

Една възможност за преобразуване на слънчевата енергия с повишена ефективност — метод и реализация

Антон Филипов, Гаро Мардиросян,
Зоя Матеева**, Бойко Рангелов****

Софийски университет „Св. Кл. Охридски“

** Институт за космически изследвания, БАН*

*** Географски институт, БАН*

**** Геофизичен институт, БАН*

I. Мотивация

Изчерпването на конвенционалните източници на енергия на Земята, както и значителните екологични проблеми, свързани с това, мотивират търсенето на нови енергийни ресурси и възможности за тяхното ефективно оползотворяване. Огромният и практически неизчерпаем потенциал от слънчева енергия, както и нейните екологични предимства, са предпоставка за преоценка на възможностите за по-ефективното ѝ усвояване. Оптималният ефект от работата на съоръженията, преобразуващи слънчевата енергия в топлинна и електрична, зависи както от природни — физични и физикогеографски, така и от технико-експлоатационни фактори.

Природните фактори обуславят притока на лъчиста слънчева енергия към приемно-преобразователните повърхности на хелиосъоръженията. Ефективността на тяхната работа зависи от интензитета и времетраенето на облъчването. С нарастване на ъгъла между слънчевите лъчи и облъчваната повърхност интензитетът на пряката слънчева радиация, която е основният източник на енергия за преобразуване, се повишава. Както е известно, съотношението между количеството пряка слънчева радиация S , падаща за единица време по нормалата към дадена повърхност, и същата радиация S' , падаща под произволен ъгъл към тази повърхност, е:

$$\frac{S}{S'} = \frac{1}{\sin h},$$

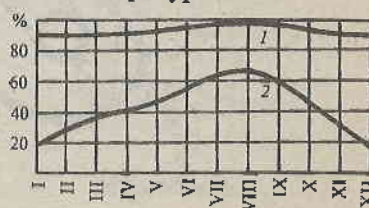
където h е височината на Слънцето над хоризонта.

Постъпващата по нормалата към дадена повърхност слънчева радиация при безоблачно небе има квазипостоянен годишен ход за разлика от тази, попадаща върху повърхност, различна от нормално ориентираната. Стойностите ѝ се доближават до максимално възможните при безоблачно небе, като зависят главно от параметрите на атмосферата. За България тези стойности достигат средно до $S = 1,25 \text{ cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$, докато при радиацията, постъпваща върху хоризонтална повърхност, се наблюдават съществени годишни вариации с максимум, достигащ едва до $S' = 0,68 \text{ cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

Времетраенето на облъчване зависи от продължителността на деня и от облачността. Основните фактори, обуславящи продължителността на деня в дадена точка, са астрономичните, но важно значение има и орографията. Това следва от факта, че действителното време на появяване или изчезване на диска на Слънцето се определя от откритостта на хоризонта. Известно е например, че едно възвишение на релефа, закриващо хоризонта с 1° , води до закъснение на изгрева и ускоряване на залеза с около 6 min.

Основен фактор за времетраенето на облъчване е облачността. Наличието на плътна облачност, закриваща слънчевия диск, преустановява притока на пряка слънчева радиация, която е основната приходна част от радиацията, усвоявана от хелиосъоръженията. Характерните за България параметри на облачност, обуславят значителна сума на слънчевото греене, особено през летните месеци, когато тя достига над 70 % от максимално възможната при ясно небе. Тези климатични условия са твърде благоприятни за експлоатацията на хелиосъоръженията и са близки до условията на страни с традиции в хелиоенергетиката. Важно значение за ефективната работа на тези съоръжения има и степента на променливост на дневната облачност. Честото закриване на слънчевия диск води до многократно прекъсване на работния цикъл. Това се отразява особено неблагоприятно върху ефективността на конвенционалните хелиосъоръжения. Тяхното използване е практически целесъобразно при непрекъснато слънчево греене с продължителност минимум 6 часа. В България такива условия се наблюдават през 60 — 80 % от дните на топлото полугодие, но през зимата тези стойности намаляват до 20 % [1]. При конструкции, чиято приемно-преобразуваща повърхност е нормално ориентирана към слънчевия поток е достатъчно наличието на непрекъснато слънчево греене с продължителност минимум 2 часа. При климатичните условия на България това означава съществено удължаване на годишната продължителност на периода, през който такъв тип съоръжения работят ефикасно (фиг. 1).

Ефективността на хелиопреобразувателните съоръжения зависи и от технико-експлоатационните им характеристики, като естествено най-добри резултати се получават при конструкции, оползотворяващи оптимално природния потенциал от хелиоресурси. Общият недостатък на известните ни хелиосъоръжения [2] е сравнително niskият им интегрален коефициент при преобразуване на слънчевата енергия, независимо от високите им енергийни показатели в отделни моменти от деня. В това отношение съществуват значителни резерви и възможности за подобряване оползотворяването на хелиоресурсите.

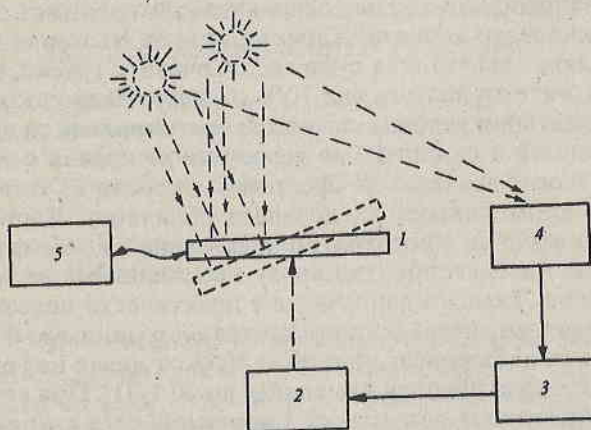


Фиг. 1. Непрекъснато слънчево греене с продължителност най-малко 2 часа дневно (1) и най-малко 6 часа дневно (2)

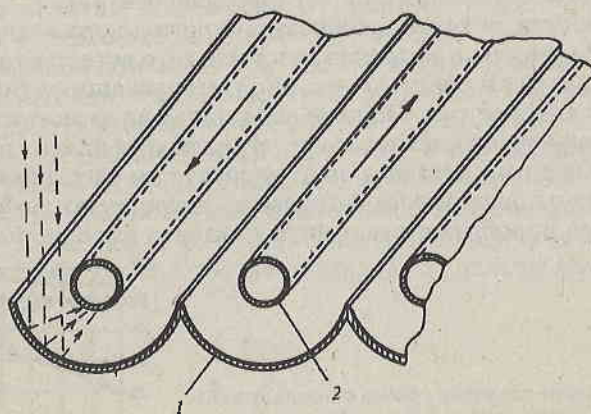
II. Метод

Една възможност за повишаване на ефективността при преобразуването на слънчевата енергия дават разработеният метод и устройството за реализирането му [3]. Същността на метода се състои в това, че приемно-преобразователният блок се задвижва през дискретни интервали от време и се фиксира автоматично във функция от моментното положение на Слънцето така, че лъчите му да падат по нормалата към активните повърхности на този блок. По този начин във всеки момент от време и независимо от сезона, благодарение на оптималното насочване, се гарантира приемане и преобразуване на слънчевата енергия с максимално възможния коефициент на ефективност.

Едно допълнително повишаване на коефициента на ефективност се получава чрез прилагането на принципа на концентрация на слънчевите лъчи, отразени от параболична повърхност.



Фиг. 2. Най-обща блокова схема на устройството за приемане и преобразуване на слънчева енергия с повишен коефициент на ефективност



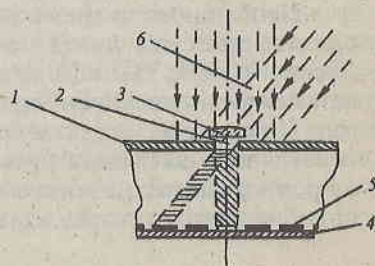
Фиг. 3. Схематична илюстрация на конструкцията на приемно-преобразователния блок

III. Реализация

В най-общ вид блоковата схема на устройството, с което се реализира предложения метод при вариант за преобразуване на слънчевата енергия в топлинна — и по-специално за загряване на вода — е показана на фиг. 2. Приемно-преобразователният блок 1 е в механична връзка със задвижващия блок 2, състоящ се от електродвигател и редуктор. Задвижващият блок е свързан електрично с управляващия блок 3, който от своя страна е включен към слънчев сензор 4, монтиран върху блока 1. Консуматорът 5 е свързан чрез гъвкава тръбна връзка с приемно-преобразователния блок.

Конструкцията на приемно-преобразователния блок е илюстрирана на фиг. 3. Състои се от параболични повърхнини 1, съединени така, че да образуват общ панел. Върху вътрешната (вдлъбнатата) част на параболичните повърхнини е залепено отражателно фолио или самите повърхности чрез метализация са покрити с отражателен слой. Във фокуса на всяка параболична повърхнина е монтирана тръба 2, в която се намира нагриваната вода. Тръбата има конфигурация тип „меандър“, като чрез гъвкава тръбна връзка се осъществяват връзките със захранващата водопроводна мрежа и с консуматора. Материалът, геометрията и евентуалното покритие на тръбата гарантират максимално възможното поглъщане на топлина. С цел осъществяване на топлоизолация отгоре панелът е покрит със стъкло.

В централната част на приемно-преобразователния блок е монтиран слънчевият сензор. Предназначението му е да определя онова положение, при което слънчевите лъчи да падат по нормалата към него, и следователно и по нормалата към активната плоскост на приемно-преобразователния блок. Възможни са няколко варианта на сенсори, способни да изпълняват това си предназначение. Най-общо принципът на действие на един от тези варианти е илюстриран чрез фиг. 4. Сензорът е конфигуриран във вид на кутия, на горния капак 1 на която има диафрагма 2. Възможно е на диафрагмата да се монтира и оптична леща 3. На дъното 4 са разположени фоточувствителните елементи (фотодиоди, фототранзистори или фоторезистори) 5 в дискретен вид или в интегрално изпълнение. Съотношението между геометричните размери на диафрагмата, активните и изолираните части на фоточувствителните елементи, разстоянията им до диафрагмата и взаимното им разположение е такова, че винаги се гарантира попадане на слънчевите лъчи 6 върху един или два съседни фоточувствителни елемента [4].



Фиг. 4. Илюстрация на принципа на действие на слънчевия сензор

IV. Действие

В зависимост от височината на Слънцето над хоризонта и от положението на панела на приемно-преобразователния блок, снопът слънчеви лъчи попада върху съответния фоточувствителен елемент. Съответният електричен сигнал отива в управляващия блок, който подава команда и чрез електродвигателя и редуктора си задвижващият блок изменя положението на панела спрямо Слънцето. Дискретното позициониране продължава дотогава, докато снопът слънчеви лъчи не попадне върху „нулевия“ фоточувствителен елемент, намиращ се точно срещу диафрагмата на сенсора. Това означава, че последният, респ. и панелът на приемно-преобразователния блок, се намират в положение, при което слънчевите лъчи попадат по нормалата към плоскостта на панела. Тогава отразените от параболичните повърхнини лъчи се концентрират върху тръбите със загряваната вода. Благодарение на топлоизолацията въздухообменът е възпрепятстван и се избягва разсейването в околното пространство на погълнатата от тръбите топлина.

След време, когато вследствие на движението на Слънцето лъчите му започват да изместват концентрацията си от тръбите, благодарение на реакцията на сенсора панелът отново се позиционира по описания начин. На практика дискретният процес на позициониране на приемно-преобразователния блок се явява аналогов по отношение на толоприемането.

Допустимата неточност при позиционирането на приемно-преобразователния блок зависи от геометричните размери на параболичните повърхнини, формата на сечението и диаметъра на тръбите със загряваната течност и качествата на сенсора.

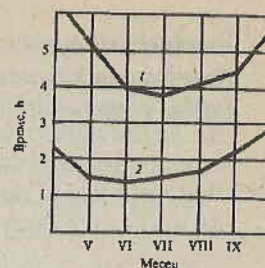
V. Предварителни резултати и изводи

Прототип на накратко описаното устройство за приемане и преобразуване на слънчева енергия с повишена ефективност беше изработен в Центъра за възобновима енергия (ЦВЕ) [5]. Активната площ на панела на приемно-преобразователния блок е $1,25 \text{ m}^2$, а общата дължина на тръбите със загряваната течност е 12 m. Устройството беше свързано паралелно към електрически бойлер тип M72268П80 с вместимост 80 литра, производство на „Елпром“ — Варна.

Прототипът на устройството за приемане и преобразуване на слънчевата енергия с повишена ефективност беше експлоатирано в района на София през лятото и началото на есента на 1994 г. По време на експлоатацията в реални условия бяха потвърдени реализируемостта на метода и работоспособността на устройството. Получените резултати дават възможност да се направят някои предварителни изводи.

Необходимото време за загряване на водата чрез описаните метод и устройство през отделните месеци е показано в графичен вид на фиг. 5. Тук за месеци VI, VII, VIII и IX данните са взети от обективните измервания на съответните физични величини, а за останалите месеци са получени по теоретичен път. На същата фигура за сравнение е показана и графиката на необходимото за загряване до същата температура време, усреднено за няколко вида от най-широко разпространените стационарни водозагряващи хелиосъоръжения с подобни конструктивни характеристики.

Фиг. 5. Необходимото време за загряване на водата при стационарни водозагряващи хелиосъоръжения (1) и хелиосъоръжение, реализиращо описания метод (2)



Както се вижда и от фигурата, основният резултат е значително по-малкото време, необходимо за загряване на водата чрез описаните метод и устройство за реализацията му.

Естествено с цел максимално повишаване на коефициента на ефективност на накратко представеното устройство за приемане и преобразуване на слънчева енергия с повишен коефициент на ефективност е необходима оптимизация на геометричните му параметри, на материала и покритието на елементите му и на останалите му конструктивни параметри.

Литература

1. Климатичен справочник на България. Т. I. Слънчево греене и слънчева радиация. С., Наука и изкуство, 1978.
2. SOLARSTORM — Komponenten, Systeme, Zubehör, AEG, Nürnberg, 1992.
3. Филипov, А., Г. Мардиросян. Устройство за преобразуване на слънчева енергия. Патент, рег. № 97850/04.06.1993, Патентно ведомство на РБългария, София.
4. Мардиросян, Г. Кандидатска дисертация, ЦДКИ—БАН, София, 1984.
5. EDRESS 1994. London, James and James Science publishers Ltd., 1994.

Постъпила на 10.X.1994 г.

One possibility for solar energy transformation with increased effectiveness — method and implementation

Anton Filipov, Garo Mardirossian,
Zoya Mateeva, Boyko Rangelov

(Summary)

The paper is dedicated to a method and its implementation, by which solar energy is caught and transformed into heat and electric energy with increased effectiveness coefficient. The essence of the method lies in the automatic orientation of the active surfaces of the receiving-transmitting elements as a function of the current sun height in such a way that its rays fall adjacently to these surfaces at any moment. In this way, thanks to this optimum orientation catching and transformation of solar energy with the maximum possible efficiency coefficient is provided at any time of the day regardless of the season. Additional increase of this coefficient may be achieved by applying the principle of concentration of solar rays that have been reflected by a parabolic surface.