

**ИЗСЛЕДВАНЕ ПОТЕНЦИАЛА
НА ВЪЗОБНОВЯЕМ ЕНЕРГИЕН ИЗТОЧНИК
ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ТОПЛА ВОДА**

доц. д-р Силвия Лецковска
доц. д-р Камен Сейменлийски
Бургаски свободен университет

**ABOUT THE POSSIBILITY TO RESOLVE SOME PROBLEMS IN
VECTOR CONTROL OF THREE-PHASE ASYNCHRONOUS
ELECTRIC MOTOR**

Assoc. Prof. Silvija Letskovska, PhD
Assoc. Prof. Kamen Seymenliyski, PhD
Burgas Free University

***Abstract:** In this article the results of studies related to improving the energy efficiency of a building are shown. The study of the production of hot water for household needs using renewable energy source is done. Data showing correlation of the monthly heating load for a home with a certain number of inhabitants are discussed. The replacement ratio is part of the thermal capacity of the building, obtained from a renewable energy source is calculated.*

***Key words:** energy efficiency, renewable energy, hot water.*

Въведение

Прогресивното развитие на човечеството е пряко свързано с нарастващото потребление на енергия. Съвременните мащаби на производство и потребление на енергия, и особено перспективите в развитието впечатляват, но предизвикват и тревога, причините за която носят икономически, технологичен и екологичен характер. При така съществуващата сложна структура на световната енергетика, при която основното количество енергия се получава от изгарянето на природни горива (въглища, газ, нефтопродукти и др.), запасите на които макар и огромни не са неограничени, по прогнози, в близко бъдеще ще се усети недостиг на органично гориво, т.е. на енергия.

Освен това, отпадъците от съвременните енергийни системи са значителни, съдържат голямо количество вредни компоненти, замърсяващи околната среда. Екологичните проблеми се провокират и от топлинното замърсяване, доколкото всяка форма на енергия в крайна сметка се трансформира в топлина, която бавно и неизбежно води до глобалното повишаване на температурите.

Сред източниците на енергия има и такива, които притежават уникални свойства: те са практически неизчерпаеми, екологично чисти и икономически изгодни. Все още не се използват толкова ефективно и мащабно като традиционните

източници. Такива са слънчевото излъчване, енергията от вятъра, химическата енергия от биомасата, енергията от морските вълни, океанските приливи, геотермалните източници. Ефективното им усвояване е вече необходимост, което налага разработката усъвършенстването и внедряването на нови енергетични системи, които биха довели до значителен икономически и социален ефект.

Слънчевата енергия е практически вечна, тя е огромен източник за електроснабдяване, не води до замърсяване на околната среда (мощността на слънчевото излъчване към Земята за година се оценява на 20 милиарда киловата). Не случайно първият, който е формулирал основните правила за използване на слънчевата енергия в сградите е бил Сократ (470...399 пр.н.е.). Както е посочено в записките на Ксенофонт Афински Сократ говори за следното: „...в домовете, ориентирани на юг през зимата слънцето прониква през вратите, но през лятото, когато то е точно над главите ни и над покривите, там е сянка. Затова, ако приемем това разположение за най-добро, то трябва да стоим южната част на сградите по-висока, за да ловим зимното слънце, а северната – по-ниска, за да пречим на студените ветрове”.

Основните проблеми по използването обаче на слънчевата енергия са високата цена, неравномерната интензивност в отделните часове от деня и годината и географското разположение.

Ключов проблем е също и проблемът за акумулирането ѝ. Ако неравномерността на излъчването и необходимостта от създаването на устройства за концентрация се определят от технико-икономическите характеристики на използваните системи, то дискретността на постъпването на енергията изисква решения, свързани с акумулирането.

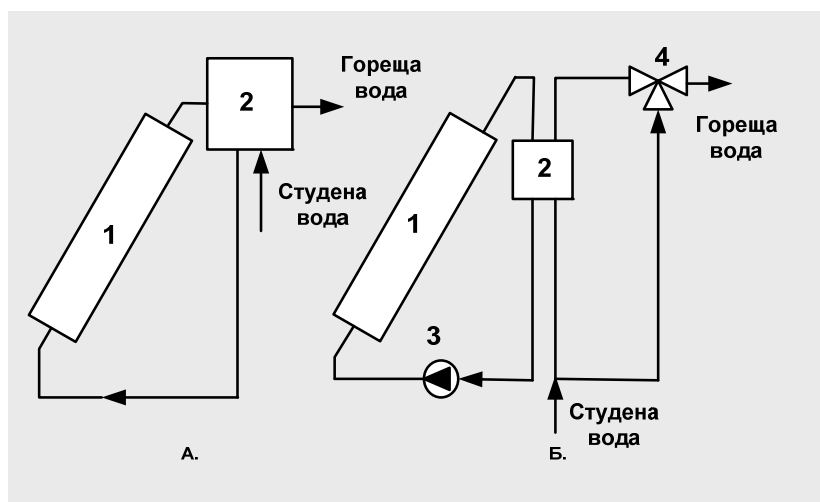
В технически смисъл използването на слънчевата радиация има два аспекта – електроснабдяване и топло и горещо водоснабдяване. Осъществяването на подобни системи е свързано с ниската плътност на слънчевата радиация, което изисква голяма площ на енергоприемника. Разработените концентратори на енергия изискват повърхност и оскъпяват системите. За осигуряване на постоянно хранване от вторичен енергоносител са необходими акумулатори. Това повишава цената на получената енергия. Затова се работи по създаване на слънчеви системи с термодинамичен цикъл на преобразуване, т.е. с използване на системи, аналогични на съвременните топлинни централи.

В повечето страни годишното количество слънчева радиация, падаща върху покривите на жилищните домове значително превъзхожда енергията, необходима за тяхното отопление или охлаждане. Затова е естествено да се работи в направление на използването на слънчевата енергия за подобни цели. Пример за подобен тип разработки са слънчевите водонагревателни системи (СВС), предназначени за получаването на топла вода. Те включват топлообменни устройства за улавянето на слънчевата радиация, преобразуването ѝ в топлинна енергия, акумулирането и предаването и на междинен топлоносител и доставката ѝ на потребител.

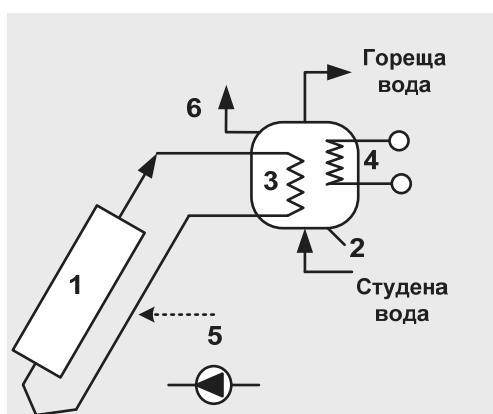
Има два основни типа системи за слънчево топлоснабдяване – с естествена (Фиг. 1, А) и принудителна (Фиг. 1, Б) циркулация на топлоносителя. Ако в контура на колектора и в акумулатора се използва вода, то системата е едноконтурна. За предотвратяването на замръзване може да се ползва антифриз и системата се изпълнява с двуконтурна схема (Фиг. 2). За неголеми потребители най-често се ползва вариант без използване на помпа.

Слънчевите системи за топлоснабдяване препоръчително се използват след технико-икономическа обосновка, включваща отчитане на следните фактори: сезон-

но топлоснабдяване или режим на потребление с максимално натоварване през летния период; висока цена на топлинната енергия, получена с традиционни източници на топлина; високи средногодишни стойности на интензивността на постъпване на слънчева радиация и голям брой слънчеви дни; наличие на площи за разполагане на колектори, липса на засенчване на колектора от околни сгради; повишаване на изискванията към чистотата на околната среда; икономия на ресурси.



Фиг. 1. Системи за слънчево топлоснабдяване.
1 – колектор, 2 – съд-аккумулятор, 3 – помпа, 4 – смесителен вентил



Фиг. 2. 1 – слънчев колектор, 2 – акумулатор на топлина, 3 – топлообменник,
4 – резервен (допълнителен) източник на енергия, 5 – помпа, 6 – предпазен клапан

1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ ПРИ ИЗГРАЖДАНЕ НА СИСТЕМИТЕ ЗА СЛЪНЧЕВО ТОПЛО- И ГОРЕЩО ВОДОСНАБДЯВАНЕ

При определяне на ефективността на получаване на топлина от слънчевото излъчване в един или друг регион или точка с определени географски координати информацията за климатичните условия не е достатъчна. Необходимо е да се имат предвид и данните, характеризиращи ефективността на използването на слънчевата система (най-вече при използването на плоски колектори). Съществуващите методи за пресмятане позволяват на база на получените климатични данни с отчитането на характеристиките на оборудването да се определят основните параметри на активните слънчеви системи: коефициент на заместване на топлоснабдяването на даден обект f (частта слънчева енергия, използвана за топлоснабдяване) за даден период от време (месец, сезон, година); полезната производителност на системата за този период; площта на слънчевия колектор.

Инженерните методи за проектиране на системи за слънчево топлоснабдяване могат да се обединят в три групи. Всички тези методи обаче дават възможност да се определи годишната производителност на системата, но не дават информация за динамиката на процесите, протичащи в нея.

Методите от първата група се отнасят за системи, в които работната температура на слънчевия колектор е известна. Един от тези методи се основава на анализа на часовите метеорологични данни, с цел определяне на частта от месечните стойности на слънчевата радиация, превишаваща дадено критично ниво. Друг метод е методът на топлинните таблици на Морс, който разглежда производителността на колектора като функция на неговите параметри, място и ориентация, при условие за постоянна температура на течността на входа.

Втората група методи апроксимират резултатите от проведено детайлно моделиране. Пример за такъв метод е методът на f -диаграмите, основа за създаване на метод за апроксимация на характеристиките на работата на системата.

Третата група инженерни методи включва методи, при които моделирането се прави за характерни дни, а резултатите се ползват при дългосрочните прогнози и характеристики. При метода SOLCOST например, се моделират ясни и облачни дни, а след това за оценката на месечните характеристики резултатите се усредняват на база средна облачност.

Методът на f -диаграмите служи за оценка на годишната производителност на активни системи за отопление на сгради и е средство за оценяване на частта от месечното топлинно натоварване, която се реализира за сметка на слънчевата радиация. Определящ параметър е площта на слънчевите колектори, второстепенни параметри са типа на колектора, капацитета на съда-акумулатор, разходите на работна течност, размерите на топлообменниците. Получените корелационни съотношения представляват f -часта на покриване на месечното топлинно натоварване (за отопление и горещо водоснабдяване) за сметка на слънчевата радиация като функция на два безразмерни параметъра. Първият параметър е свързан с отношението загуби на колектора – топлинно натоварване, а вторият с отношението погълната слънчева енергия – топлинно натоварване. Диаграмите са разработени за три типа конструкции – течна и въздушна система за отопление (и горещо водоснабдяване) и за системи само за горещо водоснабдяване.

При създаване на слънчевата система за топлоснабдяване е важно да бъдат определени следните характеристики на системата:

- *Месечното топлинно натоварване на системата при зададен обем на сградата и средна месечна температура на въздуха за отопление и гореща вода:*

$$(1) \quad \begin{aligned} Q_{\text{топл.мес}} &= q_0 \cdot \alpha \cdot V_{\text{сгр.}} \cdot (t_{\text{вътр.}} - t_{\text{външ.}}) n_s \\ Q_{\text{гор.вода.мес}} &= G_{\text{г.в.}} \cdot N \cdot c_p \cdot (t_{\text{г.в.}} - t_{\text{ст.в.}}) \end{aligned}$$

Където:

- q_0 – специфична отоплителна характеристика на сградата ($\text{W/m}^3\text{°C}$);
- α – поправъчен коефициент;
- $V_{\text{сгр}}$ – обем на сградата;
- $t_{\text{вътр.}}$ – температура в сградата ($^{\circ}\text{C}$);
- $t_{\text{външ.}}$ – средна месечна температура на външния въздух;
- n_s – брой секунди в месеца;
- $G_{\text{ГВ}}$ – специфичен разход на гореща вода;
- N – брой живуци в сградата;
- C_p – специфична топлоемкост на водата;
- $t_{\text{ГВ}}$ – температура на горещата вода;
- $t_{\text{СВ}}$ – температура на студената вода.

- *Приход на слънчева радиация*

В слънчевите системи за получаване на гореща вода най-често се ползват плоски слънчеви колектори, монтирани в наклонено положение. Средно месечния дневен приход на сумарна слънчева радиация върху наклонена повърхност може да се определи от зависимостта:

$$(2) \quad E_K = E \cdot R \left(\text{MJ} / \text{m}^2 \right),$$

Където:

- E – средно месечен дневен приход на слънчева радиация върху хоризонтална повърхност;
- R – отношение на средно месечните дневни приходи на слънчева радиация на наклонена и хоризонтална повърхност.

При положение, че дифузната радиация е изотропна (равномерно разпределена):

$$(3) \quad E = \left(1 - \frac{E_{\text{дн}}}{E} \right) M + \frac{E_{\text{дн}}}{E} \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + \varepsilon \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right),$$

Където:

- $E_{\text{дн}}$ – средно месечен дневен приход на дифузна слънчева радиация върху хоризонтална повърхност;
- M – отношение на средно месечните дневни приходи на слънчева радиация върху наклонена и хоризонтална повърхност;
- β – ъгъл на наклона спрямо хоризонта;
- ε – отражателна способност на земята, изменяща се в зависимост от степента на снежната покривка.

Първият, вторият и третият член на уравнение (3) са съответно частта на пряката, дифузна и отразена от земята върху повърхността на колектора радиация. Доказано е, че отношението Едн/Е се определя основно от показателя за облачност „Кп”, който зависи от стойността на слънчевата радиация върху хоризонтална повърхност извън пределите на атмосферата.

• *Коефициента заместване на (f-МЕТОД)*

Енергетичният баланс на системата за слънчево топлоснабдяване за месец може да се представи във вида:

$$(4) \quad Q - Q_{c.g.} + E = \Delta U$$

Където:

- Q – месечен добив на топлина от слънчевата система;
- Q_{г.в} – месечно натоварване за гореща вода;
- E – общо количество енергия, получено от дублиращ източник;
- ΔU – изменение на количеството енергия в акумулиращата система.

При размерите на акумулаторите, обикновено използвани в подобен вид системи, разликата ΔU е много малка в сравнение с другите членове на (4) и може да се приеме за нула. Тогава уравнение (4) може да се запише във вида:

$$(5) \quad f = (Q_{c.g.} + E) / Q_{c.g.} = Q / Q_{c.g.} U$$

Където:

- f – част от месечното топлинно натоварване, осигурено от слънчевата енергия.

Уравнение (5) не може да се използва при определяне на f, т.к. величината Q е сложна функция на падащото излъчване, температурата на околната среда и топлинното натоварване.

На база на разгледаните параметри, от които зависи Q, се предполага, че коефициентът на заместване f емпирично може да се свърже с два безразмерни комплекса X и Y:

$$(6) \quad X = F_R k_k \frac{F_R'}{F_R} (t_{базова} - t_{ок.сп.}) n_c \frac{X_c}{X} \frac{A}{Q_m}$$

$$\frac{X_c}{X} = \left(\frac{v_{ак}}{75} \right)^{-0.25} \quad \frac{F_R'}{F_R} = \frac{1}{1 + \frac{F_R k_k}{Gc_p} \left(\frac{AGc_p}{\epsilon_c C_{min}} - 1 \right)},$$

$$(7) \quad Y = F_R (\tau\alpha)_n \frac{F_R'}{F_R} \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} E_{\kappa} n_d \frac{A}{Q_m}$$

Където:

- F_R' / F_R е поправъчен коефициент, отчитащ влиянието на топлообменника;
- F_R – коефициент на отвеждане на топлина от колектора;
- K_k – пълен коефициент на топлинните загуби на колектора, W/(m²•°C);
- $t_{баз.}$ – базова температура, приема се 100 °C;

- ток.ср. – температура на околната среда;
- n_d – брой дни в месеца;
- $V_{ак}$ – обем на акумулатора;
- A – площ на слънчевия колектор;
- C_p – топлемост на топлоносителя в контура на слънчевия колектор;
- $C_{сmin}$ – по-малката стойност на водния еквивалент в топлообменника;
- G – разход на гореща вода на човек;
- η_c – ефективност на топлообменника;
- $(\eta_{\square})_n$ – пропускателна (η_{\square}) способност на прозрачното покритие и поглъщателна способност (η_{\square}) на пластината при слънчево излъчване по нормалата спрямо равнината.

Зависимостта между N , Y и f се апроксимира с израза:

$$(8) \quad f = 1.029Y - 0.065X - 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^3, \quad 0 < Y < 3, \quad 0 < X < 18$$

Безразмерните величини X и Y имат определен физически смисъл: Y може да се тълкува като отношение на количеството енергия, погълнато от пластината на колектора за месец към пълното топлинно натоварване, а X – като отношение на месечните топлинни загуби на колектора при базова температура към пълното месечно топлинно натоварване.

При определяне на характеристиките на система за слънчево топлоснабдяване, когато горещото водоснабдяване е преобладаващо или единствено, температурата на водата във водопровода, както и минимално допустимата температура на горещата вода са определящи. Доколкото средната работна температура на системата, а следователно и загубите на топлина в колектора зависят от тези температури, може да се предположи, че изразяването на X , характеризиращо загубите на топлина от колектора може да се коригира така, че да се отчете влиянието на температурите.

Ако месечната стойност на X се умножи с поправъчен коефициент, то f -методът може да се приложи за определяне на месечните стойности f , получени в системата за горещо водоснабдяване.

II. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСНОВНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СИСТЕМА ЗА ТОПЛА ВОДА СЪС СЛЪНЧЕВ КОЛЕКТОР ЗА КОНКРЕТЕН ПОТРЕБИТЕЛ

Системата за слънчево топлоснабдяване за битови нужди е разположена върху сграда, намираща се на $\varphi = 42,3^{\circ}$ сев. ширина.

Колекторът трябва да осигурява нагряване на водата до 60°C за петчленна фамилия, всеки член от която разходва дневно 43,2 литра.

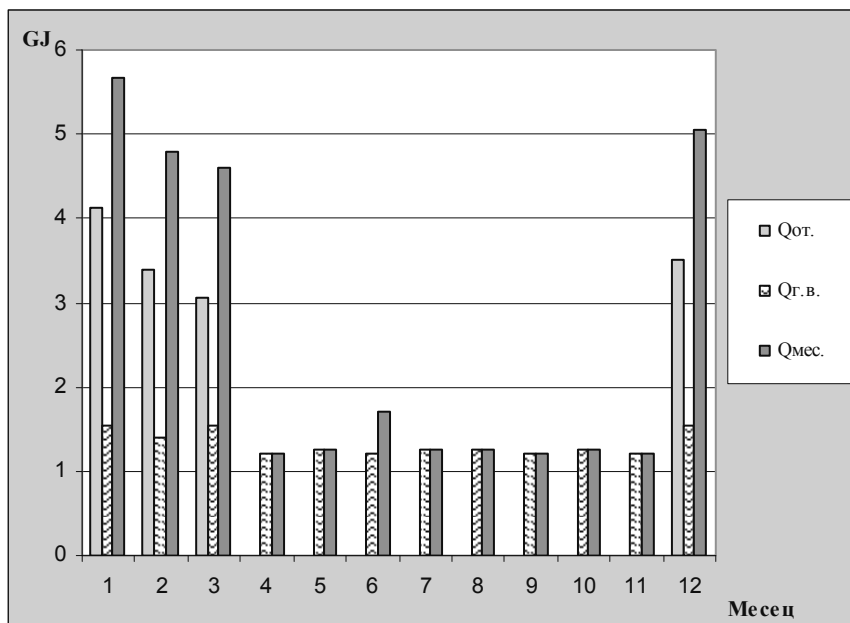
Температурата на студената вода е 15°C през лятото и 5°C – през зимата. Колекторът има площ 2 m^2 и е наклонен под ъгъл $\beta = \varphi$, строго ориентиран на юг.

Специфичният обем на водата в съда-акумулатор е 95 l/m^3 .

Обемът на сградата е 100 m^3 , температурата в сградата 20°C , средната месечна температура на външния въздух за отоплителния период е $12,7^{\circ}\text{C}$.

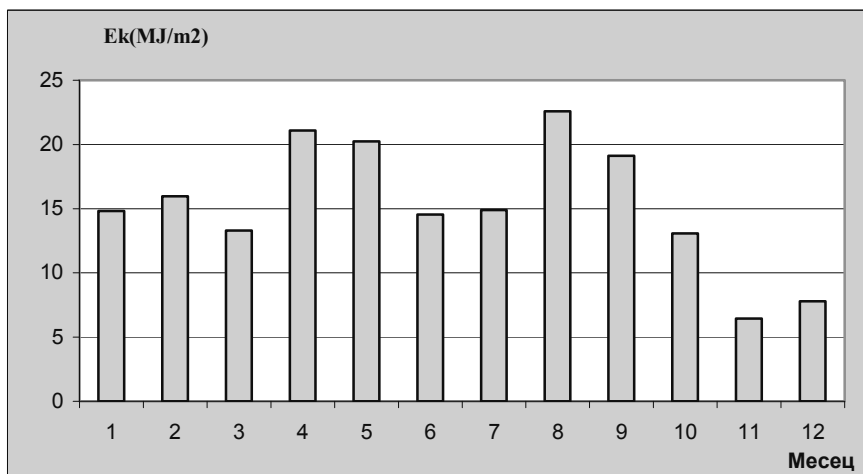
На база на изложените изходни данни, при използване на метеорологични данни за определен период, бяха получени следните резултати:

- *Месечно топлинно натоварване на системата – Фиг. 1.*



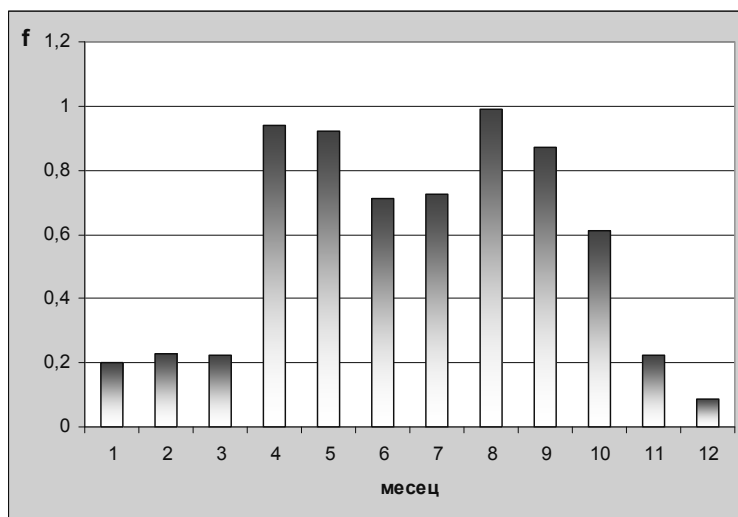
Фиг. 1. Резултати за месечното топлинно натоварване на системата:
 $Q_{от}$ – енергия за отопление, $Q_{г.в.}$ – енергия за гореща вода,
 $Q_{мес.}$ – общо количество топлинна енергия за месец

- *Средно месечен дневен приход на слънчева радиация на наклонена повърхност – фиг. 2.*



Фиг. 2. Енергия, получена от слънчевото излъчване по месеци за наклонена площадка

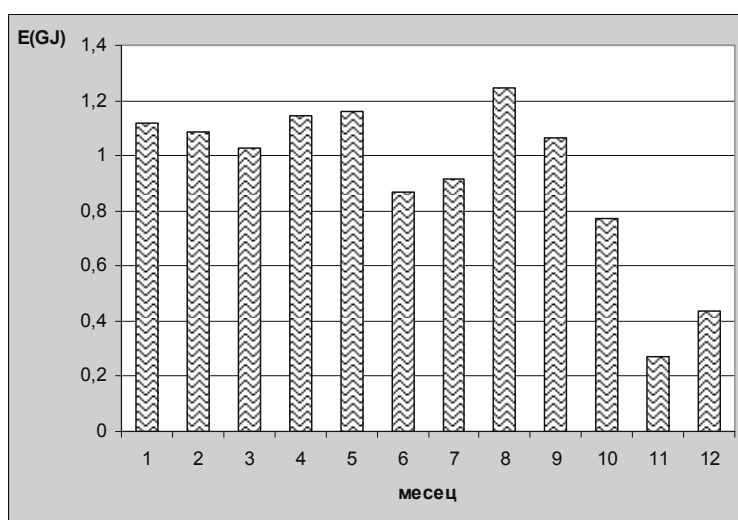
- Коэффициента на заместване f – Фиг. 3.



Фиг. 3. Стойности на коэффициента на заместване на топлинното натоварване на системата за сметка на слънчевата радиация

Изводи

Представените резултати от изследванията за оценяване на възможностите за получаване на топлинна енергия за производство на гореща вода от слънчева радиация за конкретен потребител показват, че коэффициентът на заместване на топлинното натоварване през зимните месеци се изменя в малки граници (Фиг. 3).



Фиг. 4. Количество топлинна енергия, получена в системата за сметка на слънчевото излъчване за колектор с площ $A=2 \text{ m}^2$

През месеците април - октомври, когато интензивността на слънчевото греене е по-голяма, коефициентът на заместване варира в границите от 0.6 до 1. Количество топлинна енергия, получено от системата е най-близко до реалните нужди на потребителя през месеците април, май, и юли-октомври. (Фиг. 4).

Литература

- 1 John A. Duffie, William A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, 2006
- 2 Бекман У. Расчет системы солнечного теплоснабжения: Пер. с англ./У. Бекман, С.Клейн, Дж. Даффи. М.: Энергоиздат, 1982.
- 3 С. Плешка, П. М. Вырлан, Ф. И. Стратан, С. Г. Булкин. Кишинёв: Штиинца, Теплонасосные гелиосистемы отопления и горячего водоснабжения зданий / М. 1990.
- 4 Бекман, У. Расчет систем солнечного теплоснабжения /У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. – М.: Энергоиздат, 1982
- 5 Наредба No4/17.06.2005 г. за проектиране, изграждане и експлоатация на сградни водопроводни и канализационни инсталации, МРРБ, Обн. ДВ. бр .53 от 28 юни 2005 г., попр. ДВ. бр.56 от 8 Юли 2005 г.