

FRI-9.2-1-THPE-05

HEAT BALANCE AND INSTANTANEOUS EFFICIENCY OF A THERMOSYPHON SOLAR INSTALLATION¹⁹

Senior Assistant Professor Ivan Denev, PhD

Dept. Mechanics Mechanical Engineering and Heat Engineering, Sliven, Bulgaria,

Technical University of Sofia

Phone: 087 938 4553

E-mail: ivan_denev.eng@abv.bg

Abstract: Based on an existing solar installation, a series of experiments were conducted to determine the heat balance, as well as the instantaneous coefficient of useful action, for the area of the city of Sliven. The obtained results are summarized and presented graphically, with the aim of a better analysis and the possibility of forecasting the received thermal energy. experimental research consists in recording the characteristics when heating the water in the battery tank by means of the solar radiation absorbed by the heat pipes.

Keywords: Solar energy, heat balance, effect coefficient.

ВЪВЕДЕНИЕ

Времето за загряване на водата в акумулиращия съд от 20°C до 50°C при интензитет 1000 W/m² и температура на околната среда 20°C, е един от основните показатели, по които се сравняват съществуващите слънчеви инсталации за подготовка на топла вода. В зависимост от типа на колекторите, при еднаква площ (1 m²) и еднаква вместимост на акумулатора (100 dm³), това време варира между 180 минути за най-добрите типове колектори (тръбни-вакуумни) и 7-8 часа за най-лошите (обикновени плоски стоманени панелни абсорбатори).

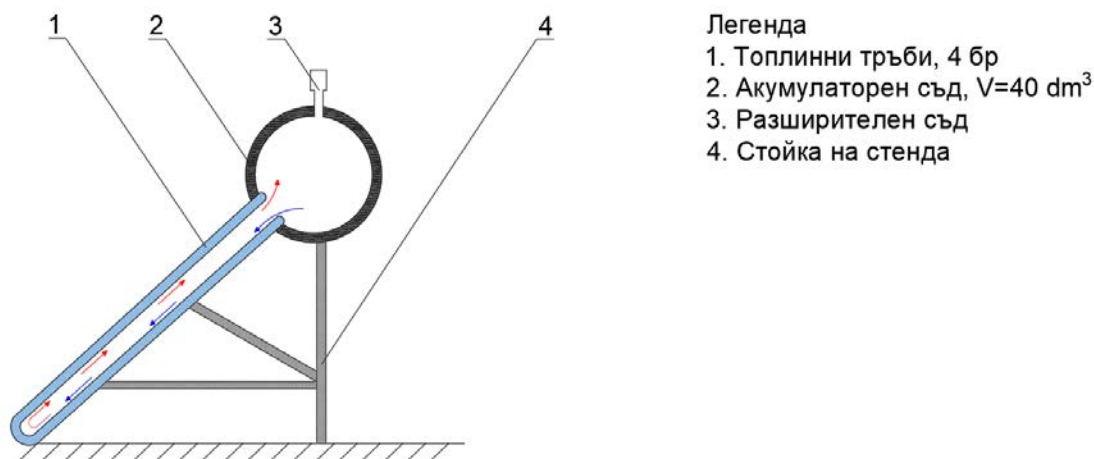
Този показател е важен при избора на колектор, тъй като времето за нагряване на водата до желана температура трябва да е възможно най-малко. Тъй като енергията се получава от слънчевите лъчи, а техният интензитет зависи основно от наличието или отсъствието на облачност, то скоростта на загряване на водата, е важна при променливо време.

Времето за загряване на водата в акумулатора може да бъде и мярка за ефективността на самия слънчев колектор, тъй като при по-висока ефективност – ъск, по-голяма част от попадналата върху абсорбатора слънчева енергия се трансформира в топлина и с това се ускорява загряването, т.е. ефективността на колектора, е право пропорционална на времето, за което се загрява водата.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Целта на настоящата публикация е да се определи моментната ефективност на термосифонна слънчева инсталация за гореща вода, да се състави топлинен баланс на инсталацията и се определят топлинните загуби на системата. Експерименталния стенд се състои от четири броя топлинни тръби, акумулаторен съд с обем $V = 40 \text{ dm}^3$, тръбни връзки. Акумулаторът за вода е цилиндричен съд разположен хоризонтално над топлинните тръби. Принципната ѝ схема е показана на фиг. 1.

¹⁹ Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Топлотехника, хидравлика и пневматика“ на 25 Октомври 2024 г. с оригинално заглавие на български език: ТОПЛИНЕН БАЛАНС И МОМЕНТНА ЕФЕКТИВНОСТ НА ТЕРМОСИФОННА СЛЪНЧЕВА ИНСТАЛАЦИЯ.



Фиг. 1. Схема на експериментален термосифонен стенд

Системата е оборудвана със необходимата измервателна апаратура за провеждане на експериментите. Определянето на дебита през акумулаторния съд, ще се извършва по тегловен метод, чрез използване на предварително тариран съд и хронометър, а за регистриране на температурите в съветните точки на системата, са монтирани електронни термометри с диапазон на измерване от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$ и клас на точност $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$.

Провеждане на експеримента

Проведеи са две серии от опити – без консумация на топла вода при загряване на водата в акумулатора и с консумация $0,016 \text{ kg/s}$ за съставяне на топлинен баланс и определяне на загубите.

Първото експериментално изследване се състои в снемане на характеристиките при загряване на водата в акумулаторния съд посредством усвоената от топлинните тръби слънчева радиация.

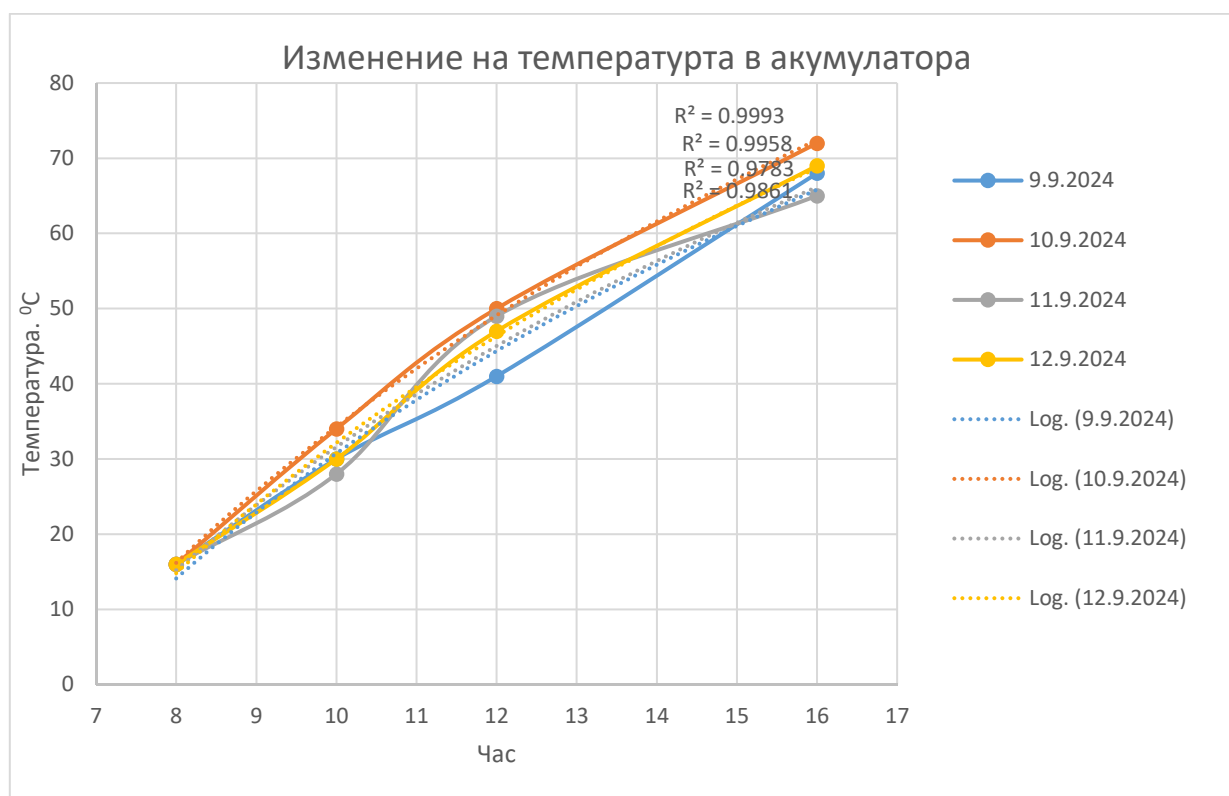
Изследването е проведено в рамките на четири последователни дни, като данните се отчитат ежедневно в 8:00, 10:00, 12:00 и 16:00 часа. Всяка сутрин преди започване на експериментите, водата в акумулаторния съд се източва и същия се напълва отново с цел да опитите да се провеждат при еднакви условия. Средната обемна температура на водата акумулаторния съд се отчита от датчик поставен в него, който е така монтиран, че позволява измерването на температурата по височина на акумулатора за да може да се определи неговата средна обемна температура. За съставянето на топлинния баланс на инсталацията се измерват входната температура на водата от тръбната мрежа и изходната температура от акумулатора.

Резултати и обсъждане

Опитните резултати от измерванията в продължение на четирите последователни дни са показани в табл. 1 и в графичен вид:

Таблица 1

Входни условия при провеждане на експеримента	Температура на водата от ВиК мрежата : $t_M=17^{\circ}\text{C}$ Изменение на температура на въздуха през дните на провеждане на експериментите: $t_{VX}= 22^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$			
Измерени стойности на водата в акумулаторния съд, $^{\circ}\text{C}$	9.9.2024	10.9.2024	11.9.2024	12.9.2024
8:00 часа	16	16	16	16
10:00 часа	30	34	28	30
12:00 часа	41	50	49	47
16:00 часа	68	72	65	69



Фиг. 2. Опитни данни за изменение на температурта в акумулатора

От построените графики относно изменението на температурта в акумулаторния съд за периода на изследване се вижда, че коефициента на корелация между температурта в акумулатора и часовете на измерване варира в диапазона 0,97 и 0,99.

Тъй като слънчевите колектори работят при променливи метеорологични и режимни условия, достоверна информация за поведението им може да се получи от моментната топлинна ефективност $\eta_{c.k.}$. Тя се определя от отношението на отвеждания от слънчевия колектор топлинен поток $Q_{c.k.}$ и попадалия върху него поток от слънчева енергия ($A_{c.k.} \cdot I_0$)

$$\eta_{c.k.} = Q_{c.k.} / (A_{c.k.} \cdot I_0)$$

където:

- $A_{c.k.}$ е площта на абсорбера под светло-проницаемата част на колектора, m^2 – в конкретния случай една втора от площта на топлинната тръба;
- I_0 е интензитетът на сумарната слънчева радиация върху равнината на монтажа на колектора, W/m^2 .

За определяне на попадащата слънчева радиация в равнината на монтаж на топлинните ръби, е използван солариметър „KIMO SL100”. С помощта на монтираните на входа и на изхода температурни датчици, тарираният съд за определяне на дебита на топлоносителя през акумулатора и хронометъра, е определен отвеждания топлинен поток от слънчевия колектор.

Пряко измерени величини:

$t_{вх}=16^{\circ}C$ – температура на входа на акумулатора;

$t_{изх}=20^{\circ}C$ – температура на изхода на акумулатора;

$m=0.016 \text{ kg/s}$ – дебит на топлоносителя;

$I_0=1035 \text{ W/m}^2$ – интензитет на слънчевата радиация.

За съставяне на топлинния баланс са необходими следните величини:

$c_p=4190 \text{ J/kg.K}$ – специфичен топлинен капацитет на водата;

$A_{c.k.}=0,45m^2$ – абсорбираща площ на четирите топлинни тръби.

Определяне на отведения топлинен поток от слънчевия колектор:

$$Q_{\text{с.к.}} = mc_p(t_{\text{изх}} - t_{\text{вх}}) = 0,016.4190. (20 - 16) = 268 \text{ W}$$

Определяне на попадналия върху слънчевия колектор поток от слънчева енергия:

$$Q_{\text{рад}} = A_{\text{с.к.}} \cdot I_0$$

$$Q_{\text{рад}} = 0,45.1035 = 468 \text{ W}$$

Определяне на моментния КПД на инсталацията:

$$\eta = \frac{Q_{\text{с.к.}}}{Q_{\text{рад}}} = \frac{268}{468} = 0,57$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направения топлинен баланс на експерименталния стенд може да се обобщи, че загубите в слънчевата термосифонна инсталация за битово горещо водоснабдяване са приблизително 43%, което се дължи на следните фактори:

- загуби на топлина от топлопредаване на открити тръбни елементи по инсталацията;
- липсата на отражателна повърхност поставена зад топлинните тръби;
- системата работи на естествена конвекция на водата.

REFERENCES

Atanasov D., Minchev M., Tashev A., Determination permeability of transparent covers for solar collectors, 3rd International Conference of Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development. TE-RE-RD 2014, Mamaia-Romania, 183- 186.

Dechev D., Solar collectors and systems, Technique, 2005. (*Оригинално заглавие: Дечев, Д. Слънчеви колектори и системи, Техника, 2005.*).

Gil, S., Gradon, B., Bialik, W., Experimental studies on the hybrid system of heat and cold production from solar energy (2017) Thermal Science, 21 (6), pp. 2827-2835. DOI 10.2298/tsci151117166g.

Komitov, N., Shopov, N., Rasheva, V., Model of a building heating system with renewable energy sources (2020) E3S Web of Conferences, 207, art. no. 02006, DOI 10.1051/e3sconf/202020702006.

Pedersen, P.V., Klint, J., Solar energy in cities, (2015) Green Solar Cities, pp. 1-49, DOI 10.4324/9781315770789-7.

Petrov I., Regression analysis of experimental data in a study of the performance of a flat flame burner, Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal 2024; 27(2): 89-104, DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/185719>.