

Слънчеви инсталации за топла вода със стратифицирано акумулиране

Автори: доц. д-р Станко Щраков, Антон Стоилов, гл. ас. д-р Валери Въчков, ас. Димитър Манолев

E-mail: sshrakov@abv.bg ; antonstoilov@abv.bg

Ефективността на слънчевите инсталации за топла вода зависи от много фактори. Един от най-важните е начинът на съхраняване (акумулиране) на топлинната енергия в периодите, когато има интензивно слънчево облъчване на колекторите и рационалното ѝ използване през периодите, когато се налага консумация на топлинна енергия. Съществуват редица схеми и механизми за акумулиране на топлинна енергия в слънчевите инсталации, но всички ефективни способи в някаква степен прилагат температурно стратифициране (разслояване) в акумулаторите на топлинна енергия.

От друга страна, важен етап преди внедряване на даден продукт е да се извършат технически изпитания при реални натоварвания и в реален работен режим. Елементите за слънчеви инсталации се нуждаят в много голяма степен от сертифициране, преди да бъдат предложени за продажба, тъй като за ефективната им работа се изисква грижлив подбор на параметрите. В момента на пазара съществува голямо разнообразие от елементи за слънчеви инсталации, в много случаи със съмнително качество и ефективност. Изпитателни центрове за изследване на елементи за слънчеви инсталации при различни режими и условия има все още много малко на територията на страната, въпреки очевидната необходимост от тяхното съществуване. В отговор на това предизвикателство, през 2002 г. на територията на Югозападен университет “Неофит Рилски” бе изграден център за изследване на слънчеви колектори и други възли и детайли на слънчевата инсталация за термично преобразуване. Неговото изграждане бе развитие на създадения “Слънчев енергиен център” – Благоевград, който се превръща вече в носител на най-новите и модерни технологии в преобразуването на слънчева енергия, в Югозападна България. Идеята на проекта бе да се изгради инсталация която да позволява лесна подмяна на всеки отделен възел (еталон) с аналогичен произведен от друг производител или по друга технология. След подмяната да бъдат извършени серия от експерименти при различни режими на работа: директен, индиректен с различни положения на теплообменника (серпентината), както и при различни климатични условия. На база на тези експерименти да се даде достоверна оценка за ефективността и надеждността на изделието.

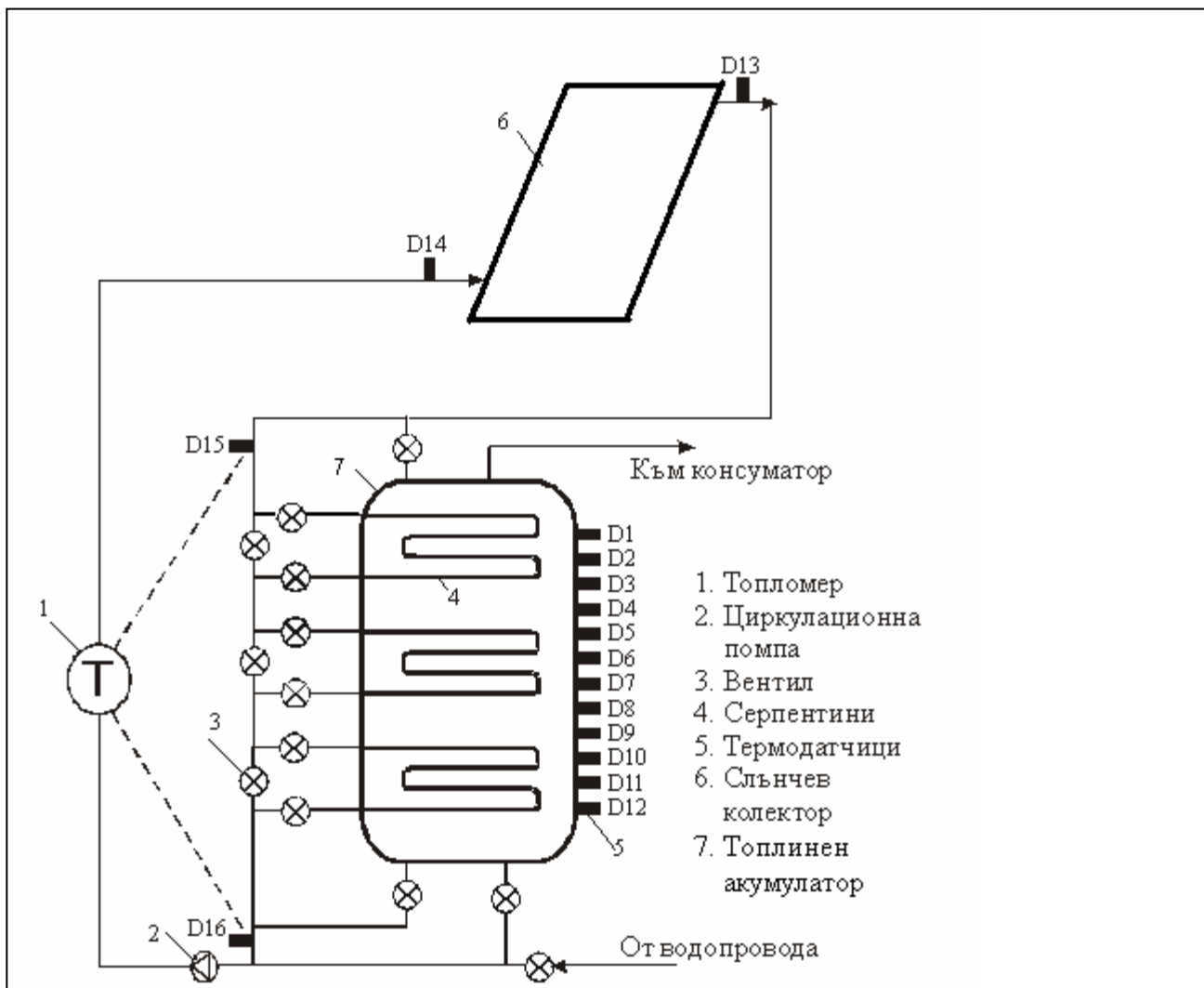
Втора основна цел на изпитателния център бе да се демонстрира взаимодействието между фотоволтаична система (pV генератор) и система за термично преобразуване на слънчева енергия. За постигането на тази цел, цялото електрическо захранване на инсталацията (помпа, измервателна апаратура и компютърно управление) бе реализирано от изградената в ЮЗУ “Неофит Рилски” инсталация за фотоволтаично преобразуване с пикова мощност – 1,5 kWe, също част от “Слънчев енергиен център”. Измервателните системи на двете инсталации бяха синхронизирани и започнаха да работят като единен комплекс. При приключването на проекта през месец декември 2002 г. бе отчетено постигането на тези цели и екипа стартира тестването на първите образци.

На фиг.1 е представена схема на термичната слънчева система. Основните конструктивни елементи са: слънчев панел – 6, водосъдържател – 7, помпа – 2, тръбна арматура и измервателна арматура.

Слънчевият колектор е монтиран върху специална носеща конструкция. Тя позволява промяна на ъгъла на наклон на слънчевите колектори, което е необходимо за оптимизиране на разположението на слънчевите колектори през различните периоди в годината. Стойките са

разработени, така че да дават възможност на изследователския екип да променя ориентацията на панелите, както по азимут, така и по височина спрямо хоризонта.

Водосъдържателят (150 l) е съоръжен с три медни серпентини, с външен диаметър 10 mm и вътрешен диаметър 8 mm, чрез които при индиректен режим, топлинната енергия от слънчевите колектори се предава към водата за консумация, намираща се в съда. Дължината на всяка от серпентините е 10 m. Те са свързани така, че да могат да се включват или изключват в процеса на акумулиране на топлинната енергия от слънчевите колектори, както и системата да работи в директен режим (водата от водосъдържателя директно се загрева в слънчевите колектори). Индиректният режим на работа е предвиден за работа и през зимния период, когато в циркуляционният кръг на колекторите и медните серпентини циркулира незамръзваща течност (антифриз).



Фиг. 1. Схема на инсталацията

Топлинният акумулатор на слънчевата система има конфигурация, която осигурява стабилно температурно разслояване в обема (височината на акумулатора е около 1.7 м). Снабден е с отоплителна серпентина, с голяма топлоотдаваща повърхност (разделена на три последователно свързани участъка) и с възможност за превключване на топлоотдаването в

различни зони на топлинния акумулатор. Така например, когато е включен само горния участък на серпантината, топлоотдаването се извършва в най-горните слоеве на акумулатора, а при включване и на другите участъци топлоотдаването се разпределя равномерно в обема на акумулатора.

За регистриране на топлинното разслояване (стратификация), топлинният акумулатор е съоръжен с 12 броя термодатчици, разпределени по височина на акумулиращия обем. На схемата на фиг. 1 е показано разположението на термодатчиците в акумулатора (означени като D1, D2 ... D12) и термодатчиците, регистриращи хода на температурата на водата постъпваща и напускаща слънчевите колектори (D13 и D14).

За измерване на топлинната енергия е монтиран топломер, който отчита:

- моментна мощност kW,
- общо мощност kWh,
- дебит l/h,
- разлика в температурите на постъпващата и напускащата вода (температурна разлика) °C.

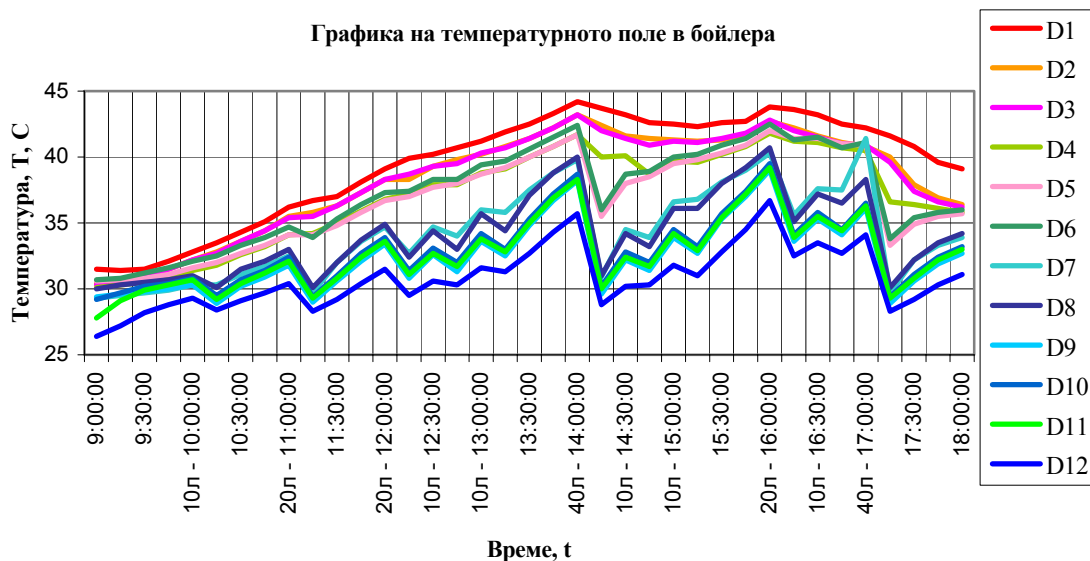
Топломерът не се захранва от електрическата мрежа, а е оборудван с автономно захранване, реализирано с литиево-йонна батерия, с време на живот 15 години. Това осигурява независимост на измерванията от моментни прекъсвания на захранването в мрежата от повреди и други. Топломерът е свързан в колекторния кръг, като термодатчиците му (D15 и D16) са разположени на входа и изхода, съответно на първата и последната серпентина. Самият топломер е монтиран след помпата на разстояние 1,5 m от нея. Термодатчиците на топломера са изпълнени от платина Pt 500, предварително калибрирани и притежаващи сертификат и съответната маркировка на Държавната агенция по стандартизация и метрология в сила до 03.2005 година. Същият сертификат притежава и уредът като цяло.

Връзките между отделните елементи е осъществена с пластична пластмасова тръба с алуминиев слой, изолиран с подходяща изолация. Използването на този вид тръба осигурява минимални топлинни загуби по преносната система.

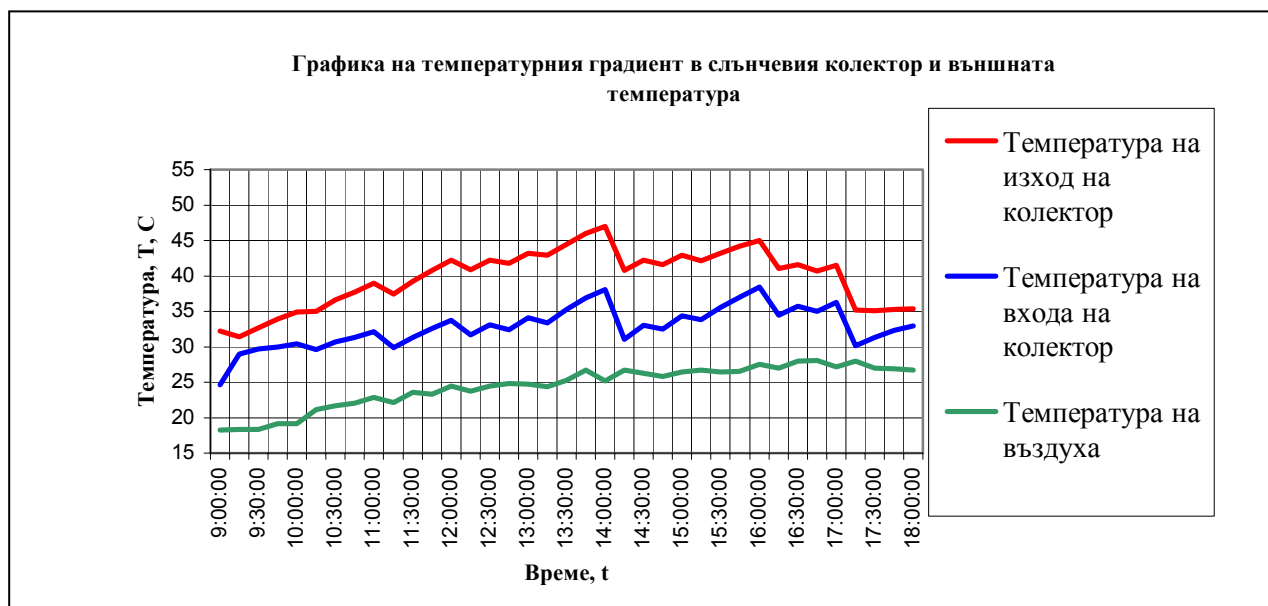
Регистрирането на параметрите в термичната слънчева система се извършва с помощта на компютърна система. Съхранените данни за работата на системата в паметта на компютъра могат лесно да бъдат документирани и обработвани.

Слънчевата система работи вече втора година, включително и през зимния сезон, като през това време са регистрирани голямо количество данни за работоспособността на инсталацията. Особено внимание беше отделено на изследване на ефективността на работа на инсталацията при различни режими на работа (режим на консумация, осигуряване на температурна стратификация, ориентация на слънчевите колектори и др.). В настоящата работа са представени някои резултати, илюстриращи температурното разслоение в акумулатора на системата и ефективността на работа на системата.

На фиг.2, 3 и 4 са показани примерни експериментални резултати, получени на 31.05.2003г. при тестването на слънчев панел по предварително зададен график на консумация – 200 l на ден и денонощно разпределение на консумацията, съответстваща на консумацията на топла вода от типичен малък ресторант. Получените резултати съответстват на работа при установен наклон на слънчевия колектор 30 градуса и специфично ориентиране юг-югозапад. Тестван е слънчев колектор при индиректен режим с 3 включени серпентини. Графикът на консумация е посочен под времевата ос на фиг.2. Той е съобразен със специфичните нужди на потребителя.



Фиг.2. Температурно разпределение в акумулатора на 31.05.2003



Фиг.3. Температури от “външните” температурни датчици на 31.05.2003

Процесите в акумулатора в този случай са определящи за ефективността на системата. На фиг. 2 е даден денонощния ход на температурата в различните слоеве в акумулатора (съответстващи на разположението на датчиците D1, D2 ... D12). Наблюдава се поддържане на относително постоянна температура в най-горните слоеве на акумулатора, от които непосредствено се извършва консумация. Температурата в тези слоеве (D1, D2 и D3) на фиг.2.

почти не се влияе от консумацията и последвалото подаване на студена вода от водопровода в долната част на акумулатора. Тя следва в много голяма степен хода на слънчевата радиация (фиг. 4). В тази област има изразена двуслойна стратификация – първи слой (D1), където има по-голяма чувствителност към температурата на изходящата от слънчевите колектори вода и следващите два слоя (D2 и D3) в които това влияние е по-малко.



Фиг. 4. Ход на слънчевата радиация на 31.05.2003



Фиг.5. Дневен ход на моментната мощност на 31.05.2003

След най-горната област представена от датчици D1 до D3, се откроява втора област – датчици D4-D6. В тази област за разлика от първата не се наблюдава стратификация и там температурата остава почти постоянна и за трите датчика. Наблюдава се ясно изразена чувствителност към големите източвания (40 l) в 14:00ч и 17:00ч.

Третата ясно изразена област обхваща водна маса с температура представена от датчици D7 – D12. Това е най-долния слой на акумулатора, който показва силна чувствителност към всяко източване на вода при консумацията. В периодите, когато се консумира топла вода, в долните слоеве постъпва студена вода от водопроводната мрежа и затова влиянието на режима на консумация е пряко. За разлика от горната област тук се наблюдава трислойна стратификация, която при интензивните (залпови) източвания се нарушава, но след това бързо се възстановява.

В края на деня има четири ясно изразени области. Първа област – най-горния слой датчик D1 с температура 39.1°C , втора област обхващат датчици D2 – D6, температура около 36°C , трета област датчици D7 – D11, температура около 33°C и четвърта област датчик D12 с температура 31.1°C . Резултатите показват значителен потенциал на акумулирането на топлина чрез стратификация.

Фигура 4 представя дневния ход на оползотворената енергия от слънчевата инсталация. В общи линии графиката повтаря хода на изменение на слънчевата енергия. Малките изключения 14h, 17h се дължат на специфичния режим на работа на слънчевите колектори, предизвикан от консумацията на топла вода. В тези периоди в долните слоеве на акумулатора постъпва вода с ниска температура. Тя определя ниска температура на изходящия от серпантината топлоносител, който се явява входящ за слънчевия колектор. Ниската входяща температура за слънчевите колектори определя по-голяма ефективност на работа (по-малки топлинни загуби).

Изводи

1. Подбора на елементи и схеми на свързване на слънчевите инсталации има важно значение за ефективността им. Това може да се постигне посредством тестване на различни елементи, модули и схеми. Слънчевия енергиен център – Благоевград е добра база за изследователска работа в областта на термичното преобразуване на слънчева енергия.
2. Използването на топлинен акумулатор със стратификация осигурява по-висока ефективност и относително постоянна температура на консумация.
3. Изграждането на системи с ефективно оползотворяване на слънчевата енергия е в основата на повишаване атрактивността на системите за преобразуване на слънчева енергия в топлинна.

Литература

1. *G.F. Csordas, A.P. Brunger, K.G.T. Hollands, and M.F. Lightstone, Plume entrainment effects in solar domestic hot water systems employing variable – flow – rate control strategies, Solar Energy Vol. 49, No.6, 1992*
2. *E.M. Kleinbach, W.A. Beckman, and S.A. Klein, Performance study of one – dimensional models for stratified storage tanks, Solar Energy Vol. 50, No.2, 1993*
3. *К. И. Спасов, М. М. Балабанов, А. Е. Станков, Проектиране и конструиране на топлинни слънчеви инсталации, ДИ “Техника”, София, 1988*