

Plokščiojo saulės kolektoriaus šiluminės ir hidrodinaminės charakteristikos

Eugenijus Perednis

*Lietuvos energetikos institutas,
Atsinaujinančių energijos
šaltinių laboratorija,
Breslaujos g. 3,
LT-44403 Kaunas-35*

Straipsnyje pateikiami Lietuvoje pagaminto plokščiojo saulės kolektoriaus šiluminių ir hidrodinaminių tyrimų rezultatai. Tyrimo metu nustatytos saulės kolektorių efektyvumą apibūdinančios konstantos. Jos svarbios projektuotojams, skaičiuojant momentinius ir ilgalaikius šilumos kiekius, saulės kolektoriaus plotus. Suprojektuotas ir pagamintas saulės kolektorių tyrimų standas, taip pat pateikta eksperimentinė medžiaga atitinka tarptautinius standartus. Nusistovėjusiame režime įvertinus kolektoriaus plotą, visą saulės spinduliuotę, vėjo greitį, aplinkos, įtekančio ir ištekančio šilumos nešėjo temperatūras, buvo tirti kolektorių šiluminiai ir hidrodinaminiai parametrai. Apskaičiuota kolektoriaus galia, terminis efektyvumas, šilumos nuostoliai ir skysčio srauto slėgio kritimas.

Raktažodžiai: saulės spinduliuotė, saulės kolektorius, terminis efektyvumas, kolektoriaus hidrauliniai nuostoliai

1. ĮVADAS

Vietinių ir atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimas yra ir bus aktualus ateityje. Tai mus įpareigoja ne tik įvairios Europos Sąjungos direktyvos, bet ir paprastas taupaus energijos naudojimo supratimas.

Lietuva turi nedaug vietinių energijos išteklių, tačiau jų dalis bendrame pirminės energijos balanse 1990–2000 m. padidėjo daugiau kaip 4 kartus ir dabar sudaro apie 8,5% šalies energijos poreikių. Atsinaujinančių energijos šaltinių poreikis taip pat didėja, bet ne taip sparčiai, kaip norėtųsi. Nacionalinėje energijos vartojimo efektyvumo didinimo programoje [1] pasakyta, kad saulės energija šiluminiais tikslams turi būti plačiau naudojama, įrengiant saulės kolektorius vandeniui šildyti, žemės ūkio produkcijai džiovinti ir įrengiant patalpų šildymo saulės energija sistemas.

Metinis Saulės energijos potencialas Lietuvoje, remiantis saulės spinduliuotės duomenimis, vertinamas 1 MWh/m². Galimas, t. y. techniškai ir ekonomiškai pagrįstas, energijos gamybos potencialas, naudojant saulės energiją, yra 1,5 TWh/metus (128 ktne).

Lietuvoje saulės kolektorių sistemų, gaminančių karštą vandenį, yra įrengta apie 1000 m² (daugumą sudaro pas mus pagaminti saulės kolektorai). Per metus iš 1 m² saulės kolektoriaus galima gauti vidutiniškai 0,5 MWh šilumos energijos.

Saulės energijos naudojimas Europos Sąjungos šalyse kasmet sparčiai didėja. Tai aiškiai matyti išstudijavus įvairius dokumentus [2, 3]. Dabar Europos šalyse įrengta per 11 mln. m² plokščiųjų saulės ko-

lektorių. Vienam Europos Sąjungos gyventojui jų tenka apie 0,278 m², o vienai šeimai apie 0,79 m². Lietuvoje saulės kolektorių vienam gyventojui tenka 0,28 · 10⁻³ m². Europos Sąjungoje 2004 m. saulės kolektorių plotas turėtų siekti 15 mln. m².

Jau keletą metų Lietuvoje gaminami saulės kolektorai. Norint nustatyti jų techninius parametrus, būtina juos eksperimentiškai ištirti. Tai ir yra pagrindinis šio darbo tikslas.

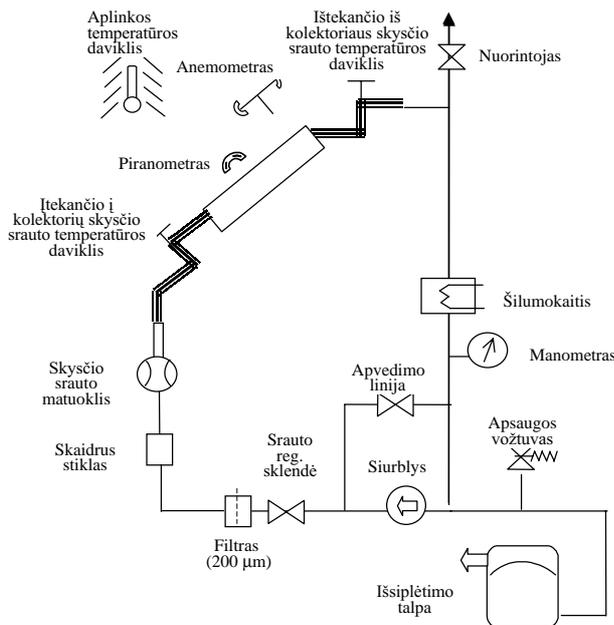
2. EKSPERIMENTINĖ ĮRANGA

Kaip ir kiekvieną įrenginį, saulės kolektorių apibūdina tam tikros techninės charakteristikos, t. y. terminiai ir hidrodinaminiai parametrai. Pagal juos sprendžiama apie gaminio kokybę.

Lietuvoje saulės kolektorius gamina UAB „Terma“. Institute juos tyrėme ir nustatėme būtinus parametrus. Pagal tarptautinius standartus [4] buvo pagamintas eksperimentinis standas (1 pav.). Tai uždaras kontūras, kuriame su tiriamu saulės kolektoriumi (V-1,9-V tipas) buvo sukomplektuota visa būtina įranga, t. y. įtekančio į kolektorių, ištekančio iš jo srauto ir lauko temperatūros termometrai, anemometras, piranometras, šilumokaitis, manometras, skysčio srauto matuoklis, srauto debito reguliavimo sklendė, filtras.

Tyrimai atlikti natūraliomis sąlygomis (lauke). Stendo paskirtis sudaryti nusistovėjusias termines sąlygas.

Kiekvieno eksperimento metu buvo įvykdytos šios sąlygos:



1 pav. Eksperimentinis terminių ir hidrodinaminio saulės kolektoriaus charakteristikų tyrimo stendas

- visa saulės spinduliuotė į kolektoriaus plokštumą buvo ne mažesnė nei 800 W/m^2 ir ji kito ne daugiau kaip $\pm 50 \text{ W/m}^2$;
- kampas tarp tiesioginio saulės spindulių kritimo ir kolektoriaus plokštumos normalės buvo ne didesnis nei $\pm 2\%$;
- vidutinis aplinkos vėjo greitis buvo $2\text{--}4 \text{ m/s}$;
- įtekantį į kolektorių srauto temperatūra buvo $\pm 0,1 \text{ K}$;
- masinio srauto debito reikšmė buvo $\pm 1\%$;
- įtekantis į kolektorių skysčio srauto debitas buvo maždaug $0,02 \text{ kg/s}$ kiekvienam kolektoriaus kvad-

ratiniam metrui. Jis išliko stabilus $\pm 1\%$ nuo nustatytos reikšmės kiekviename bandymo periode ir nesikeitė daugiau kaip $\pm 10\%$ kiekvieno bandymo metu.

Plokščiasis saulės kolektorius – tai skaidria, vieno grūdinto stiklo sluoksnio danga uždengtas dažyto aliuminio rėmas. Stiklas dengia 7 varines, vertikalios saulės spinduliuotę sugeriančias selektyvines plokšteles, padengtas „juodu chromu“. Plokštelėse sukauptą šilumą perduodama vandeniui, kuris cirkuliuoja prilituotuose prie plokštelių $\varnothing 8 \text{ mm}$ variniuose vamzdeliuose. Vamzdelių abu galai sulituoti su $\varnothing 18 \text{ mm}$ variniais vamzdeliais – kolektoriais.

Nusistovėjusiam režime eksperimentiškai tirti plokščių saulės kolektorių šiluminiai parametrai, įvertinus kolektoriaus absorberio plotą, visą saulės spinduliuotę, lauko temperatūrą, įtekantį į kolektorių ir ištekantį iš jo skysčio srauto, taip pat vidutinę kolektoriaus srauto temperatūrą, vėjo greitį. Nustatyta kolektoriaus galia, kolektoriaus šilumos nuostoliai, jo terminis efektyvumas, kolektoriaus algebrinės konstantos, kurias būtina įvertinti, skaičiuojant karšto vandens ruošimo sistemas.

Plokštelinio saulės kolektoriaus pagrindinės charakteristikos yra šios (1 lentelė):

3. DĖSTYMAS

Plokščiasis saulės kolektorius sugeria tiesioginę ir sklaidžiąją spinduliuotę. Eksperimento metu buvo įvertintos selektyvinės dangos trumpų saulės spindulių sugėrimo (α) ir ilgabangių infraraudonųjų išspinduliuojimo (ϵ) įtaką, t. y. saulės kolektoriuje naudojamo stiklo atspindinčio ir sugeriančio paviršiaus charakteristikos.

Saulės kolektorių efektyvumą lemia šie veiksniai:

- kolektoriaus konstrukcija,
- saulės faktoriai: spinduliuotės intensyvumas, difuzijos laipsnis, kampas tarp krįtančių saulės spindulių ir kolektoriaus plokštumos,
 - aplinkos sąlygos: aplinkos temperatūra ir vėjo greitis,
 - eksploatavimo sąlygos: srauto įtekėjimo temperatūra, skysčio srauto greitis ir šiluminės savybės, kolektoriaus polinkis ir orientacija.

Naudinga momentinė energija, kurią tiekia plokščiasis saulės kolektorius yra lygi saulės energijos, kurią sugeria kolektoriaus selektyvinės plokštelės, ir energijos, kuri šilumos nuostolių pavidalu išskiriama į aplinką, kiekio skirtumui. Lygties, taikomos plokštiesiems kolektoriams, išraiška yra ši:

$$Q = FA [G(\tau\alpha) - U(t_1 - t_a)]; \quad (1)$$

1 lentelė. UAB „Terma“ gaminamo V-1,9-V tipo saulės kolektoriaus techniniai duomenys

| | |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Bendras kolektoriaus paviršiaus plotas m^2 | 1,95 |
| Apertūros plotas, m^2 | 1,85 |
| Absorberio plotas, m^2 | 1,73 |
| Danga | 4 mm grūdintas stiklas, šviesos pralaidumas $\geq 90\%$ |
| Absorberis | Varis, padengtas selektyvine danga „juodas chromas“ |
| Šiluminė izoliacija, storis (dugnas, šonai) mm | Mineralinė vata 70, 30 |
| Rėmas | Dažytas aliumininis profilis |
| Maksimali eksploatavimo temperatūra $^{\circ}\text{C}$ | 180 |
| Maksimalus slėgis bar | 1,0 |
| Tuščio kolektoriaus svoris kg | 40 |

čia Q – iš kolektoriaus gaunamos naudingos energijos kiekis per laiko vienetą W ;

F – kolektoriaus selektyvinės plokštelės efektyvumo koeficientas,

A – bendrasis kolektoriaus plotas m^2 ,

G – visos saulės spinduliuotės tankis W/m^2 ,

τ – skaidrios dangos efektyvumo koeficientas,

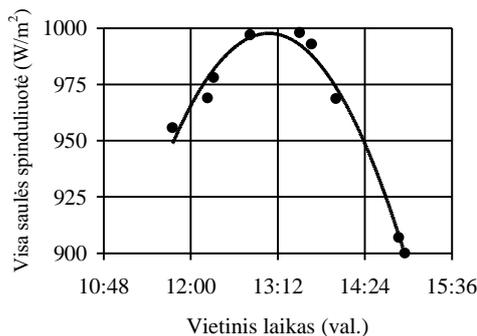
α – kolektoriaus saulės spindulinės energijos sugėrimo koeficientas,

U – kolektoriaus šilumos nuostolių koeficientas $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$,

t_1 – įtekančio į kolektorių srauto temperatūra K ,

t_a – aplinkos temperatūra K .

Saulės spinduliuotė, krintanti į saulės kolektorių, susideda iš trijų dalių, t. y. tiesioginės, sklaidžiosios ir nuo spinduliuotės atsispindėjusios nuo žemės ir aplinkinių objektų. Tiriant saulės kolektoriaus termines savybes saulės spinduliuotės tankis matuojamas piranometru, įtvirtintu tokiu pačiu kampu į horizontą, kaip ir kolektorius. 2 pav. pavaizduotas suminės saulės spinduliuotės intensyvumas eksperimento metu. Gana ilgai, apie tris valandas, saulės spinduliuotės intensyvumas buvo tinkamas eksperimentams atlikti ($950 \pm 50 \text{ W m}^2$).



2 pav. Visos saulės spinduliuotės intensyvumo kitimas eksperimento metu

Kolektorius gauna šilumą iš saulės, bet dėl šilumos nuostolių dalis tos šilumos jis netenka. Dalis šilumos nuostolių yra nuo selektyvinės plokštelės spinduliuoimu pro skaidrią dangą į aplinką, kita dalis nuo plokštelės išorinio paviršiaus per oro sluoksnį konvekcija, dalis šilumos nuostolių pro izoliuotą kolektoriaus dugną ir šonus laidumu. Nuostolių koeficientas U lygus šilumos nuostolių per skaidrią dangą, kolektoriaus korpuso

dugną ir jo šonus sumai. Gerai suprojektuoto ir pagaminto kolektoriaus šilumos nuostoliai pro korpusą siekia iki $0,75 \text{ W}/(m^2 \text{ } ^\circ C)$. Šilumos nuostoliai per skaidrią dangą priklauso nuo selektyvinės plokštelės temperatūros, skaidrių dangų skaičiaus, aplinkos temperatūros ir vėjo greičio. Šiuos nuostolius tiksliausiai galima nustatyti eksperimentiškai.

Saulėi kaitinant kolektorių, šilumos nuostoliai į aplinką priklauso nuo selektyvinės plokštelės vidutinės temperatūros, kuri visada yra aukštesnė nei srauto, įtekančio į kolektorių, temperatūra.

Kolektoriaus selektyvinės plokštelės efektyvumo koeficientas (F) priklauso nuo pratekančio pro kolektorių skysčio kiekio ir jos konstrukcijos, t. y. storio, medžiagos, atstumų tarp vamzdelių, ir beveik nepriklauso nuo saulės spinduliuotės intensyvumo, plokštelės ir aplinkos temperatūrų. Šį koeficientą tiriamam saulės kolektoriui tiksliausiai galima nustatyti eksperimentiškai.

Saulės kolektoriai tiriami pasitelkiant metodiką, aprašytą [4, 5]. Pagal ją tyrimai atlikti, esant stacionarioms sąlygoms, kai saulės spinduliuotė, vėjo greitis, aplinkos ir įtekančio į kolektorių srauto temperatūra eksperimento metu kinta nežymiai. Taip pat nežymiai kis kolektoriuje gauta naudinga energija ir ištekančio iš kolektoriaus srauto temperatūra.

Eksperimento metu buvo matuoti šie dydžiai:

G – visos saulės spinduliuotės tankis W/m^2 ,

t_a – aplinkos temperatūra $^\circ C$,

t_1 – įtekančio į kolektorių srauto temperatūra $^\circ C$,

$t_1, t_2, (t_2 - t_1)$ – įtekančio, ištekančio iš kolektoriaus srautų ir jų skirtumo temperatūros $^\circ C$,

u – vėjo greitis m/s ;

m – skysčio srautas, pratekantis pro kolektorių, kg/s .

Eksperimento metu matuoti ir skaičiuoti dydžiai pateikiami 2 lentelėje.

Tyrimo rezultatus geriausiai pavaizduoti momentinio efektyvumo priklausomybe nuo parametro $(t_m - t_a)/G$.

2 lentelė. Eksperimento metu matuoti ir skaičiuoti dydžiai

| G | m | t_a | t_1 | t_2 | $t_1 - t_2$ | t_m | Q | $(t_m - t_a) / G$ | η |
|---------|--------|------------|------------|------------|-------------|------------|--------|----------------------|--------|
| W/m^2 | kg/s | $^\circ C$ | $^\circ C$ | $^\circ C$ | K | $^\circ C$ | W | $m^2 \text{ } K / W$ | |
| 955,8 | 0,036 | 26 | 23,00 | 31,10 | 8,10 | 27,05 | 1218,6 | 0,0011 | 0,74 |
| 969 | 0,0359 | 28 | 39,00 | 46,30 | 7,30 | 42,65 | 1095,3 | 0,0151 | 0,65 |
| 978 | 0,036 | 26,7 | 38,00 | 45,60 | 7,60 | 41,8 | 1143,4 | 0,0154 | 0,68 |
| 997 | 0,036 | 27,5 | 54,00 | 61,00 | 7,00 | 57,5 | 1054,8 | 0,0301 | 0,61 |
| 998 | 0,0359 | 27,5 | 69,20 | 75,00 | 5,80 | 72,1 | 873,8 | 0,0447 | 0,51 |
| 993 | 0,0359 | 26,9 | 69,60 | 75,10 | 5,50 | 72,35 | 828,6 | 0,0458 | 0,48 |
| 968,7 | 0,0361 | 28,5 | 29,00 | 37,20 | 8,20 | 33,1 | 1236,8 | 0,0047 | 0,74 |
| 977,9 | 0,036 | 28,5 | 29,60 | 38,00 | 8,40 | 33,8 | 1263,4 | 0,0054 | 0,75 |
| 908 | 0,0361 | 28,3 | 53,00 | 59,00 | 6,00 | 56 | 906,5 | 0,0305 | 0,58 |

Terminis kolektoriaus našumas, esant stacionarioms sąlygoms, priimant vidutinę pratekančio pro kolektorių skysčio temperatūrą t_m ir kolektoriaus bendrąjį plotą, bus:

$$\frac{Q}{A} = F(\tau_l)G - FU(t_m - t_a) \tag{3}$$

arba išreikšus per matuojamas reikšmes,

$$\frac{Q}{A} = \dot{m}c_p \frac{t_2 - t_1}{A} \tag{4}$$

Kolektoriaus terminis efektyvumas bus:

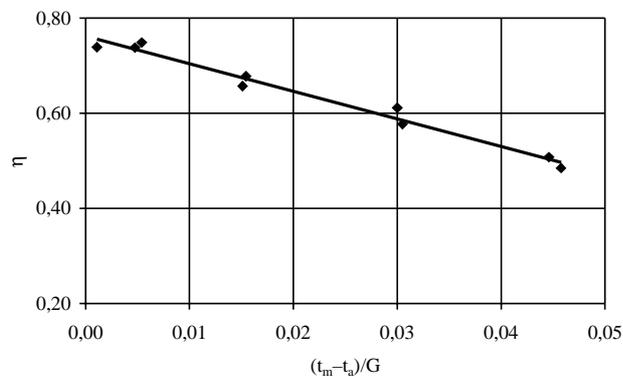
$$\eta = \frac{Q}{AG} = F(\tau\alpha) - FU \frac{(t_m - t_a)}{G} = \dot{m}c_p \frac{t_2 - t_1}{AG}; \tag{5}$$

čia η – saulės kolektoriaus efektyvumas,

c_p – savitoji srauto šiluma J/(kg K).

Esant pastoviems šilumos nuostoliams $U = \text{const.}$, kolektoriaus efektyvumo priklausomybė nuo $(t_m - t_a) / G$ tiesinė. Tiesės kampinis koeficientas lygus $-FU$, o susikirtimo su vertikalia ašimi koordinatės taškas lygus $F(\tau\alpha)$.

Atlikti eksperimentiniai tyrimai parodė, kad kolektoriaus optinio efektyvumo koeficiento ($\tau\alpha$) ir absorberio efektyvumo koeficiento F sandauga lygi 0,754, o kito svarbaus dydžio, t. y. $-FU$, sandauga lygi 0,55 (3 pav.) Šie du koeficientai reikalingi skaičiuojant saulės šildymo sistemų ilgalaikes charakteristikas.



3 pav. Momentinis kolektoriaus efektyvumas, atsižvelgus į absorberio plotą ir šilumos nešėjo vidutinę temperatūrą

Realiai U nėra pastovus dydis, bet priklauso nuo kolektoriaus selektyvinės plokštelės ir aplinkos temperatūrų. Nors (5) lygtis gali teikti daug informacijos apie saulės kolektorių termines savybes, bet jos nepakanka norint visapusiškai ištirti. Šilumos nuostolių U kitimus galima išreikšti pasitelkus išraišką $(t_m - t_a)$:

$$FU = b + c(t_m - t_a); \tag{6}$$

čia b ir c yra koeficientai. (3) lygtis tampa

$$\frac{Q}{A} = F(\tau_l)G - b(t_m - t_a) - c(t_m - t_a)^2 \tag{7}$$

Terminis efektyvumas

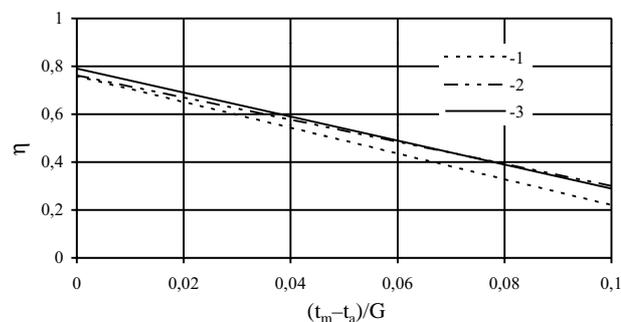
$$\eta = F(\tau\alpha) - b \frac{(t_m - t_a)}{G} - c \frac{(t_m - t_a)^2}{G} \tag{8}$$

Šias lygtis galima taikyti atsižvelgus į bendrąjį kolektoriaus paviršiaus arba absorberio plotą.

Svarbu palyginti UAB „Terma“ ir kitų firmų gaminamų saulės kolektorių termines savybes (3 lentelė).

Gauti rezultatai pateikti momentinio efektyvumo priklausomybe nuo parametro $(t_m - t_a) / G$ (4 pav.).

Palyginimui pateikėme trijų firmų saulės kolektorių charakteristikas (3 pav.). Esant žemų temperatūrų skirtumams $(t_m - t_a)$ visų kolektorių efektyvumai (η) labai dideli. Esant iškėjimo į saulės kolektorių



4 pav. Momentinis kolektoriaus efektyvumas, atsižvelgus į absorberio plotą ir šilumos nešėjo vidutinę temperatūrą. 1 – UAB „Terma“, 2 – „Kasterka-Vertriebsgesellschaft mbH“, 3 – „Solar Energy Technik“

| 3 lentelė. Saulės kolektorių pagrindiniai būdingi dydžiai | | | | |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|-------|--------|
| Saulės kolektorius gaminanti firma | Kolektoriaus tipas | Pagrindinis būdingas dydis | | |
| | | h | b | c |
| UAB „Terma“ (Lietuva) | V-1,9-V | 0,754 | 4,98 | 0,0155 |
| „Viessmann“ (Vokietija) | Vitosol 100 | 0,81 | 3,78 | 0,013 |
| „Kasterka-Vertriebsgesellschaft mbH“ (Vokietija) | SK01 | 0,763 | 3,683 | 0,011 |
| „Solar Energy Technik“ (Vokietija) | D1 | 0,793 | 3,21 | 0,011 |

skysčio srauto reikšmėms, didesnėms nei 60°C , matyti didesnė eksperimentinių rezultatų sklaida. UAB „Terma“ pagaminto saulės kolektoriaus efektyvumas yra žemesnis. Pagrindinė priežastis yra didesni šilumos nuostoliai į aplinką. Tai rodo ir 3 lentelėje pateiktos b ir c koeficientų reikšmės. Eksploatuojant saulės kolektorius būtinas pastovus pagamintos šilumos energijos tiekimas tiesiai vartotojui, arba į pakankamo dydžio talpą-akumuliatorių. Tik tuomet galima efektyviai eksploatuoti saulės energiją gaminančius įrenginius.

Gautos koeficientų η , b ir c reikšmės vartojamos skaičiuojant ilgalaikį saulės kolektoriaus efektyvumą.

Kitas svarbus saulės kolektorių efektyvumo rodiklis yra pratekančio pro kolektorių skysčio srauto slėgio pokytis. Masinis srauto debitas kito nuo 0,005 iki 0,03 kg/s vienam kolektoriaus kvadratiniam metrui. Buvo atlikti 5 matavimai lygiais intervalais, visame galimų srautų diapazone. Kolektoriaus darbinė padėtis buvo tokia, kaip ir tikrinant jo šiluminės charakteristikas.

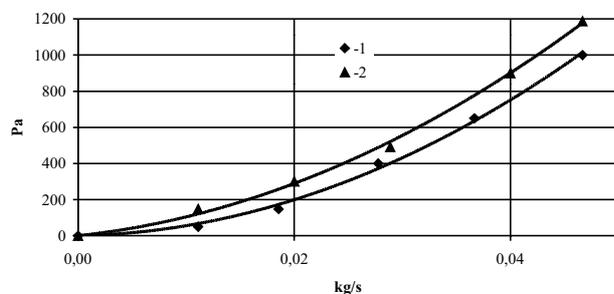
Eksperimento metu matuota: srauto išteklėjimo į kolektorių temperatūra, skysčio masinis debitas, skysčio kolektoriaus išteklėjime ir išteklėjime slėgio pokytis.

Buvo įvykdytos šios matavimo sąlygos:

– srauto debitas matavimo metu buvo pastovus ir kito ne daugiau kaip $\pm 1\%$ nuo nominalios reikšmės,

– srauto temperatūra matavimo metu buvo pastovi ir kito daugiau kaip $\pm 5^{\circ}\text{C}$ nuo nominalios reikšmės.

Gauti eksperimentų duomenys parodyti 5 pav. Jame pavaizduotas ir firmos „Kasterka-Vertriebsgesellschaft mbH“ pagaminto saulės kolektoriaus hidraulinio pasipriešinimo kitimas. Šių dviejų saulės kolektorių konstrukcija panaši, vamzdelių skersmenys vienodi. Kreivių kitimo pobūdis panašus. UAB „Terma“ saulės kolektoriaus hidraulinio pasipriešinimo kreivė yra kiek žemiau, t. y. pasipriešinimas mažesnis, nes UAB „Terma“ saulės kolektoriaus plotas yra apie 15% mažesnis.



5 pav. Pratekančio pro saulės kolektorių skysčio srauto slėgio priklausomybė nuo masinio debito. 1 – UAB „Terma“ kolektorius, 2 – „Kasterka-Vertriebsgesellschaft mbH“ kolektorius

Slėgio kritimas kolektoriuje yra svarbus veiksnys, nusakantis viso kolektoriaus efektyvumą. Kolektoriaus tyrimai patvirtina gerą UAB „Terma“ gaminio darbo kokybę, taip pat tinkamą geometrinių parametrų ir medžiagų parinkimą.

Dar vienas svarbus saulės kolektorių techninis rodiklis yra jo svoris ploto vienetai (kg/m^2). UAB „Terma“ šis rodiklis yra lygus 20,5, firmos „Kasterka-Vertriebsgesellschaft mbH“ – 22,4, firmos „Viesmann“ – 24 kg/m^2 . Tai svarbus veiksnys montuojant ir eksploatuojant saulės šildymo sistemas.

Pažymėtina, kad Lietuvoje pagamintų saulės kolektorių kvadratinio metro kaina yra 2 kartus žemesnė, nei užsieniškų.

4. IŠVADOS

1. UAB „Terma“ pagaminto saulės kolektoriaus ir užsienyje gaminamų įrenginių terminės ir hidrodinaminės charakteristikos yra panašios.

2. Saulės kolektorių įmanoma efektyviai eksploatuoti tik pastoviai tiekiant pagamintą šilumos energiją tiesiogiai vartotojui, arba į pakankamo dydžio talpą-akumuliatorių.

3. Kolektoriaus eksperimentiniai tyrimai patvirtina, jog gaminio darbo kokybė gera, geometriniai parametrai ir medžiagos parinktos tinkamai.

Gauta
2004 01 16

Literatūra

1. Nacionalinė energijos vartojimo efektyvumo didinimo programa. Vilnius, 2000.
2. Commission service paper. Energy for future: Renewable sources of energy. (Community Strategy and Action Plan) Campaign for take-off. (DG XVII).
3. Out P. G. and Van der Leun C. J. The soltherm Europe initiative boosting the demand for solar water heating. North Sun 2001. The Netherlands, 7–8 May 2001.
4. ISO 9806–1 1994. Test methods for solar collectors – Part 1: Thermal performance of glazed liquid heating collectors including pressure drop.
5. Duffie J. A., Beckman W. A. Solar Engineering of Thermal Processes // John Wiley and Sons. New York, 1980. 762 p.

Eugenijus Perednis

THERMAL AND HYDRODYNAMICAL CHARACTERISTICS OF PLATE SOLAR COLLECTORS

S u m m a r y

The thermal and hydrodynamics characteristics of plate solar collectors made in Lithuania are discussed. The main efficiency characteristics of the collectors are determined.

They are important for designers while calculating the instantaneous and permanent heat produce and for the area of solar collectors. The experimental results agreed with ISO standards and a closed test loop was designed and made. To calculate the thermal and hydrodynamic characteristics, the area of plate collectors, wind velocity, the ambient, inlet and outlet temperatures of heat transfer were estimated. The output of the collectors, their effective thermal capacity, heat losses and pressure drops of flow were calculated.

Key words: solar radiation, solar collector, effective thermal capacity, pressure drop across the collector

Эугениус Переднис

ТЕПЛОВЫЕ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Р е з ю м е

Анализируются результаты тепловых и гидродинамических характеристик изготовленного в Литве

плоского солнечного коллектора. Во время исследований установлены константы, характеризующие эффективность солнечного коллектора. Они важны проектировщикам для установления моментных и долгосрочных тепловых характеристик, а также площади солнечного коллектора. Спроектированный и построенный экспериментальный стенд, а также представленный экспериментальный материал соответствуют международным стандартам. Оценив в стационарном режиме площадь солнечного коллектора, суммарную солнечную радиацию, скорость ветра, температуру окружающей среды, температуру жидкости на входе в коллектор и выходе из коллектора, были исследованы тепловые и гидродинамические параметры. Установлены мощность коллектора, термическая эффективность, тепловые потери и падение давления потока жидкости.

Ключевые слова: солнечная радиация, солнечный коллектор, термическая эффективность, гидравлические потери