

Развитие на соларните колектори чрез използване на материали с промяна на фазовото състояние

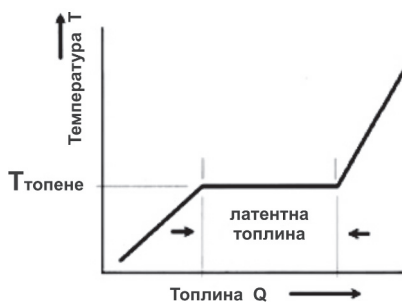
Стефан Недев, Анастас Стоянов

Development solar collectors by using of PCMs: Discussed the development prospects of the elements constitute the solar thermal installations using phase change materials (PCMs) in them. Below are the innovative solar collectors using PCM into their design. Indicated the possibility of building solar thermal installations using schemes includes latent heat accumulators based on PCMs.

Key words: Phase-change material, latent heat, solar thermal collectors.

ВЪВЕДЕНИЕ

От методите за акумулиране на топлина най-атрактивно е използване съхранението на латентната топлина. То дава възможност за високо енергийно съхранение, като обмена става при постоянна температура, благодарение на температурата на фазовия преход при материалите с промяна на фазовото състояние (МПФС). Характерно за тях е, че освобождаването на тази топлина става



Фиг. 1. Изменение на температурата и топлината при промяна фазовото състояние на веществата [2]

при същата температура, при която се извършва фазовият преход т.е. процесът протича в обратна посока, при постоянна температура. МПФС могат да бъдат: органични, неорганични и евтектични [9]. МПФС съхраняват 5-14 пъти повече топлина за единица обем от материалите за съхранение на чувствителна топлина [1,9]. Изборът на МПФС за конкретното приложение зависи от работната температура, която трябва да съответства на температурата на фазовият им преход.

Зависимостта между температурата на МПФС и акумулираната топлина в опростен вид е показана на фиг.1 [2].

ПЕРСПЕКТИВИ ПРЕД РАЗВИТИЕТО НА СОЛАРНИТЕ КОЛЕКТОРИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВАКУУМ И МПФС

Качествата на всяка соларна инсталация за топла вода в голяма степен се определят от възможностите за усвояване и преобразуване в топлина на слънчевата енергия от соларният колектор. Класическите слънчеви колектори за получаване на топла вода са:

- плосък соларен колектор;
- вакуумно-тръбен соларен колектор;

Колекторите с течен топлоносител са най-разпространени в слънчевите системи поради това, че течностите и особено водата имат значителен топлинен капацитет. Това позволява с малки обеми от тях да се пренася достатъчно количество топлинна енергия в системата. МПФС не са подходящи за използване като топлоносител, поради което се използва междинен топлоносител [9].

Плоските соларни колектори имат широко разпространение. Техните експлоатационни характеристики независимо от изпълнението са добри [1,9]. Нормалната температура, до която загряват работния флуид е от 40° до 70°C .

Предимства на плоските соларни колектори са:

- ниска цена спрямо вакуумно-тръбните соларни колектори;

➤ възможност за вграждане в конструктивните елементи на сградите;
Недостатъци на плоските соларни колектори са:
➤ сезонна употреба – могат да работят ефективно само в периода от месец май до месец септември;

➤ неударни са за монтаж и поддръжка, като при счупване на стъкленото им покритие е необходим демонтаж на целия колектор;

Вакуумно-тръбните соларни колектори са съвременно решение и са подходящи за целогодишно използване. Вакуумните тръби, които се използват при получаването на слънчева енергия са:

- вакуумни тръби с двойни стени;
- вакуумни топлинни тръби;

Вакуумните тръби с двойни стени се състоят от две стъклени тръби, вместени една в друга и изработени от борсиликатно стъкло, което има отлични физико-механични свойства.

Вакуумните топлинни тръби представляват високоефективен топлообменник с топлоприемаща и топлопредаваща част. В зависимост от вътрешното устройство, се делят на:

- вакуумни топлинни тръби с една стъклена тръба;
- вакуумни топлинни тръби с две стъклени тръби;

Вакуумните топлинни тръби с една стъклена тръба се състоят от една стъклена тръба с разположен в нея абсорбер [1].

При вакуумните топлинни тръби с две стъклени тръби във вътрешността на тръбата по цялата ѝ дължина е разположена медна тръба, в която като топлоносител се използва течност на алкохолна основа. В горния си край всяка от тръбите завършва с топлообменник представляващ цилиндричен или конусовиден меден накрайник.

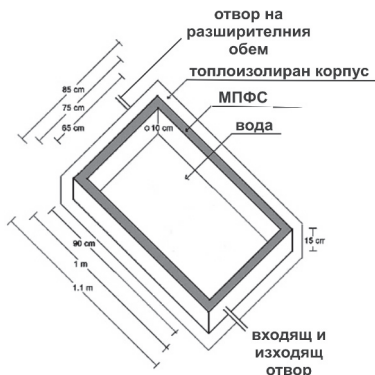
Предимствата на вакуумно-тръбните соларни колектори са:

- по-висока топлинна ефективност;
- целогодишна употреба – работа при облачно време и през зимата, дори и при ниски температури до (- 30°C);
- добра абсорбция на слънчева радиация;
- борсиликатно стъкло на вакуумната тръба, издържа на градушка с диаметър до 30 mm. и на всякакви атмосферни влияния;
- всяка тръба работи независимо от останалите, поради което замаяната на повредените тръби не изисква спиране на цялата инсталация.
- вакуумните тръби имат цилиндрична форма, което позволява да поглъщат слънчевите лъчи през целия ден при различни ъгли на падане;

Като недостатък на вакуумно-тръбните соларни колектори може да се посочи по-високата им цена спрямо обикновените плоски колектори.

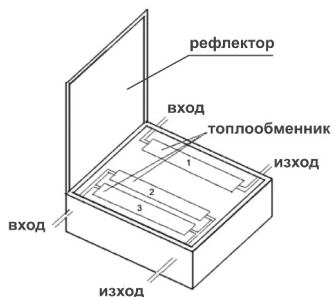
Souliotis et al. са изследвали интегриран соларен колектор с воден топлинен акумулатор за съхранение на топлинна енергия под формата на чувствителна топлина, използвайки вакуум за топлинно изолиране. Напречно сечение с конструктивните размери е показано на фигури 2 [8]. Колекторът се състои от два концентрично разположени неръждаеми стоманени полуцилиндъра, обемът между които образува цилиндричен сегмент. Този сегмент е вакууиран. Приемачата слънчева радиация повърхност на колектора е наклонена под ъгъл от 45° спрямо хоризонта и полученият обем е затворен от плоско стъкло с дебелина 0,004 m. По този начин в предложениия соларен колектор са образувани два обема – вътрешна част, акумулираща чувствителна топлина съхранявана от водата в него и външна част образувача цилиндричен сегмент, който е частично вакууиран. В него също се поставя вода. Обемът на водата във вътрешната част на колектора е $V_{coll} = 44.18$ l, а обемът на водата във вакуумирания цилиндричен сегмент е $V_{cyl} = 4$ l. Така общият

- парафин с дебелина от 0,040 m, който е разтворен в алуминиева шлага;
- серпентина с вътрешен диаметър от 0,005 m;
- топлинна изолация на стените на контейнера;



Фиг. 5. Конструкция на соларен колектор с интегриран МПФС на Shukla [10]

вложените правоъгълни контейнери. Единият колектор е показаният на фигурата, а другият се отличава от него по интегрирания рефlector. За двата колектора авторът определя ефективността им съответно равна на 45% и 60% за конструкцията с рефlector.

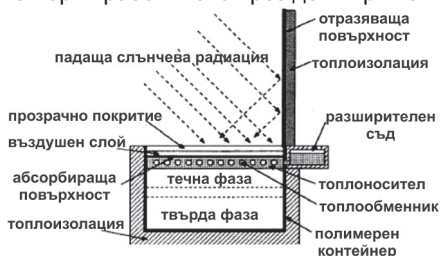


Фиг. 6. Конструкция на соларен колектор с интегриран МПФС и рефlector на Kumar [4]



Фиг. 7. Конструкция на соларен колектор с капсулиран МПФС на Prakash et al. [6]

съдържащ капсулиран МПФС, разположен на дъното на конструкцията [6]. Колекторът работи като през деня при наличие на слънчева радиация водата се



Фиг. 8. Конструкция на соларен колектор с МПФС и

загрива и част от нея преминава в разположения на дъното на теплоизолирания контейнер МПФС. При достигане на температурата на фазовия преход на използвания МПФС, той претърпява фазово превръщане и по този начин акумулира топлинна енергия под формата на латентна топлина. Водата от своя страна акумулира чувствителна топлина. След

слънчева радиация, тя се замества от постъпваща във водния контейнер студена вода, МПФС претърпява фазова промяна и отдава топлина.

Rabin et al. разработват конструкция на соларен колектор с интегриран МПФС и рефлектор, показана на фиг.8 [7]. Като МПФС е използвана евтектична смес от солхидрати в съотношение: 48% CaCl_2 , 4.5% KCl , 0.4% NaCl и 47.1% H_2O съдържаща 1% $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Този МПФС има температура на фазовия преход 27-29°C и латентна топлина на прехода от 164 kJ/kg.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Добавянето на МПФС в конструкцията на соларни колектори е съвременно решение и подобрява значително тяхната ефективност. В разработката са показани видовете соларни колектори, тяхното устройство и начин на работа, както и тенденциите в развитието им чрез интегриране на МПФС в тях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дечев, Д. Слънчеви колектори и системи, Техника, София, 2007.
- [2] Bal, L., S. Satya, S. Naik , Solar dryer with thermal energy storage systems for drying agricultural food products: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (2010), pp. 2298–2314.
- [3] Chen, Z., Gu, M., Peng, D. Heat transfer performance analysis of a solar flat-plate collector with an integrated metal foam porous structure filled with paraffin., *Applied Thermal Engineering* 30 (2010) 1967-1973.
- [4] Kumar B. Design, development and performance evaluation of a latent heat storage unit for evening and morning hot water using a box type solar collector. Project Report, M. Tech. (Energy Management), Indore, India: School of Energy and Environmental Studies, Devi Ahilya University; 2001.
- [5] Mettawee, E., Assassa, G. Experimental study of a compact PCM solar collector., *Energy* 31 (2006) 2958–2968.
- [6] Prakash J, Garg HP, Datta G. A solar water heater with a built-in latent heat storage. *Energy Convers Manage* 1985;25(1):51–6. *Solar Energy* 84 (2010) 1382–1396.
- [7] Rabin Y, Bor-Miv I, Karin E. Integrated solar collector storage system based on a salt hydrate phase change material. *Solar Energy* 1995;55(6):435–44.
- [8] Souliotis, M., Quinlan, P., Smyth, M., Tripanagnostopoulos, Y., Zacharopoulos, A., Ramirez, M., Yianoulis, P. Heat retaining integrated collector storage solar water heater with asymmetric CPC reflector., *Solar Energy* 85 (2011) 2474–2487.
- [9] Sharma, A., Tyagi, V., Chen, C., Buddhi, D., Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Energy Reviews* 13 (2009) 318–345.
- [10] Shukla A. Heat transfer studies on phase change materials and their utilization in solar water heaters. Thesis Report, Ph.D. Energy & Environment, Indore, India: School of Energy and Environmental Studies, Devi Ahilya University; 2006.

За контакти:

Гл.ас. инж. физик Стефан Радев Недев, факултет „Физика и инженерни технологии“, катедра „Методика на обучението по физика“, ПУ”Паисий Хилендарски”, GSM: +359896843191, e-mail: stefan.nedev@mail.bg

Докладът е рецензиран.