și-a dorit să facă o caracterizare a proiectelor folosite la noi și să identifice /clarifice anumite denumiri sau utilizări de termeni, prezentând o organizare a domeniului care poate fi utilă oricui dorește să se familiarizeze cu managementul proiectelor

Autorul