



ЕФЕКТИВНОСТ НА ВАКУУМНО-ТРЪБЕН СЛЪНЧЕВ КОЛЕКТОР

EFFICIENCY OF VACUUM-HEAT PIPE SOLAR COLLECTOR

Валентин М. Петков *

Технически университет - Габрово

Статията е постъпила на 26 септември 2013 г.; приета за отпечатване на 22 октомври 2013 г.

Abstract

The instant and integral characteristics of vacuum-heat pipe solar collector with different design have been investigated. The variation of instant efficiency of solar collector with solar heat flux and temperature of the intermediate coolant during the day hours have been presented.

Keywords: vacuum heat pipe solar collector, instant efficiency

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Вакуумно-тръбната технология е качествен скок, коренна промяна в техническите и технологични основи на съвременното производство на слънчеви колектори за гореща вода, отопление и климатизация. Принципът на действие на изобретените вакуумно-тръбни слънчеви енергийни системи е в концепцията за абсорбиране на слънчевото електромагнитно лъчение.

Слънчевият панел е изграден от множество стъклени модули. Всеки модул е изработен от две различни по диаметър концентрични боросиликатни тръби. Пространството между двете тръби е в пълен вакуум, което възпрепятства излъчването на топлина в пространството. Така, при ясен и слънчев ден, темпe-ратурата във вътрешната част достига до 350 °С. Високата целогодишна ефективност се дължи и на ултравиолетовия и инфрачервения спектър на светлината, преминаващ и през облаците, които също се поглъща и превръща в използвана топлинна енергия не само през ясен ден, а и през студено, дъждовно и облачно време.

Външната страна на модула е стъклена и пропуска 98.9% от слънчевите лъчи. Тъй като вакуумирането подлага външния и вътрешния цилиндър на свиване, тези модули са твърде здрави за дебелината на стъклото си. Доказано е, че издържа на градушка с диаметър на зърното 30 мм. Селективната повърхност концентрира слънчевото лъчение във вътрешната тръба, като се нася от външната страна на вътрешната тръба чрез изпарение във вакуум.

Вакуумно-тръбните колектори осигуряват температура на водата 90-120 °С. Това са слънчеви инсталации с най-модерния принцип на абсорбция на енергия с помощта на топлинна тръба, поставена във вакуумна тръба. Те са от 1.6 до 4 пъти по-ефективни от плоските колектори, но са значително по-скъпи. Преобразуват слънчевата енергия с няколко пъти по-малко топлинни загуби, но са по-подходящи за места с по-ниски темпе-

ратури за събиране на енергия от частично или непряко слънцегреене.

2. ЦЕЛ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Слънчевите колектори работят при променливи метеорологични и експлоатационни условия. За да бъдат съпоставени и оценени качествата им, се провежда тест за определяне на ефективността им.

Като показател за качествата на всеки слънчев колектор може да служи както моментната, така и интегралната му топлинна ефективност. Характеристиките на колектора зависят от два фактора. Това са количеството на погълнатата енергия и топлинните загуби в околната среда. Те могат да се оценят при изпитанията на колектора за определяне на моментната топлинна ефективност (к.п.д. на колектора) при фиксирани работни условия.

3. ОПИТНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

3.1. Описание и възможности на опитната уредба

За нуждите на научната програма бе изграден изследователски стенд в който са предвидени съответни модули, елементи и измервателна техника за осигуряване на необходимите условия за реализацията ѝ.

Схема на опитната уредба и подробно описание на компонентите ѝ се намира в [1].

3.2. Методика за изпитване

Основните параметри и условия за изпитване са съобразени с изискванията на европейски стандарт EN 12975 [2,3]. Изпитваният колектор се монтира на стенда, Фиг.1, ориентиран в посока юг и ъгъл на наклона към хоризонта равен на 45°; Тестовите измервания се реализират при квазистационарен режим; Условията на теста са близки до експлоатационните; Тестовите се провеждат при естествена слънчева радиация; Видът на междинният топлоносител е вода.

* Тел.: 0888881990; e-mail: petkov_v@tugab.bg

При изпитанията са определени стойностите на моментната ефективност на слънчевия колектор, за различни температурни режими и външни условия в дневния часови пояс. В процеса на изпитанието се измерват следните величини: температура на топлоносителя на входа на колектора, T_{in} , °C; температура на топлоносителя на изхода на колектора, T_{out} , °C; температура на акумулатора, T_{res} , °C; обменен дебит на междинния топлоносител, циркулиращ през слънчевия колектор, \dot{V} , m^3/s ; плътност на потока на сумарната слънчева радиация, попаднала на повърхността на колектора, G , W/m^2 .

Пресмятаните величини са определени по методика, изложена в [1].

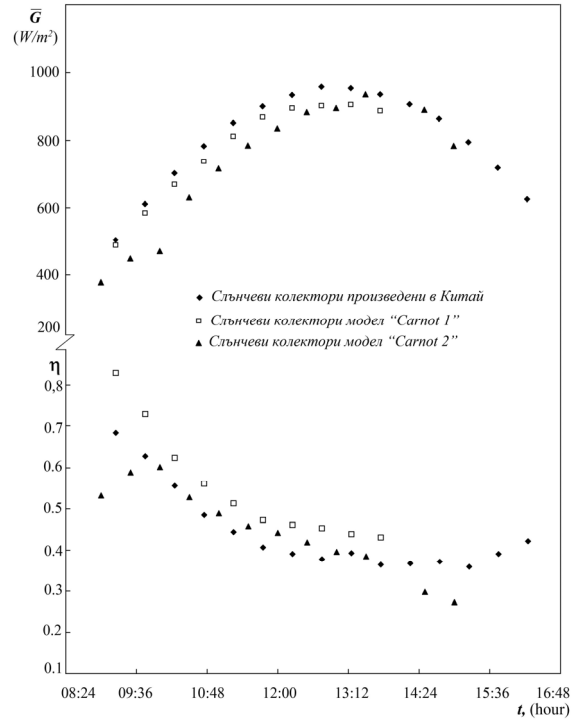
3.3. Експериментални резултати

В резултат на реализираните тестови изпитания са определени моментните и интегрални характеристики на изследвания слънчев колектор, състоящ се от 8 (осем) китайски двойно остъквени вакуумни тръби, производство на фирмата Changzhou He Jia Solar Energy Co., Ltd., с размери: външен диаметър на тръбата $\varnothing 47$ mm и дължина $L = 1500$ mm. Облъчваемата повърхнина е $A_{irr} = 0.845 m^2$. Топлинната тръба, която е поставена в двойно остъклената вакуумна тръба, първоначално е оригиналната китайска тръба, а впоследствие е заменена с друга, производство на фирма „Карно“ гр. В.Търново. Запазени са оригиналните алуминиеви носачи, които служат за оребряване и поддържане на китайските топлинни тръби, както и без такива.

Резултатите са обработени в графичен вид и са представени на Фиг. 1,2. На Фиг. 1 е представено изменението на потока от слънчева радиация (горната част на фигурата) и моментната ефективност на слънчевите колектори от моделите “Carnot 1” и “Carnot 2” (долната част на фигурата), в различните часове от деня в часовия интервал 09:00-15:00 часа. За сравнение са показани и резултатите от изпитанията на същия колектор, но с китайски топлинни тръби. Вижда се ясно, че слънчевият колектор “Carnot 1”, в сравнение с останалите колектори, има най-висок к.п.д., за всички часове от деня, при средна слънчева радиация в интервала 09:00-14:00 часа - $\bar{G} = 775 W/m^2$.

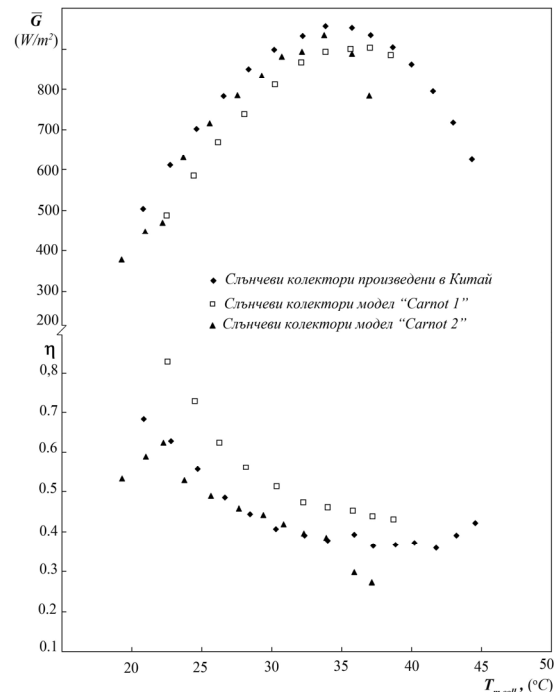
В началото на деня, моментният к.п.д на слънчевия колектор “Carnot 1” има най-висока стойност, независимо, че потока от слънчева радиация е с ниски стойности. С увеличаване на слънчевата радиация (максимални стойности около 13:00 часа) моментният к.п.д. на колектора монотонно намалява стойността си. Интересно поведение се наблюдава в края на деня, когато моментният к.п.д. на колектора започва леко да повишава стойностите си, въпреки, че потокът от слънчева радиация значително намалява.

Слънчевият колектор “Carnot 2”, обаче, има по-различно поведение. В ранните часове на деня, ефективността на колектора е ниска и нараства до 10:00 часа, след което започва монотонно да намалява до края на деня. Тук не се наблюдава обратно повишаване на моментния к.п.д. на колектора в края на деня.



Фиг. 1. Изменение на слънчевата радиация \bar{G} и моментната ефективност на слънчевия колектор η_{coll} в различните часове от деня

Аналогично поведение на моментния к.п.д. на колекторите “Carnot 1” и “Carnot 2” се наблюдава на Фиг. 2, където изменението му е представено в зависимост от средната температура на междинния топлоносител, преминаващ през колектора.



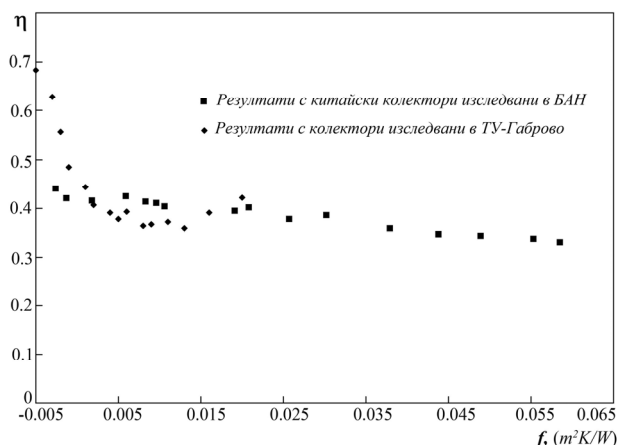
Фиг. 2. Изменение на слънчевата радиация \bar{G} и моментната ефективност на слънчевия колектор η_{coll} в зависимост от средната температура на водата в колектора

Тук, отново, за сравнение е показана характеристиката на слънчевия колектор с китайски топлинни тръби. Представените резултати на Фиг. 1 и 2 недвусмислено показват, че два основни фактора оказват влияние върху стойността на моментния к.п.д. на слънчевия колектор:

(а) средна температура на междинния топлоносител – с повишаване на температурата на топлоносителя се намалява температурната разлика между температурата на кондензиращите пари на топлоносителя в топлинната тръба и температурата на междинния топлоносител (в случая вода). По този начин се намалява топлинният поток, който се предава на междинния топлоносител и, съответно, моментния к.п.д. на колектора;

(б) преобразуващите и акумулиращи свойства на топлоприемника (конструкцията на топлинната тръба): конструкцията на топлинната тръба влияе на способността ѝ да приема по-голяма част от потока от слънчева радиация (което означава да развива по-голяма топлообменна площ), който да предава на кипящия агент. Видът на кипящия агент и количеството, с което е запълнена топлинната тръба също влияе върху ефективността на колектора.

Фиг. 3 показва изменението на ефективността на слънчевия колектор в зависимост от топлинните загуби, чийто критерий е фактора f . На графиката са показани, за сравнение, и резултатите от изследванията, проведени в ЦЛ СЕНЕИ – БАН при други условия [3].



Фиг. 3. Изменение на топлинната ефективност на слънчевия колектор в зависимост от топлинните загуби

Тук трябва да се отбележи, че отрицателни стойности за f се получават, когато температурата на околната среда е по-висока от средната температура на междинния топлоносител, т.е., вместо топлинни загуби са налице топлинни постъпления към колектора.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Максималната стойност на моментния к.п.д. на слънчевия колектор зависи от оптичните характеристики на прозрачното покритие, в случая стъклените тръби, степента на поглъщане на колектора и температурната разлика между средната температура на междинния топлоносител и температурата на кипящия агент в топлинната тръба. При нарастване на интензитета и намаляване на температурната разлика между средната температура на междинния топлоносител и температу-

рата на околната среда се увеличава ефективността на слънчевия колектор. Когато фактора f е нула (средната температура на междинния топлоносител е равна на температурата на околната среда) липсват топлинни загуби от слънчевия колектор към околната среда и ефективността на колектора се определя само от оптичните характеристики на тръбите и абсорбера.

Четири основни конструктивни фактора оказват влияние върху стойността на коефициента на ефективност:

1) Коефициент на топлопреминаване – стойността му определя големината на топлинния поток, който се пренася от кондензиращият агент в топлинната тръба и охлаждащият междинен топлоносител в колектора;

2) Стойност на топлинните загуби – големината им се определя от температурната разлика между средната температура на междинния топлоносител и температурата на околната среда, както и от изолацията на колектора;

3) Геометрия на вакуумната тръба – абсорбиращата повърхност е цилиндър и радиалната проекция на направлението на слънчевите лъчи не оказва влияние в голям ъглов диапазон. Колекторът има добра ъглова характеристика. Работи ефективно по-дълъг период от време;

4) Поглъщане на дифузна светлина. Съотношението между пряката и дифузна компоненти на слънчевата радиация влияят на ефективността на слънчевия колектор поради различното им отражение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. Петков, Ефективност на проточен слънчев колектор с оребрени тръби, *Известия на ТУ-Габрово*, 2013, бр. 46, стр. 66-69.
- [2] Инструкция за монтаж и експлоатация на вакуумен слънчев колектор, RAY, *Топлотехника за бита*, 2006, бр. 4, стр. 55-59.
- [3] Протокол на ЦЛ СЕНЕИ при БАН, от 08.2008 г., издаден на фирма "New Solar Technologies", гр. Шумен - изпитание на вакуумно-тръбен слънчев колектор.

Информация за автора

Технически университет - Габрово,
Ул. „Хаджи Димитър“ 4
5300 Габрово
Катедра „Енергийна техника“



Валентин Петков е главен асистент по термодинамика и топлопренасяне в катедра „Енергийна техника“ на ТУ-Габрово. Получава магистърска и докторска степен в ТУ-Габрово. Основни научни интереси в областта на интензификация на топлообменни компактни топлообменни апарати и термодинамична оптимизация.

