



UTILIZAREA ENERGIEI SOLARE ÎN SPLIT-INSTALAȚIILE DE CONDIȚIONARE

Corina Guțu

Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Republicii Moldova

Rezumat - În articol sunt prezentate rezultatele studiilor analitice ale funcționării unei split-instalații de condiționare/pompă de căldură în cuplu cu captatoare solare cu aer în condițiile de temperatură și radiație solară a zonei Chișinăului. Debitul necesar de aer fiind mare, încălzirea aerului constituie 0,5...2,0 K la 1 m lungime a captatorului, ceea ce permite funcționarea captatoarelor cu randamentul de 0,6...0,7. Încălzirea aerului permite mărirea productivității termice a pompei de căldură cu 9,4...12,5 % și a coeficientului de performanță cu 6,7...8,9 %.

Cuvinte cheie - split-instalație, pompă de căldură, încălzitor solar de aer

Split-instalațiile de condiționare/pompe de căldură au căpătat o răspândire largă, atât datorită funcției lor duble – răcire și încălzire, cât și performanțelor înalte ale coeficientului de performanță (COP), care în regim nominal al instalațiilor are valori între 2,5 și 4.

Sporirea eficienței funcționării instalațiilor în regim de încălzire se poate obține prin utilizarea în calitate de sursă de căldură cu potențial redus a aerului încălzit în captatoare solare. Captatoarele pot fi încorporate în pereții de sticlă ai clădirilor contemporane, amplasate pe pereții verticali sau, fiind executate sub formă de panouri decorative sau publicitare. Panourile mai pot fi instalate pe console la pereții clădirilor.

Tabelul 1 - Condițiile climatice ale sezonului de încălzire pentru mun. Chișinău

Luna	X	XI	XII	I	II	III	IV
Temperatura aerului medie diurnă, [°C]	10,1	3,9	-0,9	-3,5	-2,5	2,6	9,5
Variația diurnă a temperaturii, [°C]	8,0	4,0	3,0	3,0	3,4	6,2	8,8
Devieria peretelui vertical de la unghiul optim, [°]	31	25	20	22	30	40	52
Intensitatea medie a fluxului global de radiație pe o suprafață verticală, [W/m ²]	358	179	156	191	228	317	414
Reducerea radiației comparativ cu amplasarea optimă, [%]	8,4	4,7	2,7	3,6	6,1	12,5	20,9
Durata de calcul a funcționării captatoarelor, [h/zi]	9,2	8,8	8,3	8,8	9,1	9,3	9,6

Studiile s-au efectuat prin calcularea regimurilor de funcționare a unei instalații în cuplu cu captatoare solare cu aer în condițiile de temperatură și radiație solară a zonei Chișinăului. Aceste condiții sunt prezentate în tabelul 1.

Intensitatea medie a fluxului de radiație pentru colectorul amplasat vertical și diferența acestuia de la cel incident pe o suprafață amplasată optim s-au calculat după metoda din [1], folosind datele referitor la radiația directă și difuză din [2]. După cum se vede din tabel, temperaturile medii chiar și în lunile de iarnă nu coboară cu mult sub 0 °C. Referitor la oportunitatea amplasării captatoarelor pe pereții verticali – în lunile cu valorile mai mici ale temperaturii și intensității radiației devierea acestora de la amplasarea optimă a captatoarelor este nu mai mare de 20...30 ° ceea ce reduce fluxul de radiație cu 2,7...6,1 %.

S-a analizat un captator solar simplu, cu amplasarea suprafeței absorbante pe izolația peretelui posterior și deplasarea aerului prin spațiul între suprafețele absorbantă și transparentă. Modelul matematic al captatorului a fost constituit în bază unui sistem din 4 ecuații, care prezintă bilanțul fluxurilor de căldură în regim staționar pentru suprafața transparentă (1), suprafața absorbantă (2), agentul termic (3) și izolația termică (4).

$$I_{gl}\alpha_{ST} + \alpha_{SA,ST}^r(t_{SA} - t_{ST}) + \alpha_{AT,ST}^c(t_{AT}^m - t_{ST}) = \text{Error!}$$

Objects cannot be created from editing field codes., (1)

$$I_{gl}\tau_{ST}a_{SA} = \alpha_{SA,ST}^r(t_{SA} - t_{ST}) + \alpha_{SA,AT}^c(t_{SA} - t_{AT}) + (\alpha_{IT,0}^c + \alpha_{IT,0}^r)(t_{IT} - t_0), \quad (2)$$

$$I_{AT}c_{p,AT}(t_{AT}^n - t_{AT}^m) = \alpha_{SA,AT}^c(t_{SA} - t_{AT}^m) - \alpha_{AT,ST}^c(t_{AT}^m - t_{ST}), \quad (3)$$

$$\frac{\lambda_{IT}}{\delta_{IT}}(t_{SA} - t_{IT}) = (\alpha_{IT,0}^c + \alpha_{IT,0}^r)(t_{IT} - t_0), \quad (4)$$

în care:

I_{gl} este fluxul global al radiației solare;

α_{ST} – absorbanta suprafeței transparente a captatorului,

$\alpha_{SA,ST}^r$ – coeficientul de transfer de căldură prin radiație de la suprafața absorbantă la cea transparentă;

$\alpha_{AT,ST}^c$ – coeficientul de transfer de căldură prin convecție de la agentul termic la suprafața transparentă;

t_{ST} , t_{SA} , t_{IT} - temperaturile, respectiv, ale suprafețelor transparentă, absorbantă și exterioară a izolației termice;

t_{AT} , t_{AT}'' și t_{AT}^m - temperatura agentului termic: la intrare, la ieșire și medie;

$\alpha_{ST,0}^c$ și $\alpha_{ST,0}^r$ - coeficienții de transfer de căldură prin convecție și prin radiație de la suprafața transparentă în mediul ambiant;

t_0 - temperatura mediului ambiant;

τ_{ST} - transparența suprafeței transparente;

α_{SA} - absorbanta suprafeței absorbante a captatorului;

$\alpha_{SA,AT}^c$ - coeficientul de transfer de căldură prin convecție de la suprafața absorbantă la agentul termic;

$\alpha_{IT,0}^c$ și $\alpha_{IT,0}^r$ - coeficienții de transfer de căldură prin convecție și prin radiație de la suprafața exterioară a izolației în mediul ambiant;

\dot{m}_{AT} - fluxul de masă al agentului termic;

$c_{p,AT}$ - căldura specifică masică a agentului termic;

λ_{IT} - conductibilitatea izolației;

δ_{IT} - grosimea stratului de izolație.

La ecuațiile (1)...(4) se adaugă ecuațiile pentru calcularea coeficienților de transfer de căldură prin convecție și radiație.

Pentru calcularea parametrilor pompei de căldură în intervalul de temperatură a sursei cu potențial redus între $-15\text{ }^\circ\text{C}$ și $+7\text{ }^\circ\text{C}$ au fost utilizate datele din [3], unde este prezentat studiul a 8 tipuri de instalații efectuat în Institutul Național Suedez de Testări și Cercetări.

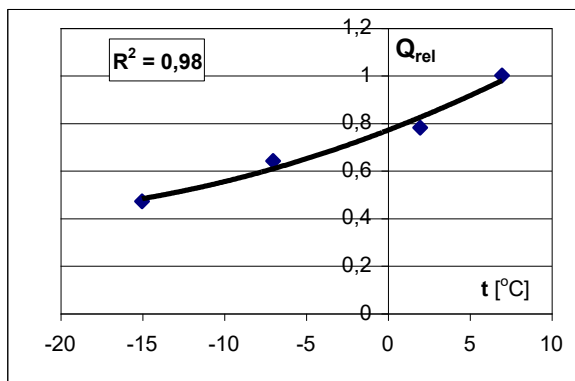


Fig. 2. Productivitatea termică relativă a instalației în funcție de temperatura exterioară.

Rezultatele prelucrării acestor date, efectuate de noi, sunt prezentate pe fig.2 și fig.3. Au fost determinate dependențele de temperatura exterioară a productivității termice relative

$$Q_{rel} = Q_i / Q_{nom} \quad (5)$$

și a coeficientului de performanță

$$COP_{rel} = COP_i / COP_{nom}, \quad (6)$$

unde indicele „i” se referă la temperatura curentă, iar „nom” – la temperatura nominală ($7\text{ }^\circ\text{C}$). Pe fig.3 sunt prezentate de asemenea valorile COP pentru ciclul reversibil Carnot calculate din relația

$$COP^{Carnot} = T_i / (T_i - T_0), \quad (7)$$

unde T_i este temperatura absolută interioară ($t_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$) și T_0 - temperatura absolută exterioară.

Formulele obținute (8) și (9) descriu cu o precizie satisfăcătoare dependențele respective – în ambele cazuri coeficientul de corelare este 0,98.

$$Q^{rel} = 0,0005t_0^2 + 0,0265t_0 + 0,07686 \quad (8)$$

și

$$COP^{rel} = 0,0003t_0^2 + 0,0206t_0 + 0,823 \quad (9)$$

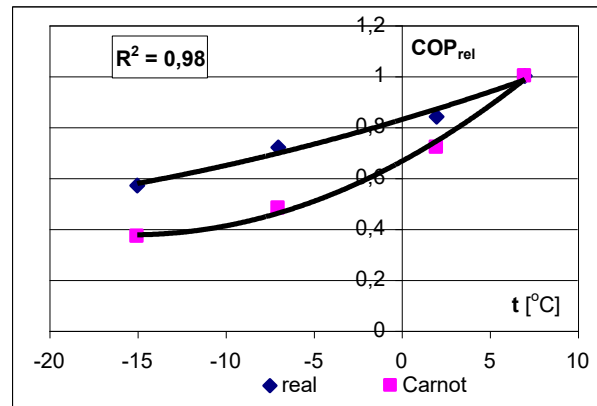


Fig.3. Eficacitatea relativă a pompei de căldură în funcție de temperatura exterioară.

Caracterul funcțiilor pentru COP^{real} și COP^{Carnot} este același, se deosebește puțin gradul de înclinare. Deosebirea dintre aceste funcții se lămurește prin dependența ireversibilității exterioare a ciclului (diferențele de temperatură în vaporizator și condensator) de intervalul de temperatură al acestuia.

Dimensiunile captatoarelor sau luat din considerentele compatibilității arhitectonice: pentru o încăpere cu suprafața încălzită de cca. 20 m^2 deservită de o instalație cu puterea termică $1,8...2,2\text{ kW}$ pe peretele exterior, sau în spațiul aferent, poate fi instalat un captator cu suprafața de cca. 6 m^2 . Prin urmare, suprafața specifică a captatorului poate fi considerată de $3\text{ m}^2/\text{kW}$.

Viteza rațională a aerului prin captator a fost determinată, comparând reducerea de energie electrică în compresorul pompei de căldură ΔN_{PC} cu consumul de energie electrică în ventilator pentru vehicularea aerului prin captator ΔN_{CS} , care s-au calculat cu formulele:

$$\Delta N_{PC} = Q_{CS} / COP, \quad (10)$$

$$\Delta N_{CS} = \Delta P_{CS} V_{AT} / \eta_v, \quad (11)$$

în care:

Q_{CS} este cantitatea de căldură obținută de agentul termic în captator;

ΔP_{CS} - pierderile de sarcină la mișcarea agentului termic prin captator;

V_{AT} - debitul volumic al aerului prin captator, pentru instalațiile răspândite $V_{AT} = 0,5\text{ m}^3/(\text{s.kW})$;

η_v – randamentul ventilatorului, considerăm $\eta_v = 0,7$.
Calcululele s-au efectuat pentru valorile medii pe sezon ale temperaturii aerului și fluxului global de radiație solară: $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ și $I_{gl} = 200 \text{ W/m}^2$. Rezultatele sunt prezentate pe fig.3.

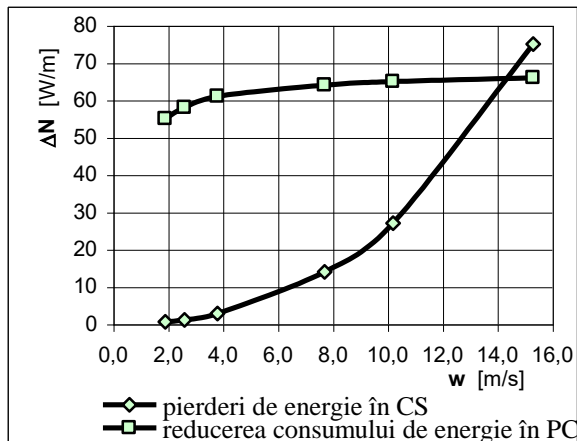


Fig.3. Influența vitezei aerului în captator asupra consumului de energie.

După cum se vede din grafic, la viteze mai mari de 4 m/s pierderile de energie în captator cresc considerabil, pe când câștigul de energie în pompă este neînsemnat. Viteza sub 4 m/s într-un captator cu lățimea de 1 m poate fi obținută la grosimea spațiului dintre suprafața absorbantă și cea transparentă de 4 cm.

Au fost analizate trei construcții de captatoare:

- cu suprafața absorbantă acoperită cu material selectiv (absorbanta de unde scurte $a = 0,9$ și emisivitatea de unde lungi $\varepsilon = 0,1$), amplasat separat;
- cu suprafața simplă – cazul panourilor publicitare cu suprafața acoperită cu vopsea de ulei sau lac ($a = 0,9$ și $\varepsilon = 0,8$), de asemenea amplasat separat;
- peretele clădirii vitrat, suprafața reprezentând tencuială.

În ultima construcție izolația termică este înlocuită cu peretele clădirii. În ecuația (4) temperatura t_0 este înlocuită cu temperatura interioară a încăperii. Pierderile

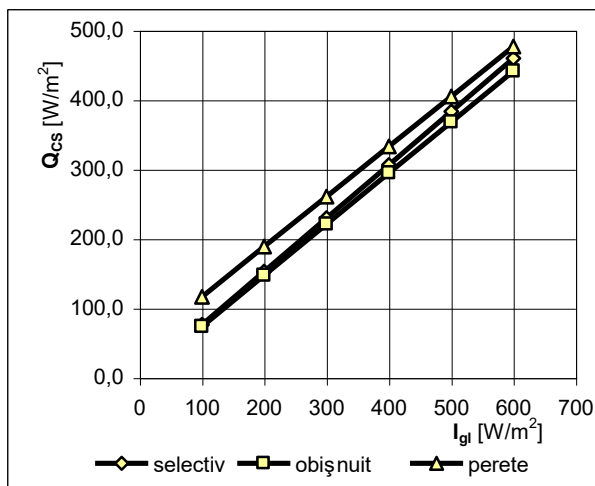


Fig.4 - Productivitatea specifică a captatoarelor în funcție de intensitatea globală a fluxului de radiație solară.

de căldură ale încăperii se adaugă la fluxul de radiație, contribuind la încălzirea aerului în captator.

Cantitățile utile de căldură obținute în captatoare, în funcție de I_{gl} , pentru aceste trei construcții sunt prezentate pe fig.4.

După cum se vede din grafic, utilizarea suprafețelor selective aduce la sporirea productivității captatorului în lunile de iarnă cu cca. 5 %, pe când amplasarea acestuia

Tabelul 2 – Temperaturile [$^\circ\text{C}$] caracteristice ale captatoarelor în lunile reci ale anului

Luna		XI	XII	I	II	III
Aerul rece		5,9	0,6	-2,0	-0,8	5,7
Suprafața transparentă	obișnuit	8,3	2,7	0,6	2,3	10,0
	perete	9,2	3,5	1,5	3,3	11,6
Suprafața absorbantă	obișnuit	15,3	9,2	8,7	11,8	22,4
	perete	19,2	12,1	12,1	16,1	29,2
Aerul încălzit	obișnuit	8,9	3,2	1,2	3,0	11,0
	perete	9,7	4,0	2,1	4,0	12,4

pe peretele clădirii – cu 20...50 %. Având în vedere costul mare al suprafețelor selective, considerăm ne rațională utilizarea lor în acest caz și în continuare vom

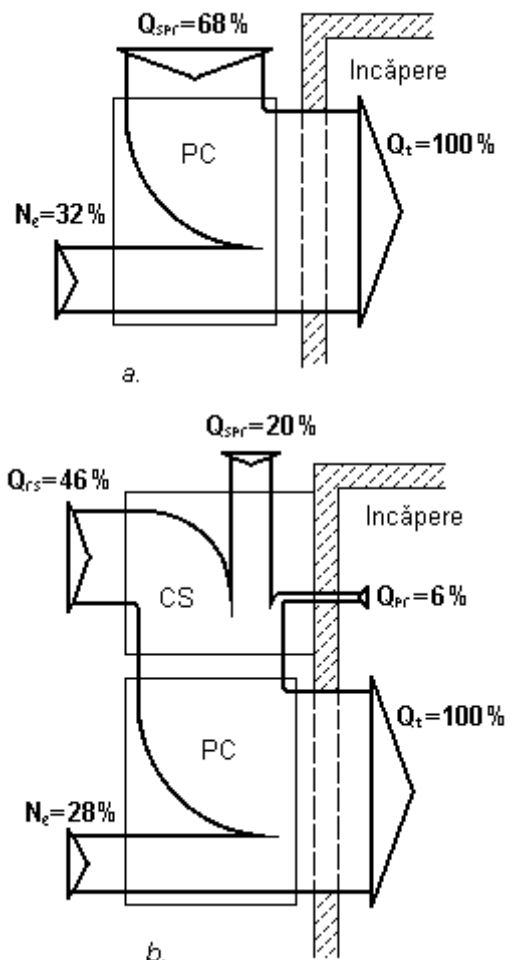


Fig.5 – Diagrama fluxurilor de căldură în pompa de căldură (PC): a. – fără și b. – cu încălzirea aerului în captatorul solar (CS).

analiza captatoarele cu suprafața obișnuită și cele obținute prin vitrarea peretelui.

Pentru analiză s-au efectuat calculele captatoarelor cu lățimea 1 m și lungimea 6 m, compatibile cu o pompă de căldură cu puterea termică de 2 kW. Temperaturile caracteristice ale acestor captatoare sunt prezentate în tab. 2. Temperaturile aerului încălzit sunt pozitive pe toată durata sezonului. În lunile noiembrie și martie ele exclud înfundarea vaporizatorului instalației cu brumă. Temperaturile medii ale aerului sunt mai mici decât cele ale suprafeței transparente, ceea ce reduce pierderile de căldură prin această suprafață, măbind substanțial valoarea randamentului captatorului. Astfel, pentru captatorul obișnuit ea este de 0,60, iar pentru cel de perete – 0,69.

Eficacitatea utilizării captatoarelor se vede din fig. 5 pe care este prezentată diagrama Senkey pentru o pompa de căldură cu și fără încălzirea solară a aerului utilizat în calitate de sursă de energie cu potențial redus, în regim de funcționare la temperatura medie a sezonului de încălzire pentru Chișinău $t_0 = 0,6$ °C și temperatura interioară a încăperii $t_i = 20$ °C.

În primul caz, când se utilizează numai căldura aerului atmosferic Q_{spr} , energia electrică consumată N_e constituie 32 % din căldura utilă a pompei. La utilizarea

Tabelul 3 – Influența captatorului solar asupra parametrilor de funcționare a pompei de căldură

Tipul captatorului	obișnuit	perete	
Creșterea temperaturii aerului în captator [°C]	2,8	3,4	
Creșterea productivității instalației [%]	9,4	12,5	
Creșterea COP al instalației [%]	6,7	8,9	
Economia de energie electrică [%]	regim continuu	2,2	2,9
	regim de zi	6,2	8,4

energiei solare Q_{rs} și parțial a pierderilor de căldură ale încăperii Q_{pr} consumul de energie se reduce cu 15,6 %, constituind 28 % din productivitatea pompei. Pierderile

de energie ale încăperii utilizate în pompă constituie 6 % din energia utilă, radiația solară – 46 %.

Funcționarea cuplului pompă de căldură – captator solar s-a studiat pentru durata sezonului de încălzire de asemenea pentru captatorul obișnuit, neselectiv, și pentru cel format prin vitrarea peretelui.

Funcționarea s-a considerat în două regimuri: numai în orele zilei cu radiație solară – pentru



oficii cu orar într-un schimb și continuu - în 24 ore. Rezultatele studiului sunt prezentate în tab.3.

Utilizarea captatoarelor solare au ca rezultat creșterea productivității termice a pompelor de căldură cu 9,4...12,5 % și a eficienței acestora

cu 6,7...8,9 %. Pentru casele de locuit cu regim continuu de încălzire economia de energie este în jur de 2...3 %. Pentru oficii cu durata încălzirii de 9 ore pe zi timp de 5 zile pe săptămână economia este de cca. 3 ori mai mare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] C.Guțu, I.Sobor, M.Chiorsac. *Parametrii de calcul ai captatoarelor solare plane în condițiile Republicii Moldova*. Lucrările Conferinței Științifice „Sporirea eficienței de utilizare a energiei și apei în agricultura Moldovei”. Chișinău, 2001.
- [2] Лассе Г.Ф. *Климат Молдавской ССР*. Гидрометеониздат, Ленинград, 1978.
- [3] P.Fahlen. *Air-Conditioning Heat Pumps in Retrofit Installations*. IEA Heat Pump Centre Newsletter. Vol.9, No.4, December 1991.

Autor – Guțu Corina, născută la 14 ianuarie 1978 în or. Chișinău. A absolvit Facultatea Energetică a UTM în a.2000, calificarea - inginer-manager. Activează din a.2000 până în prezent în funcție de inginer la ICS "RE Chisinau" SA Grupul Union Fenosa. În anii 2000-2003 a lucrat prin cumul ca lector-asistent la catedra IME a UTM. Din anul 2002 este doctorand la Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Republicii Moldova. Autor a 10 publicații.