

STUDIUL CARACTERISTICILOR EXPERIMENTALE ALE COLECTOARELOR SOLARE TERMICE

Octavian MANGOS

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: Studiarea și implementarea surselor regenerabile de energie trebuie să fie prioritate stringentă, mai ales în contextul creșterii consumului de energie pe bază de combustibili fosili, majorării cantităților de gaze cu efect de seră emise în atmosferă, care duc la consecințe negative pentru mediul ambiant. În lucrare se prezintă rezultatele obținute pe cale experimentală în condiții de laborator, privind caracteristicile colectoarelor cu suprafață absorbantă selectivă și suprafață absorbantă neagră. S-au determinat dependențele randamentului colectorului de debitul circuitului solar și unghiul de înclinare al colectorului.

Cuvinte cheie: surse regenerabile de energie, energie solară termică, radiație solară, randament, colector solar, curba de încălzire, suprafață absorbantă

Introducere

Energia solară, raportată la scară umană, este nelimitată și se clasifică ca energie regenerabilă și provine din reacțiile de fuziune nucleară care se produc pe soare. Pe parcursul timpului această energie a devenit una dintre principalele surse de energie regenerabilă alături de biomasă, energie hidroelectrică și energie eoliană. Utilizarea energiei solare este încă destul de scăzută în comparație cu alte surse de energie. Chiar și în rândul energiilor regenerabile, aceasta este încă o minoritate și este o problemă paradoxală, deoarece radiația solară primită pe suprafața pământului este cea mai abundentă dintre toate celelalte.

În prezent, există două modalități principale de exploatare a energiei solare:

- energia solară fotovoltaică, care este rezultatul transformării radiației direct în electricitate;
- energia solară termică, care este rezultatul transformării radiației direct în căldură.

Comisia Europeană pentru energia regenerabilă a stabilit un obiectiv de creștere a ponderii energiei solare până la 20 % în mixtul de energie din surse regenerabile, care la rândul său vor contribui cu 20 % din consumul de energie în anul 2020 și 50 % în 2040 [1]. Energia solară nu poluează aerul prin eliberarea de gaze cu efect de seră – impactul asupra mediului este aproape zero, este o alternativă combustibililor fosili, o alternativă curată, ne poluantă și stabilă. Energia solară poate fi folosită în locații izolate, unde racordarea la rețea ar fi complicată și costisitoare. Energia solară este în plină expansiune la nivel mondial. În unele țări precum Spania, Italia, Japonia și în special Germania, energia solară a atins un nivel remarcabil, în sensul de calitate (tehnologie), cantitate și eficiență. Viitorul energiei solare și la general a surselor regenerabile este promițător, astfel, la scară mondială investițiile în „energia verde” sunt practic în creștere continuă [1, 2].

1. Radiația solară disponibilă pe teritoriul Republicii Moldova

Radiația de pe suprafața pământului este variabilă și are loc din cauza mișcării pământului în raport cu soarele: pe de o parte rotația în jurul axei sale, care conduce la ciclurile zilnice și, pe de altă parte, rotația sa în jurul Soarelui, care datorită înclinării axei de rotație, duce la cicluri sezoniere.

Radiația globală se referă la cantitatea totală de radiație solară incidentă pe o suprafață. Acesta este compusă din radiații directe și difuze [2, 3]. Republica Moldova nu în zădar este numită „însorită”. Astfel, durata de insolație teoretică pe parcursul anului este de 4445 – 4452 h/an, durata reală pe teritoriul țării variază de la 2100 până la 2400 ore, vara constituie 60-70 %, iar iarna 30-40 %. Densitatea energiei solare, în condiții de nebulozitate medie, constituie circa 4911 MJ/m² pe an [4].

În Figura 1 este prezentat graficul radiației globale pe plan orizontal (GHI) pentru perioada noiembrie 2017 – octombrie 2018 [4]. Pentru aprecierea radiației solare disponibile, pe teritoriul Republicii Moldova, este suficient de a lua în calcul radiația solară globală pe o suprafață orizontală, care prin definiție este suma radiației difuze și radiației directe.

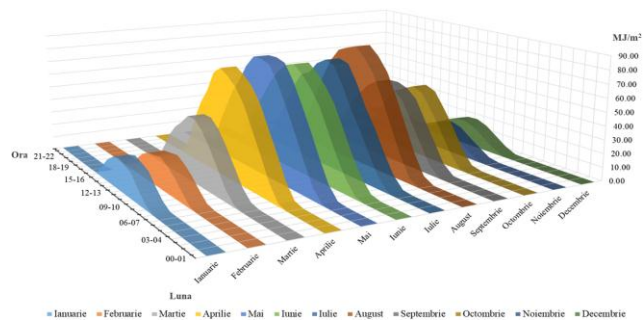


Figura 1. Reprezentarea distribuției lunare a iradierii solare globale, pe o suprafață orizontală, nebulozitate medie, stația Institutului de Fizică Aplicată a AȘM din Chișinău

$$G = B + D \quad (1)$$

unde: G – radiația globală;
 B – radiația directă;
 D – radiația difuză [5].

În acest caz toate trei componente sunt măsurate pe aceeași suprafață (orizontală), însă măsurările făcute pentru radiația solară directă, la stația IFA, sunt pe suprafață normală, adică unghiul de incidență a razelor solare pe elementul sensibil este de 90° , deci unghiul de înălțare a soarelui α_s , în sumă cu unghiul de înclinare a elementului sensibil β este de 90° . Astfel, pentru calcularea valorilor radiației solare directe pe o suprafață normală, valoarea radiației solare directe pe suprafață normală se înmulțește cu cosinusul unghiului de înălțare a soarelui α_s sau cu sinusul unghiului de înclinare a elementului sensibil β .

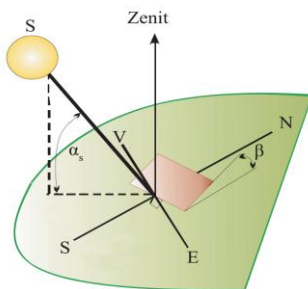


Figura 2. Unghiul de înclinare a elementului sensibil β și unghiul de înălțare a soarelui α_s

$$GHI = DHI + \cos(\alpha_s) \cdot DNI \quad (2)$$

unde: GHI – radiația globală pe suprafață orizontală;
 DHI – radiația difuză pe suprafață orizontală;
 DNI – radiația directă pe suprafață normală;
 α_s – unghiul de înălțare a soarelui.

Pentru Republica Moldova unghiul de înălțare a soarelui este aproximativ de 55° , astfel calculul radiației globale, conform datelor, devine:

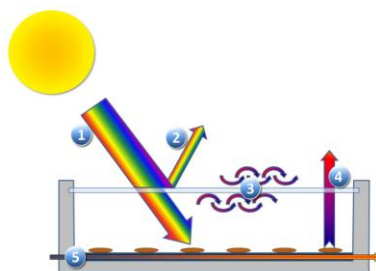
$$GHI = 1869,53 + \cos(55) \cdot 5261,61 = 4887,47 \text{ MJ/m}^2 \quad (3)$$

2. Studii experimentale a conversiei termice a radiației solare

Funcția unui colector solar termic, este de a folosi radiația solară disponibilă, într-o manieră optimă, pentru generarea căldurii și furnizarea acesteia pentru consumul ulterior. În colectorul solar apar pierderi inevitabile și care determină eficacitatea acestui sistem sau determină randamentul colectorului. În mare măsură pierderile în colector sunt determinate de materialele folosite în construcția acestuia. În figura 3, sunt indicate cele mai importante fluxuri de energie ale unui colector solar plan.

Studiile experimentale sunt realizate folosind echipamentul didactic ET – 202 „Principiile conversiei termice a energiei solare”. Pentru efectuarea experiențelor este utilizat software-ul ET – 202 în scop de

achiziție a datelor măsurate și vizualizarea acestora sub formă grafică. În toate experimentele s-a folosit radiația artificială de la unitatea de iluminat din instalație.



1	Radiația solară
2	Pierderi prin reflecție
3	Pierderi prin convecție
4	Pierderi prin radiații
5	Puterea utilă

Figura 3. Balanța energetică a unui colector solar plan

2.1. Caracteristica colectorului la variația debitului

Obiectivul acestui experiment este studierea modificării caracteristicilor sistemului în dependență de variația debitului în circuitul solar. S-a examinat influențele asupra diferenței de temperatură între fluxul de intrare și ieșire din colector, precum și efectul asupra randamentului colectorului și puterii termice utile. În Figura 5 este prezentată diagrama variației temperaturii T2 la ieșire și a debitului. Diagrama evidențiază punctele în care debitul a fost modificat și măsurările au fost efectuate. Se constată că odată cu micșorarea debitului crește temperatura T2 a lichidului.



Figura 4. Echipamentul didactic ET 202

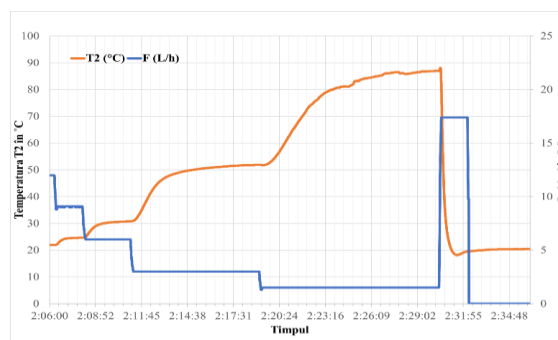


Figura 5. Variației temperaturii T2 și debitului

În conformitate cu obiectivele experimentului s-a trasat caracteristica diferenței de temperatură T2-T1 și puterii utile în funcție de debit, prezentate în figurile 6 și 7, unde T1 este temperatura lichidului la intrare în colector. Din aceste caracteristici se observă scăderea valorii diferenței de temperatură dintre fluxul de intrare și celui de ieșire din colector odată cu creșterea debitului în circuitul solar. Aceasta are loc datorită faptului că la debit mare lichidul caloportor nu reușește să se încălzească.

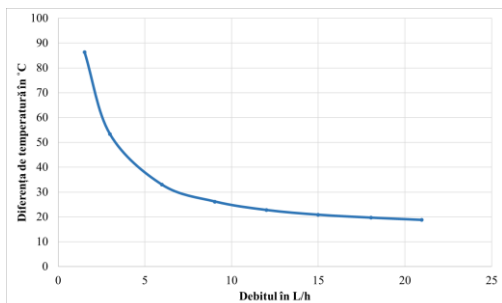


Figura 6. Diferența de temperatură (T2- T1) în funcție de debit

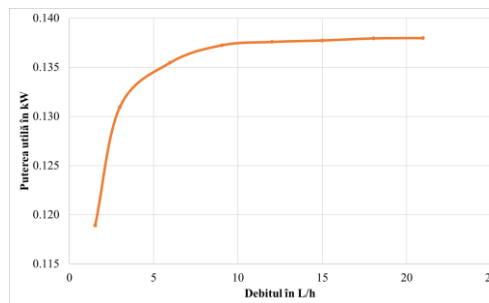


Figura 7. Puterea utilă P_N în funcție de debit

Puterea utilă demonstrează o creștere semnificativă la creșterea debitului în intervalul 1-5 l/h, datorită faptului că lichidul caloportor transmite o cantitate de căldură maxim posibilă către rezervor, respectiv temperatura fluxului la intrare în colector scade. Astfel, puterea utilă este direct proporțională cu debitul, iar diferența de temperatură este invers proporțională cu acesta. În condițiile radiației constante, s-a observat

micșorarea eficienței colectorului odată cu creșterea diferenței de temperatură dintre colector și mediul ambiant. Caracteristica respectivă este prezentată în Figura 8.

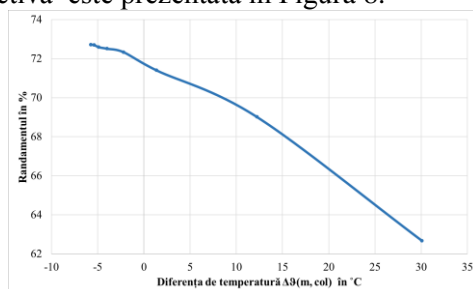


Figura 8. Randamentul colectorului în funcție de diferența de temperatură

La trasarea curbei teoretice a randamentului în funcție de diferența de temperatură între colector și mediu au fost determinați coeficienții de pierderi termice k_1 și k_2 , precum și randamentul optic al colectorului: $k_1 = 1,45 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; $k_2 = 0,064 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^2$; $\eta_o = 72 \%$.

2.2. Caracteristicile colectoarelor cu diferite suprafețe absorbante

Puterea utilă furnizată de colectorul plan este determinată de pierderile termice. Obiectivul acestui experiment constă în determinarea curbelor de eficiență a colectoarelor cu diferite suprafețe absorbante, prin compararea măsurătorilor efectuate. Curbele tipice a variației în timp a temperaturilor T1, T2 și T3 sunt prezentate în figura 9 pentru suprafața absorbantă neagră și în figura 10 pentru suprafața absorbantă selectivă, unde T3 este temperatura mediului ambiant.

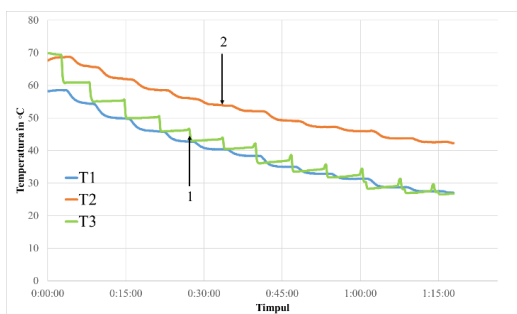


Figura 9. Variația temperaturilor pentru suprafața absorbantă neagră

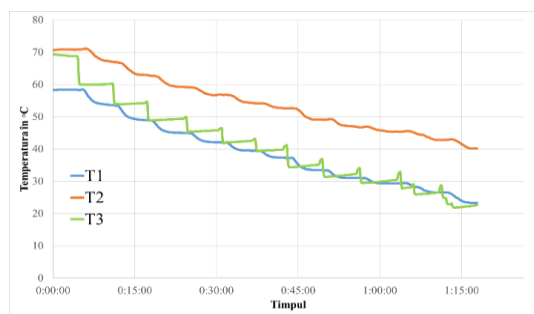


Figura 10. Variația temperaturilor pentru suprafața absorbantă selectivă

Experimentul este efectuat de două ori, mai întâi cu suprafața absorbantă neagră, apoi cu suprafața absorbantă selectivă. Ambele experimente sunt realizate în aceleași condiții de iluminare, temperatura ambiantă, debit și unghi de înclinare a colectorului. În baza măsurărilor efectuate, sunt trasate curbele de eficiență pentru ambele tipuri de suprafețe absorbante, prezentate în Figura 11.

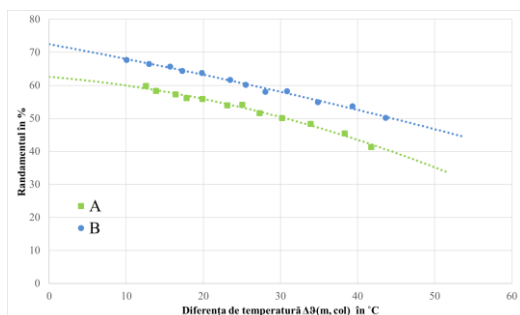


Figura 11. Curba de eficiență pentru diferite suprafețe absorbante a colectorului

A	Colector cu suprafață absorbantă neagră
B	Colector cu suprafață absorbantă selectivă

Comparând cele două serii de măsurători, se observă diferența clară între curbele de eficiență. Astfel, eficiența colectorului cu suprafață absorbantă selectivă (B) este considerabil mai mare decât a colectorului cu

suprafață absorbantă neagră (A). Pentru trasarea curbelor de eficiență, au fost determinați coeficienții de pierderi termice k_1 și k_2 , precum și randamentul optic pentru ambele tipuri suprafețe absorbante:

- $k_1 = 1,30 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; $k_2 = 0,07 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$; $\eta_o = 68 \%$ - pentru suprafață absorbantă selectivă;
- $k_1 = 0,98 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; $k_2 = 0,11 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$; $\eta_o = 60 \%$ - pentru suprafață absorbantă neagră.

Bibliografie

1. KIENZ, V., Énergie solaire (exploitation), <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-solaire-exploitation>
2. JOLY, J., Énergie solaire les bases théoriques pour la comprendre, <https://www.encyclopedie-energie.org/energie-solaire-les-bases-theoriques-pour-la-comprendre/>
3. Principles of solar thermal energy, <https://gunt.de/en/products/2e-energy/solar-energy/solar-thermal-energy/principles-of-solar-thermal-energy/061.20200/et202/glct-1:pa-148:ca-670:pr-182>
4. World Radiation Data Centre, http://wrdc.mgo.rssi.ru/wrdccgi/protect.exe?GAW_DATA/2018/kishinev_2018_glo_h.htm
5. Sisteme de conversie a energiilor regenerabile, I. Bostan, V. Dulgheru, I. Sobor, V. Bostan, A. Sochirean, Univ. Tehn. a Moldovei. - Ch.: „Tehnica-Info”, 2007, - 592 p. ISBN978-995-63-076-4.