



ЕФЕКТИВНОСТ НА ПРОТОЧЕН ПЛОСЪК СЛЪНЧЕВ КОЛЕКТОР С ОРЕБРЕНИ ТРЪБИ

EFFICIENCY OF PROTRACTED FLAT SOLAR COLLECTOR WITH FINNED TUBES

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 protracted flat solar collector with finned tubes 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: flat solar collector with finned tubes, instant efficiency

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Плоските слънчеви колектори са най-често използваният вид съоръжения за улавяне на слънчевите лъчи и енергийното им оползотворяване. Конструкцията на плоските колектори е елементарна – в рамка от алуминиев профил се монтира серпентина от медни тръби, върху които е заварена абсорбиционна пластина.

Абсорбиционната пластина поглъща енергията на слънчевите лъчи и по тази причина най-често е боядисана в черен цвят, тъй като той има способността да абсорбира цялата топлина в сравнение с останалите цветове. През последните години все по-често горната повърхност на абсорбиционната пластина се покрива с кристали от титаниева сол, тъй като по-този начин топлообменната повърхност се увеличава и толопоглъщането е по-голямо. В алуминиевата рамка най-отгоре се поставя стъкло. Слънчевата енергия преминава през него и загрева абсорбера на колектора. Напоследък стъклото отстъпва място на поликарбонатна пластина, при която коефициентът на отражение е по-малък. Това ще рече, че много малка част от попадналата върху колектора слънчева енергия се отразява, т.е. голямата част от топлината се обработва от съоръжението. И следователно, колекторът е по-ефективен. Отдолу алуминиевият корпус се изолира с вата.

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 моментната, както 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.

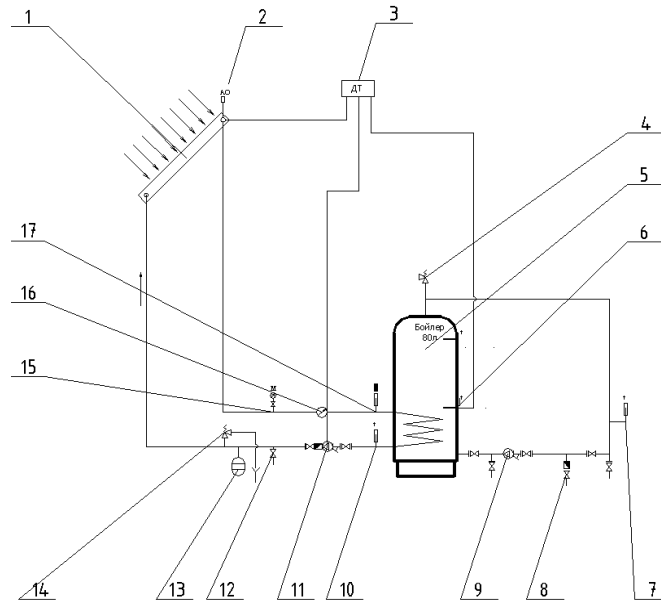
3. ОПИТНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

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.

Фиг. 1 показва схема на опитната уредба за определяне на моментната и интегрална ефективност (к.п.д.) на различни видове слънчеви колектори. Основни елементи на уредбата са: слънчев колектор 1, чийто к.п.д. е обект на изследване; автоматичен обезвъздушител 2 на контура на междинния топлоносител; диференциален терморегулатор 3, който управлява помпата; предпазен вентил 4; акумулатор 5 (подгревател - 80 dm³) за вода със серпентина, в която циркулира междинният топлоносител; датчик за температура 6 – отчита изменението на температурата на водата в акумулатора; термометър 7, който отчита температурата на водата в акумулатора; кран за пълнене и изпразване на акумулатора 8; циркуляционна помпа 9 за изравняване на температурата в акумулатора, преди нейното отчитане; термометър 10 за отчитане на температурата на междинния топлоносител на входа на колектора; циркуляционна помпа 11, осигуряваща циркулацията на междинния топлоносител; сферичен кран за пълнене и изпразване на контура на междинния топлоносител 12; затворен разширителен съд 13; предпазен вентил 14; манометър 15 за контрол на налягането в контура на междинния топлоносител; дебитомер 16 за измерване на дебита на междинния топлоносител и термометър 17 за определяне на температурата на междинния топлоносител на изхода от колектора.

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



Фиг.1. Схема на опитната установка

3.2. Методика за изпитване

Основните параметри и условия за изпитване са съобразени с изискванията на европейски стандарт EN 12975 [1,2]. 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.

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; обеман дебит на междинния топлоносител, циркулиращ през слънчевия колектор, \dot{V} , m³/s; плътност на потока на сумарната слънчева радиация, попаднала на повърхността на колектора, G , W/m².

Моментната ефективност е определена чрез следните пресмятания:

$$1. \text{ Топлинен поток от слънчевия колектор, } \dot{Q}_{coll} = \rho \dot{V} c_p (T_{out} - T_{in}), \quad (1)$$

където ρ и c_p са плътността на водата и специфичният топлинен капацитет, определени за средната температура в колектора, $T_{m, coll} = 0.5(T_{in} + T_{out})$.

2. Поток от слънчева радиация, попаднал върху слънчевия колектор,

$$\dot{Q}_{rad} = \bar{G} A_{irr}, \quad (2)$$

където \bar{G} е средната плътност на потока от слънчева радиация, а A_{irr} е облъчваемата повърхност на колектора.

3. Моментен к.п.д. на слънчевия колектор

$$\eta_{coll} = \dot{Q}_{coll} / \dot{Q}_{rad}. \quad (3)$$

4. Изчисляване на фактора f , който се приема като критерий за определяне на топлинните загуби на колектора,

$$f = \frac{T_{m, coll} - T_o}{\bar{G}} = \frac{\Delta T_{mo}}{\bar{G}}. \quad (4)$$

Влиянието на топлинните загуби върху ефективността на слънчевия колектор се изразява чрез зависимостта

$$\eta_{coll} = f [(T_{m, coll} - T_o) / \bar{G}].$$

5. Натрупваната в акумулатора топлинна енергия за определения интервал от време се определя от

$$\Delta Q_{res} = \rho V c_p \Delta T_{res}, \quad (5)$$

където V е обема на акумулатора ($V = 80 \text{ dm}^3$), а ΔT_{res} е нарастването на температурата в акумулатора за изследвания период ($\Delta \tau = 30 \text{ min}$). Плътността ρ и специфичният топлинен капацитет на водата c_p се определят за средната температура на водата в акумулатора за изследвания период.

6. Падналата върху колектора слънчева енергия се определя от

$$\Delta Q_{rad} = \bar{G} A_{irr} \Delta \tau, \quad (6)$$

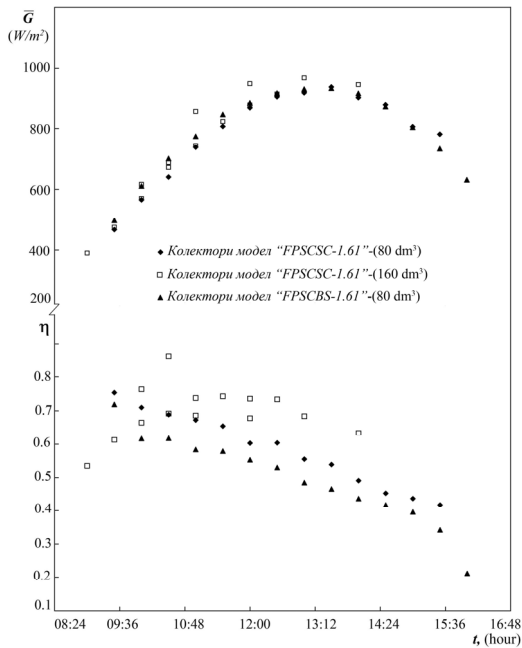
където $\Delta \tau$ е изследваният период от време.

3.3. Експериментални резултати

Реализираните са тестови изпитания за определяне на моментните и интегрални характеристики на три вида плоски проточни слънчеви колектори: "FPSCSC-1.61-80", "FPSCSC-1.61-160" и "FPSCBC-1.61-80". Всички се състоят от 8 (осем) оребрени тръби с размери: външен диаметър на тръбата $\varnothing 12 \text{ mm}$, ширина на реброто $W = 100 \text{ mm}$ и дължина $L = 2 \text{ m}$. Облъчваемата повърхнина на колектора е $A_{irr} = 1.61 \text{ m}^2$. Моделите "FPSCSC-1.61-80" и "FPSCSC-1.61-160" са покрити

със селективно покритие, докато "FPSCBC-1.61-80" е с черно покритие. Топлинният акумулатор в системите "FPSCSC-1.61-80" и "FPSCBC-1.61-80" е с обем от 80 dm³, докато този на "FPSCSC-1.61-160" е с обем от 160 dm³. Колекторите са гръдци и се продават в търговската мрежа в страната. Резултатите са обработени в графичен вид и са представени на Фиг. 2-4.

На Фиг. 2 е представено изменението на потока от слънчева радиация (горната част на фигурата) и моментната ефективност на слънчевите колектори от моделите "FPSCSC-1.61-80", "FPSCSC-1.61-160" и "FPSCBC-1.61-80", (долната част на фигурата), в различните часове от деня в часовия интервал 08:30-17:00 часа. Вижда се ясно, че слънчевият колектор "FPSCSC-1.61-160", в сравнение с останалите колектори, има най-висок к.п.д. за всички часове от деня.



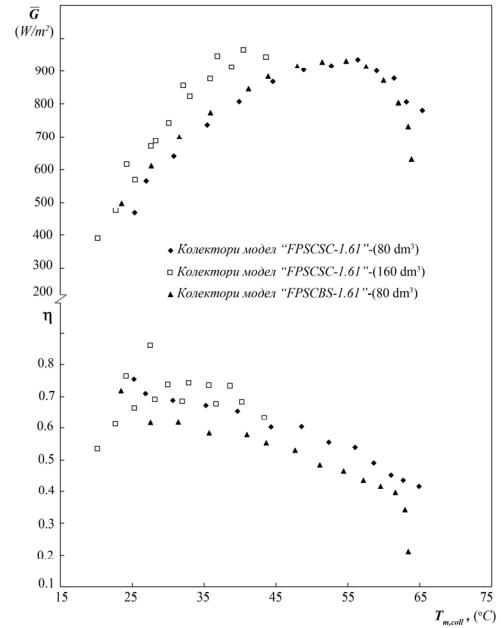
Фиг.2. Изменение на слънчевата радиация \bar{G} и моментната ефективност на слънчевия колектор η_{coll} в различните часове от деня

Слънчевият колектор "FPSCSC-1.61-80", работи със значително по-висока ефективност от колектора "FPSCBC-1.61-80", което очевидно се дължи на по-лошите оптически качества на черното покритие. Това означава, че при плоските проточни слънчеви колектори видът на покритието играе съществена роля за неговата ефективност. Това определя и големината на топлинния поток към междинния топлоносител.

Аналогично поведение на моментния к.п.д. на колекторите се наблюдава на Фиг. 3, където изменението му е представено в зависимост от средната температура на междинния топлоносител, преминаващ през колектора. Представените резултати на Фиг. 2 и 3 недвусмислено показват, че няколко 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 междинния топлоносител и температурата на водата в акумулатора. По този начин се намалява то-

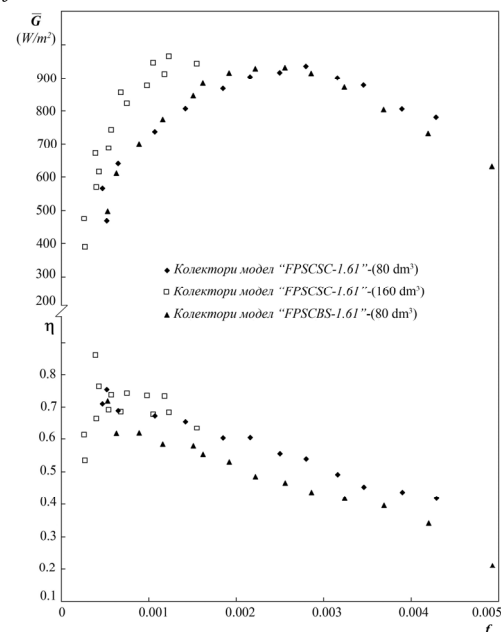
плинният поток, който се предава от междинния топлоносител и моментния к.п.д. на колектора;



Фиг. 3. Изменение на слънчевата радиация \bar{G} и моментната ефективност на слънчевия колектор η_{coll} в зависимост от средната температура на водата в колектора

(б) преобразуващите и акумулиращи свойства на колектора (топлоприемника) – видът на покритието определя оптичните свойства на колектора и влияе пряко върху големината на топлинния поток към междинния топлоносител.

Фиг. 4. показва изменението на ефективността на слънчевия колектор в зависимост от топлинните загуби, чийто критерий е фактора f . От графиката се вижда, че плоските проточни слънчеви колектори със селективно покритие имат по-висока ефективност, от тези с черно покритие, при една и съща стойност на фактора f .



Фиг. 4. Изменение на топлинната ефективност на слънчевия колектор в зависимост от топлинните загуби

Таблица 1 представя сравнение на интегралния к.п.д. на трите плоски проточни слънчеви колектора “FPSCSC-1.61-80”, “FPSCSC-1.61-160” и “FPSCBC-1.61-80”. Два основни извода могат да се направят:

а) Колекторът със селективно покритие “FPSCSC-1.61-80” има обща ефективност за деня $\eta_{sys} = 0.589$, докато този с черно покритие “FPSCBC-1.61-80” има $\eta_{sys} = 0.479$.

б) Колекторът със селективно покритие “FPSCSC-1.61-160” показва в сутрешните часове ниска ефективност $\eta_{sys} = 0.434$, докато в обедните часове тя значително се повишава - $\eta_{sys} = 0.724$.

Таблица 1

Тип на колектора	Час	η_{sys}
“FPSCSC-1.61-80”	09:30-15:00	0.589
“FPSCSC-1.61-160”	10:00-13:00	0.724
“FPSCSC-1.61-160”	09:00-12:00	0.434
“FPSCBC-1.61-80”	09:30-16:00	0.479

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Максималната стойност на моментния к.п.д. на слънчевия колектор зависи от средна температура на междинния топлоносител и преобразуващите и акумулиращи свойства на колектора – видът на покритието определя оптичните свойства на колектора и влияе

пряко върху големината на топлинния поток към междинния топлоносител.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Инструкция за монтаж и експлоатация на вакуумен слънчев колектор, RAY, Топло- техника за бита, 2006, бр. 4, стр. 55-59.
- [2] Протокол на ЦЛ СЕНЕИ при БАН, от 08.2008 г., издаден на фирма “New Solar Technologies”, гр. Шумен, за 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 топлообмена компактни топлообменни апарати и термодинамична оптимизация.