

Използване на слънчева енергия в България – технико-икономически условия

Автори: доц. д-р Ст. Щраков, А. Стоилов

Югозападен университет “Неофит Рилски” – Благоевград

E-mail: sshtrakov@abv.bg, antonstoilov@abv.bg

1. Въведение

Земята получава за 20 дни повече енергия отколкото енергията съдържаща се в цялото количество органични горива (въглища, нефт и газ) в недрата ѝ. Въпреки огромните ресурси, слънчевата енергия има много по-ниска интензивност (концентрация) в сравнение с конвенционалните енергоизточници. Това означава, че за получаване на определена мощност е необходимо големи площи от земната повърхност да се покрият с активни (абсорбиращи) елементи. Така например, система за термично преобразуване на слънчева радиация в електрическа енергия изисква около 1 км² за получаване на електрическа мощност от 20 – 60 MW. Практиката през последните години показва, че използване на слънчевата енергия в системи с голяма мощност (големи слънчеви електроцентрали) е технически неефективно и напоследък все по-рядко се използва дори и за експериментални цели. Малките системи за оползотворяване на слънчева енергия са по-ефективни. При тях могат да се използват незаети повърхности, каквито са например покривите и фасадите на сградите, неизползваеми терени и площадки и др.

Поради влиянието на географската ширина, климатичните условия и локалната топография на местността, различните райони от земната повърхност получават различни количества слънчева енергия. Разликата в интензивността на слънчевата радиация обаче, отнесена за равнина перпендикулярна на слънчевите лъчи, не е голяма за различните географски ширини. Това означава, че при подходящ избор на наклона на приемните повърхнини, слънчева енергия може да се оползотворява в кой да е район от Земята. В процеса на преобразуване на енергията, участвуват и други климатични фактори, като температура на въздуха, скорост на вятъра, влажност и др., които определят различна ефективност на преобразуване на слънчевата енергия. Това се отнася в много по-голяма степен за термичните способности на преобразуване на енергията в сравнение с фотоволтаичните.

България се намира в географска област с относително благоприятни условия за използване на слънчева енергия. Годишната сума на слънчевата енергия, която попада върху единица повърхност (хоризонтална равнина) варира от 1450 до 1600 kWh/m², в зависимост от района [4]. Климатичните условия (температура на въздуха, скорост на вятъра и др.) са благоприятни както за фотоволтаично така и за термично преобразуване на слънчевата енергия. От друга страна в България съществува производствено-техническа база и натрупан опит в технологиите за използване на слънчева енергия. Ресурсите от слънчева енергия се използват от дълбока древност, най-вече за сушене на селскостопански продукти. Традиционната българска архитектура от стотици години използва предимствата на някои елементи на пасивното слънчево отопление на сградите, установени от дългогодишния опит на

българските строители през вековете. От 1977 година стартира държавна програма за използване на слънчева енергия, насочена предимно в областта за затопляна на вода за битови и индустриални цели. В резултат на тази програма до 1990 година в България бяха изградени слънчеви инсталации с около 50000 м² колекторна площ. Наред с това беше извършена голяма проучвателна и развойна дейност във всички области на оползотворяването на слънчева енергия, както и технологиите за другите възобновяеми енергийни източници (ВЕИ).

В настоящия момент състоянието на технологиите за ВЕИ се различава твърде много от периода преди 1990 година. На българският пазар съществуват производители на оборудване за ВЕИ. Някои от тях произвеждат качествени елементи за слънчеви инсталации, но се срещат и елементи с много ниски показатели, които компрометират цялостното развитие на технологиите за оползотворяване на ВЕИ. Също така, липсва достатъчно информация за технико-икономическите показатели на инсталациите, което не позволява да се направи точен разчет за икономическите изгоди от използването на тези модерни технологии. Много често, за привличане на клиенти се преувеличават потенциалните възможности на слънчевите системи и се предлагат неоптимизирани варианти на слънчеви инсталации, което след известна експлоатация показва разочароващите за консуматора резултати. Запознатите с технологиите за оползотворяване на слънчева енергия, знаят че икономическите параметри са най-често на границата на рентабилността и едно недобре обмислено решение често довежда до отрицателен икономически ефект в процеса на експлоатацията на съоръженията.

Потенциалните приложения за оползотворяване на слънчева енергия в нашата страна могат да се групират в две основни направления – производство на топлинна енергия и електроенергия. Към първата група се отнасят: затопляне на вода за битови и промишлени нужди, пасивни слънчеви системи (енергоефективна архитектура) и сушене на продукти (с въздушни слънчеви колектори). За производство на електроенергия обикновено се използват фотоволтаични преобразуватели. Получаването на електроенергия чрез термично преобразуване на енергията няма потенциално приложение за нашата страна. Другите приложения на слънчевата енергия (слънчево охлаждане, опресняване на морска вода, слънчеви басейни, разлагане на вода и др.) засега имат само теоретично значение за условията в нашата страна.

2. Термични слънчеви системи

2.1 Активни слънчеви системи за топла вода

Това е областта за която е натрупан най-голям опит в нашата страна. В същото време разпространението на тези системи е значително по-малко отколкото в страни с близки до нашите климатични условия (например Гърция, Кипър, Австрия). Основната причина за това състояние на технологиите за използване на слънчева енергия за топла вода е във високите начални инвестиции и липсата на правила за дългосрочно финансиране на такива проекти. Слънчевите колектори са доста скъпи съоръжения не само в нашата страна но и в световен мащаб. Тази висока цена на съоръженията се определя не от тяхната сложност (те са прости устройства), а от липсата на пазарна сигурност. Фирмите произвеждат слънчеви колектори и други

съоръжения за слънчеви инсталации в икономически неоптимални серии (бройки) поради пазарната несигурност. Това не позволява разработването на напълно автоматизирани производствени линии и натоварва продукцията с допълнителни разходи.

Оразмеряването на слънчевите инсталации за топла вода е многофакторна задача. Трудно могат да се предпишат, конкретни правила за проектиране, без да се прави технико-икономически анализ за конкретния случай. Въпреки това, на базата на опита от проектиране и изпълнение на слънчеви инсталации и създадените програмни продукти ние можем да дадем някои най-общии данни за оценка на технико-икономическите показатели на слънчеви инсталации изпълнени по класическите схеми. Теоретичният и технически потенциал на слънчевата енергия за нашата страна е разгледан в [4], като страната условно е разделена на три слънчеви зони. Топлотехническата ефективност на слънчевите инсталации в тези зони е различна и следователно се изисква различна колекторна площ за загряване на определено количество вода. В таблица 1 е дадена специфичната колекторна площ необходима за загряване на 100 л вода дневно. Данните се отнасят за стандартен едноостъклен слънчев колектор с алуминиев абсорбер без селективно покритие и подходящо подобрени акумулиращ обем, топлообменник и автоматика за работа на инсталацията.

Таблица 1

Слънчева зона	Колекторна площ – инсталация с принудителна циркулация					
	Наклон на колекторите – 30°			Наклон на колекторите – 42°		
	ЮИ	Ю	ЮЗ	ЮИ	Ю	ЮЗ
Първа	1.75	1.69	1.73	1.82	1.76	1.80
Втора	1.53	1.48	1.41	1.61	1.55	1.58
Трета	1.39	1.34	1.37	1.45	1.39	1.43
	Колекторна площ – инсталация със свободна циркулация					
Първа	2.10	2.01	2.08	2.20	2.12	2.17
Втора	1.87	1.78	1.85	1.99	1.90	1.97
Трета	1.70	1.61	1.68	1.80	1.70	1.78

Данните в таблицата се отнасят за инсталации, които осигуряват 60% средно слънчево покритие за периода април – октомври и подготвят вода с температура на консумация 55°C. За географското разположение на нашата страна препоръчителният ъгъл на наклон на слънчевите колектори е 20 – 30°, когато инсталацията се използва само през летния сезон (април – октомври) и 42 – 45° – когато инсталацията се използва цялгодишно. Сезонното количество оползотворена от слънчевата инсталация енергия за 100 л вода при 60% слънчево покритие е 642 kWh/сезон.

Освен необходимата колекторна площ и оползотвореното количество слънчева енергия, за определяне на икономическите показатели на слънчевите инсталации е необходимо да се оценят, началните капиталовложения и експлоатационните разходи за подържане на инсталациите. Последните обикновено се оценяват като процент от капиталните вложения.

Себестойността на произвежданата енергия от слънчеви инсталации за условията на България, е в рамките на \$0.06 до \$0.09 за kWh енергия. Сравнена с

цената на конвенционалните енергоизточници (електроенергия, топлоенергия), това е висока себестойност.

Икономическата конкурентоспособност (определена от себестойността на енергията) не е достатъчна за създаване на развит пазар. Слънчевите термични инсталации трябва да са икономически изгодни. Един от показателите за икономическа изгода е срокът за възвръщане на инвестициите – колко години са необходими да се възвърнат началните инвестиции от спестените разходи за енергия.

При сегашните икономически условия (цени на съоръжения и цени на конвенционалната енергия), типичния срок за откупуване на началните инвестиции на слънчеви инсталации за топла вода е 6 - 9 години и повече (в някои случаи срока е по-голям от реалния живот на инсталациите). Следователно, печалби от работата на инсталациите могат да се очакват дълго време след построяването им, което ги прави неатрактивни за инвеститорите. Развитие на пазара за тези технологии може да се очаква, ако стане възможно дълготрайно кредитиране за ВЕИ технологиите, при който годишните вноски да са по-малки от спестените разходи за енергия.

Един от възможните пътища за подобряване на икономическите показатели на слънчевите инсталации за топла вода е използването на съоръженията целогодишно. За тази цел се използват индиректни схеми, колекторния кръг на които използва незамръзващ топлоносител (антифриз), а съоръженията на инсталацията трябва да имат по-голяма сигурност (срещу опасността от смесване на антифриза с консумираната вода).

2.2 Пасивни слънчеви системи

Сред архитектите и инженерите по топлотехника в България има разбиране за ефективността на пасивните слънчеви системи, но няма достатъчен опит и информация за технико-икономическата ефективност от прилаганите мерки за пасивно оползотворяване на слънчева енергия. Доста архитекти, използват елементи на пасивната слънчева архитектура, но топлотехническият ефект от тези елементи не се отчита, най-вече поради сложните топлотехнически процеси в сградата и липсата на апаратура за топлотехнически измервания на топлинните потоци в сградите.

Пасивните слънчеви системи използват структурата на сградите за абсорбиране, акумулиране и разпределение на слънчевата енергия попадаща върху огражденията на сградата. Съществуват различни методи за оползотворяване на слънчева енергия при което инвестициите за различните методи варират в доста широки граници. Най-простите мерки (ориентация на сградата, създаване на подходяща вентилация, увеличено остъкляване на някои фасади, засенчващи устройства и др.) могат да намалят стандартните разходи за отопление (и охлаждане) между 15 и 20% с минимални или без всякакви разходи [2]. Добавянето на термоаккумулиращи маси към стените и подовите, може да доведе до увеличение на печалбите от слънчева енергия до 30 – 70 %, като за една стандартна, новострояща се сграда допълнителните разходи обикновено достигат до 10%.

Директните пасивни слънчеви системи използват прозрачните за слънчевата радиация ограждащи елементи на сградите (прозорци, витрини) за пропускане на слънчева енергия в отопляемото пространство. Енергията се абсорбира от повърхнините на огражденията и предметите от обзавеждането и се акумулира от

масивните елементи в помещенията. Тези елементи са топлинно изолирани от околната среда, за да съхранят енергията при минимални топлинни загуби и да я отдадат по-късно към отопляемото пространство чрез конвекция и радиация. Основната цел е да се акумулира значителна част от енергията в периода когато има интензивно слънцегреене, без да се допусне прекомерно (некомфортно) нарастване на температурата на въздуха в помещенията. Това предполага използването на специални мероприятия още на фазата на формиране на проектантските решения.

Прозрачните ограждения са най-важните елементи на директните пасивни слънчеви системи, тъй като чрез тях се формират основните приноси от слънчева радиация. В същото време, те са и най-слабият (критичен) елемент при определяне на топлинните загуби на помещенията поради ниското термично съпротивление.

Енергийните потоци през прозрачните ограждения за директни пасивни системи се представят като количество сезонна енергия преминала през единица площ от ограждението [$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{сезон}$]. Този енергиен поток трябва да се сравни с трансфера на енергия през непрозрачните ограждения на сградата за същия период и от това сравнение да се прецени дали замяната на непрозрачно ограждение (стена) с прозрачно води до намаляване или до увеличаване на топлинните загуби на сградата. Резултата от такова сравнение зависи от климатичните данни за района за който се извършва изследването и от топлотехническите характеристики на сградата (стени и прозрачни ограждения). Топлотехнически анализ на директни пасивни системи за условията на България е направен в [1]. В него са дадени данни за няколко географски райони в България, за три типа конструкции стени на сградата (коефициент на топлопредаване $U = 1.47 ; 1,015$ и 0.746 [$\text{W/m}^2 \text{K}$]) и за прозрачни ограждения с 1, 2, 3 и 4 слоя (броя стъкла). В следващите таблици са дадени резултати за нетната оползотворена енергия от директна пасивна слънчева за три района на територията на България, при три типа външни стени на сградите и за 2 и 3 - катно остъклени прозорци.

Таблица 2. Сезонно оползотворена енергия [$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{сезон}$] - гр. София

Тип прозорец	n = 2			N = 3		
	U = 1.47	U=1.015	U=0.746	U=1.47	U=1.015	U=0.746
Тип стена						
Юг	129	96	80	169	136	120
Юг-Запад	114.5	81	65	157	124	108
Запад	65	32	16	114	81	65
Юг-Изток	100	66	50	144	111	95
Изток	55	22	6	105	73	56

Таблица 3. Сезонно оползотворена енергия [$\text{kWh/m}^2 \cdot \text{сезон}$] - гр. Сандански

Тип прозорец	n = 2			n = 3		
	U = 1.47	U=1.015	U=0.746	U=1.47	U=1.015	U=0.746
Тип стена						
Юг	203	178	164	218	193	172
Юг-Запад	187	162	148	205	180	165
Запад	123	98	84	149	124	110
Юг-Изток	167	142	128	187	162	148
Изток	108	83	68	136	111	97

Таблица 4. Сезонно оползотворена енергия [kWh/m².сезон] - гр. Варна

Тип прозорец	n = 2			n = 3		
	U = 1.47	U=1.015	U=0.746	U=1.47	U=1.015	U=0.746
Тип стена						
Юг	147	119	103	176	148	132
Юг-Запад	130	102	86	161	133	117
Запад	83	55	39	121	93	77
Юг-Изток	119	91	75	152	124	108
Изток	73	41	29	114	84	68

Данните в горните таблици дават количеството сезонна енергия, която ще се оползотвори (спести), ако се замени 1 м² от стената на съответната фасада с прозорец със съответен брой стъкла.

Пасивните системи използващи масивни стени (стена на Тромб-Мишел) са по-сложни за топлотехнически анализ. Топлотехническата ефективност на такива системи за условията на България е коментирана в [5]. Поради голямото различие в климатичните характеристики на различните райони за територията на България е трудно да се направи обобщена оценка за ефективността на индиректните пасивни системи за територията на страната. Обикновено, всеки конкретен обект се анализира отделно. Напоследък все по-често се прилагат специални материали (материали с фазов преход) за акумулиране на топлинна енергия в пасивните системи [5,6].

2.3 Сушене на продукти със слънчева енергия

Сушенето на селскостопански продукти, продукти от хранително-вкусовата промишленост, дървен материал и други е едно от сериозните потенциални приложения на слънчевата енергия в нашата страна. Най-общо, това са приложения при които се използва слънчева енергия за загряване на въздуха като топлоносител във въздушни слънчеви колектори. В България са разработени няколко обекта за използване на слънчевата енергия като топлинен източник за сушене (селскостопански продукти – тютюн, сено, дървен материал и др.). Използвани са метални въздушни слънчеви колектори и пластмасови въздушни слънчеви колектори. На този етап не може да се направи технико-икономически анализ на ефективността на тези системи, поради липса на данни най-вече за цените на съоръженията и недостатъчен брой разработени експериментални установки. В момента в Югозападен университет „Неофит Рилски”-Благоевград се въвежда в действие експериментална сушилна установка, на която ще бъдат извършени подробни технико-икономически изследвания. Резултати от тези изследвания ще бъдат публикувани по-късно.

3. Фотоволтаични преобразователи на слънчева енергия

Потенциални потребители на електрическа енергия получена от преобразуване на слънчева енергия чрез фотоволтаични преобразователи могат да бъдат обекти несвързани с националната електрическа мрежа, вградени в сградите фотоволтаични системи и системи за централизирано производство на електрическа енергия свързани с националната електрическа мрежа.

В настоящия момент в България няма производство на фотоволтаични елементи. Затова цената на тези технологии може да се оцени на основата на цените на световните производители. В момента тези цени са в рамките на \$3000 – \$5000 за kWp (пиков kW инсталирана мощност) . Тези цени засега са доста високи за да имат тези технологии икономическа конкурентоспособност. Очакванията са в най-скоро време цената слънчевите панели да спадне до \$2000 – \$2500 за kWp, което ще направи тези системи сравними и по-добри в икономическо отношение от дизеловите агрегати за електрозахранване.

Цените на PV системи намаляват постоянно през последните десет години. За PV система свързана в мрежата, началната инвестиция е от порядъка на 5,000 Euro/kWp за мощност до 10 kWp. Годишните разходи са в рамките на 0.7% от тази инвестиция.

Смята се, че най-същественят сектор за разпространение на фотоволтаичните преобразуватели (PV) ще бъдат средните по мощност системи (100–500 kW) [2], които ще се използват предимно да се намалят пиковите натоварвания в конвенционалните енергийни системи, както и системи за захранване на отдалечените сгради. Засега тези системи са все още доста скъпи – себестойността на енергията е в рамките на \$0.20 –\$0.40 /kWh. Разчети направени за потенциално производство на слънчеви панели в нашата страна показват, че себестойността на енергията от тях може да бъде снижена до \$0.10/kWh.

4. Заключение

Анализът на различните способи за оползотворяване на слънчева енергия, показва, че технико-икономическите условия в България не благоприятстват разширяването на пазара на технологиите за слънчева енергия. Повечето от технологиите трудно биха конкурирали конвенционалните енергоизточници, ако не се предприемат някакви мерки за стимулиране на развитието им. Мерки за стимулиране на ВЕИ се предприемат в почти всички развити страни, в които икономическите условия са дори по-добри от условията у нас, поради по-високите цени на конвенционалната енергия. В повечето случаи се използват данъчни и пазарни механизми, като нисколихвени кредити и освобождаване от данъци на ВЕИ технологии. В някои страни енергията получена от ВЕИ се изкупува от държавата на по-висока цена от конвенционалната енергия.

Две основни групи проблеми стоят пред развитието на слънчевите системи. На първо място проектантите и изследователите трябва да разполагат с по-богата и надеждна информация за възможностите на слънчевите технологии, за да се формира добра информираност сред инвеститорите и обществеността за ефекта от използването на слънчева енергия. При това ефекта не трябва да се разглежда само в чисто икономически аспект, а да се отчитат и другите аспекти, като макроикономически (спестяване на органични горива, независимост на енергетиката от вносни енергоизточници), социални (откриване на работни места), екологически (намаляване на замърсяването на околната среда) и др. Второ, трябва да се формира благоприятна нормативна база, която да поощрява използването на слънчевите технологии. На сегашният етап финансирането е най-важното ограничение. Трябва да се приеме от държавата някаква схема на субсидиране, при което например се плаща някакъв начален депозит, а остатъка се изплаща на годишни вноски. В Италия например, консуматорите на електрическа енергия заплащат определени

суми (такси), които се използват за инвестиране в инсталации за оползотворяване на слънчева енергия.

За да се преодолее негативното отношение на обществеността към слънчевите технологии, формирано от използването на някои некачествени елементи и системи в миналото (и от отделни фирми в момента), трябва да се въведе някаква форма на защита на потребителите на технологии за използване на слънчева енергия. В тази област може да се използва опита на някои западни страни.

Въпреки че стратегическото и дългосрочното бъдеще на възобновяемите енергини източници е много окуражаващо, то краткосрочните бизнес решения остават трудни, особено в страни с ограничени пазарни инициативи и недостатъчна информираност на обществото. С течение на времето, тенденциите в тези насоки се променят и се очаква стабилизиране на сегашния несигурен прогрес.

Литература

1. St. Shtrakov, P.Gramatikov, Direct gain passive solar systems. Symposium - Energy Systems in Southeastern Europe, Ohrid, Macedonia, September, 1995, стр . 660-672
2. Brower M., Cool Energy : renewable solution to environmental problems, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, 1992.
3. Johansson J.B., H.Eelly, A. Reddy, R. Williams, Renewable Energy Sources for Fuels and Electricity, Island Press, Washington, 1993
4. Щраков Ст., Пенчев А., Христов Х., Николов С., Попова К., Николова Н., Младенов Д., Възобновяеми енергийни източници в България - състояние и перспективи, Научна конференция ЕМФ'97, Сборник доклади, том II, Созопол, Септември, 1997, стр. 106 - 112.
5. Shtrakov St., Gramatikov P., Passive Solar System with Phase Change Massive Wall, World Renewable Energy Congress-V Florence, Italy, 19-25 September, 1998
6. Бенев А.,Н. Джабаров, М. Хаджиева, Р. Стойков, С. Найденов, П. Недялков, Изследвания върху строителни състави за пасивни слънчеви системи, Научна конференция ЕМФ'98, Сборник доклади, Созопол, 1998
7. Образователни курсове по фотоволтаично преобразуване на слънчева енергия за страните, кандидатки за ЕС,подготвени като част от програма ALTENER, проект SOLTRAINДоговор 4.1030/Z/02-067/2002