



OPTIMIZAREA MASICĂ A UNUI CAPTATOR SOLAR PLAN

Ferenc GÁSPÁR, Doru Laurean BĂLDEAN

MASS OPTIMIZATION OF A FLAT PLATE SOLAR COLLECTOR

Usually a flat plate solar collector is characterized by constructive-functional data, the mass of a solar collector is a constructive characteristic, which influences more the assembling and transport costs. This paper presents a method of optimizing the mass characteristics of a flat plate solar collector, by using materials with low specific mass. As a result of this optimization a 17 kg flat plate solar collector was realized, resulting in a weight reduction of approximately 57 % compared to a common solar collector.

Keywords: solar collector plan, mass optimization, solar

Cuvinte cheie: captator solar plan, optimizare masică, energie solară

1. Introducere

Dezvoltarea industrială și creșterea necesarului energetic al omenirii odată cu creșterea poluării a determinat o orientare către domenii alternative de compensare a surselor convenționale de energie. Energia solară ca și sursă alternativă reprezintă un mare potențial prin conversia ei în energie termică și electrică. Cea mai simplă și economică aplicație a energiei solare este conversia în energie termică cu ajutorul captatoarelor solare plane [1, 2].

Un captator solar plan este alcătuit dintr-o placă absorbantă așezată într-o cutie izolată termic și acoperit cu un înveliș transparent.

În fișa tehnică a unui captator solar plan comercial sunt menționate câteva caracteristici cum ar fi randamentul optic, masa, aria totală, aria activă, volumul de fluid, presiunea maximă de lucru, temperatura maximă de stagnare și factorii de corecție caracteristici pierderilor termice. Caracteristica de masă nu afectează direct randamentul de conversie dar este un factor important din punct de vedere al eficienței economice. Costurile de transport, manipulare și montaj sunt direct influențate de masa unui captator solar.

În acest scop s-a propus realizarea unui captator solar cu o masă cât mai mică și păstrarea performanțelor tehnice cât mai aproape de modelul reper.

2. Analiza constructivă

Captatorul solar are rolul de a converti energia solară în energie termică cu un randament cât mai ridicat [3]. Radiația solară trece prin învelișul transparent, ajunge pe placa absorbantă de unde o parte este preluat de agentul termic care circula prin conductele atașate de placă, figura 1. Acest proces de conversie trebuie realizat cu cât mai puține pierderi termice, ca urmare materialele folosite în construcția captatoarelor trebuie să aibă proprietăți selective.

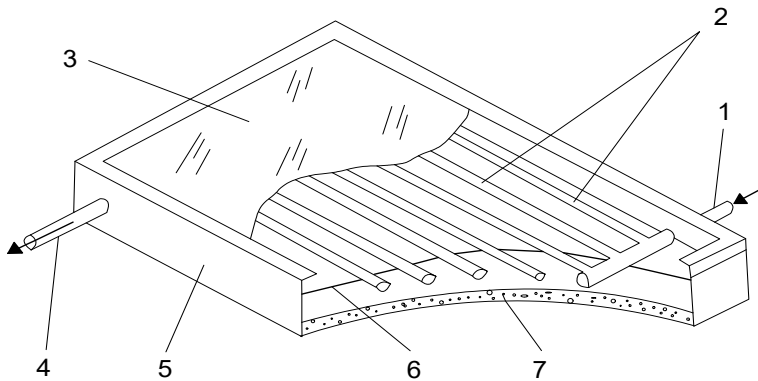


Fig. 1 Construcția unui captator solar plan: 1, 2, 4 – conductă de apă, 3 – sticlă, 5 – cadru, 6 – placă absorbantă, 7 – izolație termică [10]

Pentru un captator solar plan tipic, prezentat în figura 1, s-au prezentat în tabelul 1 (Caracteristici constructiv funcționale ale unui captator solar plan) câteva caracteristici tehnice specifice.

Tabelul 1

Caracteristici	Valoare	Unitate de măsură
Diametru racord	22-25	mm
Eficiență optică	0,75-0,87	-
Lungimea totală	0,98-2,5	m
Lățimea totală	0,98-2,4	m
Aria totală	1,99-2,79	m ²
Aria activă	1,79-2,5	m ²
Grosime	0,075-0,1	m
Greutate (gol)	33-53	kg
Volum lichid	1-3,6	l
Presiune maximă de funcționare	6-10	bar
Temperatura de stagnare	187-213	°C
Factorii de corecție	k ₁ =3,36 - 4,68 k ₂ =0,003-0,013	W/m ² K W/m ² K ²

Valorile intervalelor prezentate în tabelul 1 au fost determinate în urma analizei a 20 de captatoare solare plane din baza de date a SPF Institut fur Solartechnik [7]. Analizând caracteristicile constructive constatăm că un captator plan are în medie o masă specifică de 20 kg/m². Pentru reducerea masei s-au identificat elementele constructive ale captatorului și s-a calculat masa acestora raportând la masa totală (tabelul 2 - Masa elementelor componente a unui captator solar de doi m²). Se constată că cea mai mare pondere o are sticla, adică 50 % din masa totală.

Valorile masice ale elementelor componente s-au determinat pe baza dimensiunilor luate din literatura de specialitate luând în considerare masa specifică a materialelor acestora. Masa "alte elemente" s-a determinat ca și diferență între masa totală și masa celorlalte elemente componente.

Tabelul 2

Element	Masa [kg]	Pondere [%]
Sticla solară 4 mm	20	50
Conducte cupru 0,7-1 mm grosime	3,99	9,98
Izolație vată bazaltică 50 mm	4	10
Placa absorbantă cupru 0,2 mm	3,01	7,52
Cadru carcasă aluminiu 1,5 mm	4.8	12

Placă spate carcasă aluminiu 0,4 mm	2,16	5,4
Alte elemente	2,04	5,1
Total	40	100 %

3. Metode și materiale

Pentru a reduce masa totală a unui captator plan s-au căutat materiale cu densitate redusă și cu proprietăți fizice optime pentru a putea fi folosite în construcția noului captator. În tabelul 3 – Caracteristici fizice ale diferitelor materiale [4, 5], se prezintă materialele cele mai des folosite la captatoarele solare din comerț împreună cu materialele propuse. Pe lângă masa specifică se prezintă și caracteristicile fizice importante care influențează randamentul unui captator solar.

Tabelul 3

Material	Masa specifică [kg/m ²]	Transmisia luminii
Sticla solară 4 mm grosime	10	0,918
Sticlă clară 4 mm	10	0,87
Polycarbonat celular 4 mm	0,8	0,83
Polycarbonat celular 6 mm	1,3	0,82
Polycarbonat ondulat 0,8 mm	1,1	0,9
Polycarbonat compact 2 mm	2,4	0,89
Plăci fibră de sticlă 1,5 mm	1,43	0,86

Materialele au fost selecționate prin prisma prețului de achiziție și a rezistenței la temperatură. Materialele pentru învelișul transparent trebuie să aibă domeniul de lucru cel puțin până la 110 °C.

Materialele care s-au luat în considerare pentru placa absorbantă și conducte sunt cuprul cu masa specifică $\rho = 8,02 \text{ g/cm}^3$ și coeficientul de conductivitate termică $\lambda = 401 \text{ W/(m}^\circ\text{K)}$, respectiv aluminiul cu $\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$ și $\lambda = 237 \text{ W/(m}^\circ\text{K)}$. Se observă că aluminiul este mai ușor decât cuprul cu 76,4 % și are conductivitatea termică mai mică cu doar 40,1 %. Rezultă că pentru a obține aceeași valoare a coeficientului de transfer termic prin secțiunea plăcii absorbante în cazul utilizării aluminiului grosimea plăcii trebuie mărită cu 40,1 % față de grosimea plăcii din cupru. În acest caz se va obține o optimizare masică a plăcii absorbante cu aproximativ 52 %. Mai sus s-a făcut un calcul foarte simplist pentru a pune în evidență avantajele utilizării aluminiului ca material pentru placa absorbantă. În realitate eficiența

transferului termic prin placa absorbantă este pozitiv influențată de valorile mai ridicate ale coeficientului de conductivitate termică și a grosimii plăcii absorbante.

Analizând tabelul 3 se observă că în cazul utilizării unui înveliș din material policarbonat se obține o reducere masică semnificativă știind că sticla are ponderea masică de 50 % din masa totală a captatorului.

4. Construcția captatorului solar plan cu masă redusă

Captatorul solar plan realizat în urma optimizării masice este prezentat în figura 2.



Fig. 2 Captatorul solar plan realizat din materiale cu masă redusă

Pentru construcția captatorului s-a optat pentru următoarele materiale:

- înveliș transparent: policarbonat celular 6 mm grosime;
- placă absorbantă: tablă aluminiu 0,4 mm;
- conducte: țevi aluminiu cu $d = 10 \times 1$ mm și $22 \times 1,5$ mm;
- izolație termică: polistiren extrudat 20 mm + vată minerală bazaltică 10 mm;
- cadru carcasă: profile gips carton din tablă zincată 0,5 mm;
- placă carcasă: tablă aluminiu 0,4 mm.

Îmbinarea elementelor cadrului carcasei s-a realizat prin lipire moale cu cositor rezultând o structură rezistentă și etanșă. Contactul dintre placa absorbantă și conducte s-a realizat prin contact cu strângere.

În urma realizării captatorului s-a determinat masa acestuia rezultând o masă totală de 17 kg cu 57 % mai redusă decât în cazul captatoarelor obișnuite din comerț, astfel obținându-se o masă specifică de 8,5 kg/m².

Placa absorbantă se acoperă cu o vopsea selectivă, Solkote, care are un coeficient al absorbției de 0,91 respectiv emisivitate de 0,22 în cazul aplicării în patru straturi [6]. Randamentul optic rezultat este de 0,74.

Tabelul 4 conține sistematizate caracteristicile tehnice ale captatorului solar realizat

Tabelul 4

Caracteristici	Valoare		Unitate de măsură
	A	B	
Diametru racord	22	22	mm
Eficiență optică	0,77	0,74	-
Lungimea totală	0,51	2	m
Lățimea totală	3,67	1	m
Aria totală	1,87	2	m ²
Aria activă	1,72	1,78	m ²
Grosime	0,076	0,085	m
Greutate (gol)	17,24	17	kg
Volum lichid termic	1,8	1,54	l
Presiune maximă de funcționare	10	-	bar
Temperatura de stagnare	121	-	°C
Factorii de corecție	k ₁ =3,83 k ₂ =0,0016	-	W/(m ² K)

5. Rezultate și concluzii

În urma studiului caracteristicilor constructive ale captatoarelor solare plane s-a constatat necesitatea studierii posibilităților de optimizare a acestora din punct de vedere al masei.

■ În acest scop s-au analizat și studiat diferite materiale cu masă specifică redusă și cu proprietăți fizice asemănătoare materialelor utilizate în mod uzual în construcția captatoarelor solare. Utilizarea conductelor de aluminiu ridică problema coroziunii electrochimice dacă sunt conectate în serie cu conducte de cupru sau oțel, dar acest impediment se poate elimina prin utilizarea de conducte din materiale compozite.

■ Ca urmare s-a realizat un captator solar plan cu o masă specifică de $8,5 \text{ kg/m}^2$, rezultând a reducere a masei cu peste 50 % față de un captator normal din comerț.

■ Reducerea masei captatorului este importantă din punct de vedere al ușurinței montajului și a reducerii cheltuielilor de transport.

■ Pentru cercetări viitoare se propune determinarea caracteristicilor funcționali cum ar fi temperatura și presiunea maximă de lucru respectiv factorii de corecție caracteristici pierderilor termice pentru captatorul realizat.

Acknowledgement: Lucrarea a fost elaborată în perioada derulării contractului de cercetare internă (C.I.) UTCN 11/1.2/2015, prin care s-au finanțat o serie de activități (participare conferință, editare s.a.).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Dănescu, Al., Bucurenciu, S., Petrescu, St., *Utilizarea energiei solare*, Editura Tehnică, București, 1980.
- [2] Duffie, J., *Solar Engineering of Thermal Processes*, Second Edition, A Wiley-Interscience Publication, New York, 1980.
- [3] Bălan, M. *Energii Regenerabile*, Editura UT Pres, Cluj Napoca, 2007, ISBN: 978-973-662-350-9.
- [4] * * * *Plăci ondulate și cutate din policarbonat* Rooflite-<http://www.bicau.ro/data/MasterLink/h31/f3052/policarbonat%20cutat.pdf>.
- [5] * * * *Fiberglass Solar Glazing* -
- [6] * * * <http://www.solar-components.com/Sunlite%20Tech%20Brochure.pdf>.
- [7] * * * *Solkote HI/SORB-II Selectiv Solar Coating*-
<http://www.solec.org/solkotehome.htm>.
- [8] * * * *SPF Institut fur Solartechnik*- [7]
http://www.spf.ch/index.php?id=111&L=0&no_cache=1.
- [9] * * * *Skyline solar collector Technical information*-<http://www.solar.roofs.com/skylinecollectors.html>.

[10] * * * *Solar collector certification and rating* https://securedb.fsec.ucf.edu/srcc/coll_detail?srcc_id=2001002A.

[11] Gaspar, F., Roș, V., *Studiu comparativ al captatorilor solari cu suprafețe plane și sferice prin prisma eficienței conversiei energiei solare în energie termică*, Știință și inginerie, An XI. Vol. 20, Editura AGIR, București, 2011, ISSN 2067-7138, pag. 83-90.

[12] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*. Ediția a doua revăzută și adăugită. Editura Academiei Române și Editura AGIR, București, 2005.

Dr.Ing. Ferenc GÁSPÁR
Dr. Ing. Doru Laurean BĂLDEAN
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca,
Facultatea de Mecanică
e-mail: ferenc.gaspar@auto.utcluj.ro