

Влияние степента на засенчване на плоски слънчеви колектори върху топлинната им ефективност

Валентин Бобилев, Делян Радев, Георги Генчев,
Пламен Мушаков, Живко Колев

Influence of the shading on flat solar collectors on their thermal effectiveness: In this report an investigation of the influence of the shading extent on flat solar collectors on the thermal effectiveness of solar installation for production of domestic hot water has been made.

Key words: Flat solar collectors; Shading extent; Thermal effectiveness.

ВЪВЕДЕНИЕ

Целта на настоящия доклад е да покаже резултатите от изследване, посветено на взаимовръзката – „изменение ефективността на соларно поле за производство на битово – гореща вода (БГВ) в зависимост от степента на засенчване на колекторите“. Методика [1] за избор на слънчеви колектори дава възможност за определяне характеристиката на падащия енергиен поток при липса на засенчване. В специализирани софтуерни продукти съществуват показатели, отчитащи влиянието на замърсеност на въздушния обем и ограничение в оптичната достъпност на соларния поток, но въвеждането на подобни данни е твърде условно и субективно.

В Катедра ТХПТ на РУ „А. Кънчев“ бе проведено експериментално – симулационно изследване степента на намаляване ефективността на реална соларна инсталация за БГВ при условията на частично засенчване на колекторната площ.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Изходни условия за провеждане на изследването

А. Материално – техническа база:

- Интегрирана сензорна група (метеорологична станция) DAVIS, комплект с приемна безжична (Wireless) конзола тип Vantage Pro2, сензори за температура, влажност, соларна радиация (пиранометър), UV радиация, анемометър.

- Персонален компютър с програмен продукт Weather Link, VANTAGE USB.

Б. Характеристика на симулационната схема:

- Плоски слънчеви колектори – плоски, селективни SUNSYSTEM тип

NES PK-SL 2.7, $\eta_0 = 0.837$, $k_1 = 6.1 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$, $k_2 = 0.005 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}^2$, $F_{ef.} = 2.35 \text{ m}^2$,

$V = 0.9 \text{ l}$, $n = 40 \text{ бр.}$, $F_{ef.\Sigma} = 94.0 \text{ m}^2$.

- Ориентация: $\varphi = 43^\circ$, азимутен ъгъл $\alpha = 0^\circ$.

- Денонощна консумация на БГВ: $\dot{m}_{БГВ} = 6000 \text{ l} / \text{ден.}$

- Обеми на водоводните бойлери (БВВ), съгласно топлинната схема:

$V_{БВВ\#1} = 1000 \text{ l}$, $V_{БВВ\#2} = 5400 \text{ l}$.

- Температурни параметри:

⇒ входяща студена вода: $t_{вход.} = 10^\circ \text{C}$;

⇒ изходяща подгрята вода: $t_{изход.} = 45^\circ \text{C}$;

⇒ съхранение в БВВ№2: $t_{БВВ\#2} = 45^\circ \text{C}$;

⇒ максимална стойност за БВВ№2: $t_{БВВ\#2, MAX} = 75^\circ \text{C}$.

- Допълнителен източник на енергия: газов кондензен котел с $q = 10 \text{ kWh} / \text{Nm}^3$, $\dot{m}_{CO_2} = 1.9 \text{ kg} / 10 \text{ kWh}$, топлинна ефективност – зима 103 %, пролет и есен 85 % и лято – 70%.

В. Допълнителни пояснения:

- Експерименталните резултати са снети за периода от м. I.2010 г. до м. IX.2010 г. (времето на експлоатация на метео – станцията);
- Среднодневното слънчево облъчване на 1 m² хоризонтална повърхност в kWh/m²ден. за района на експеримента (гр. Русе) е специфицирано в три варианта (табл.1).

В.1. Експериментални резултати, снети от метео – станцията и запаменети в РС. Тези данни отчитат наличието на засенчване – фактор, функционално зависим от характера на заобикалящия екстериор (сгради и висока растителност) и чистотата на въздушната среда.

В.2. Литературни данни [1] за статистически период 1975 – 1985 г. при липса на засенчване (за сравнение с представителните данни по т. В.3.).

В.3. Литературни данни [2] за статистически период 1995 – 2005 г. при липса на засенчване.

II. Хронология на проведените изследвания

А. Въз основа на помесечното разделяне на данните от т. В.1. и В.3. е получен обобщеният месечен коефициент на засенчване Ψ_i на слънчевото поле.

Б. Проведени са две компютърни симулации по данните от I.Б. и В.3. и I.Б. и В.1., следствие на които са получени следните съществени за изследването помесечни данни:

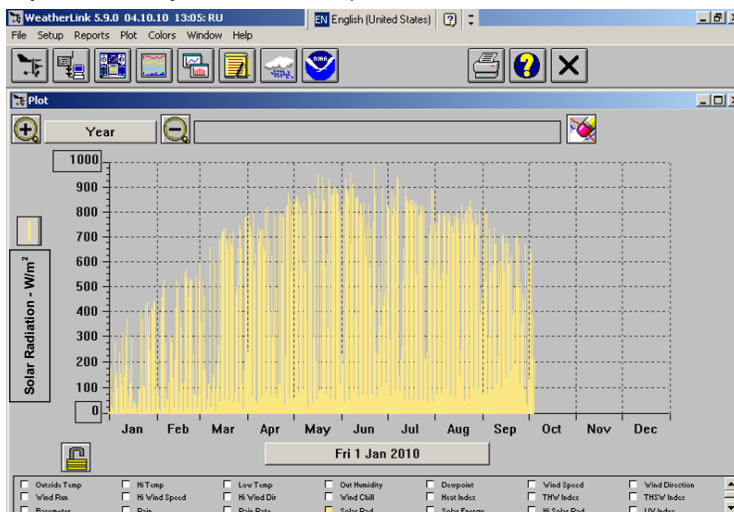
- ⇒ Соларна енергия, полезно превърната в топлина;
- ⇒ Соларна енергия, погълната от слънчевите колектори;
- ⇒ Обобщен коефициент на полезно действие (ефективност) на слънчевите колектори.

В. Намерена е по изчислителен път помесечната процентна разлика $\Delta term_{eff}$ между количеството соларна енергия, полезно превърната в топлина (по т.Б.) на двете слънчеви полета – откритото и засенченото.

Г. Направена е сравнителна оценка между стойностите на Ψ_i и $\Delta term_{eff}$.

III. Резултати от изследването

3.1. Резултати, получени от метеорологичната станция



Фиг.1. Изменение интензитета на слънчевата радиация (върху хоризонтална повърхност) през периода 01.01.2010 – 30.09.2010 г.

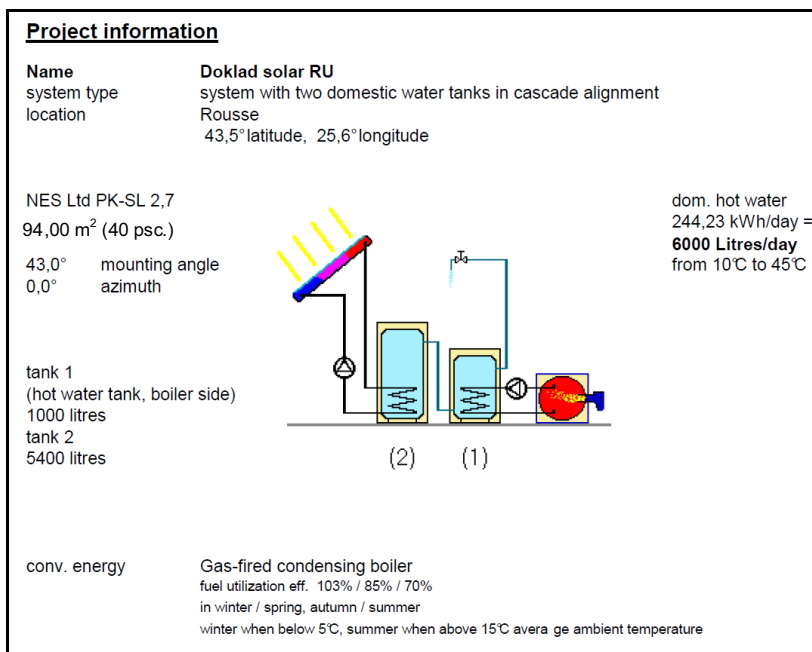
3.2. Съпоставка между експериментално получените и табличните данни за интензитета на слънчевата радиация, обобщен месечен коефициент на засенчване

Параметри Месец	Експериментални данни	Литературни справочни данни		Обобщен месечен коефициент на засенчване Ψ_i
		Лит. източник [1]	Лит. източник [2]	
	kWh/m ² ден	kWh/m ² ден	kWh/m ² ден	%
Януари	0,94	1,19	1,31	28
Февруари	1,41	2,07	2,01	30
Март	2,44	3,15	2,95	17
Април	3,12	4,38	4,50	31
Май	3,30	5,19	5,48	40
Юни	3,73	5,73	6,19	40
Юли	3,75	5,89	6,23	40
Август	3,42	5,36	5,53	38
Септември	2,76	4,21	4,01	31

Таблица 1. Обобщен месечен коефициент на засенчване

3.2. Резултати от проведената компютърна симулация

3.2.1. Задаване на входните данни и схема на системата за оползотворяване на слънчева енергия



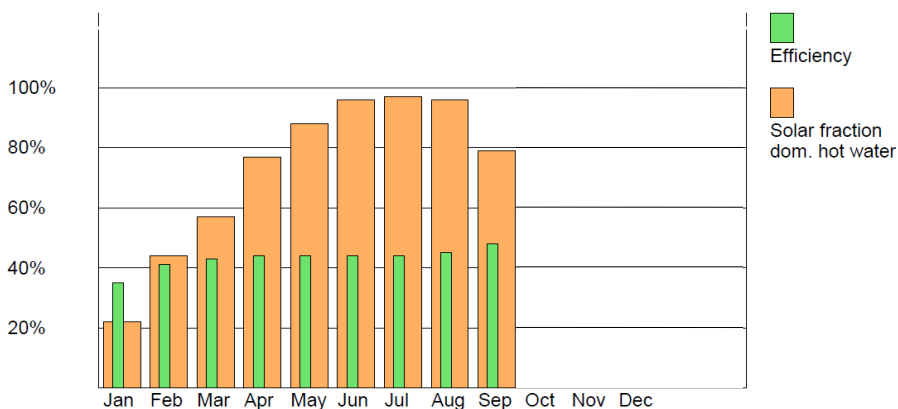
Фиг.2. Входни данни и схема на инсталацията

3.2.2. Резултати от компютърната симулация при задаване на справочните данни за интензитета на слънчевата радиация от литературен източник [1]

Project:	Doklad solar RU			
location:	Rousse	latitude:	43,5°	
collector:	94,00 m ² (40 psc.)	NES Ltd PK-SL 2,7		
characteristics:	c0 = 0,837 c1 = 6,10 W/m ² K	c2 = 0,0050 W/m ² K ²		
mounting angle:	43,0°	azimuth:	0,0°	
system type:	system with two domestic water tanks in cascade alignment			
tank 1:	1000 litres	min. 45°C	(hot water tank, boiler side)	
tank 2:	5400 litres	max. 75°C	(solar hot water tank)	
required energy:	244,23 kWh/day =	6000 Litres/day from 10°C to 45°C		

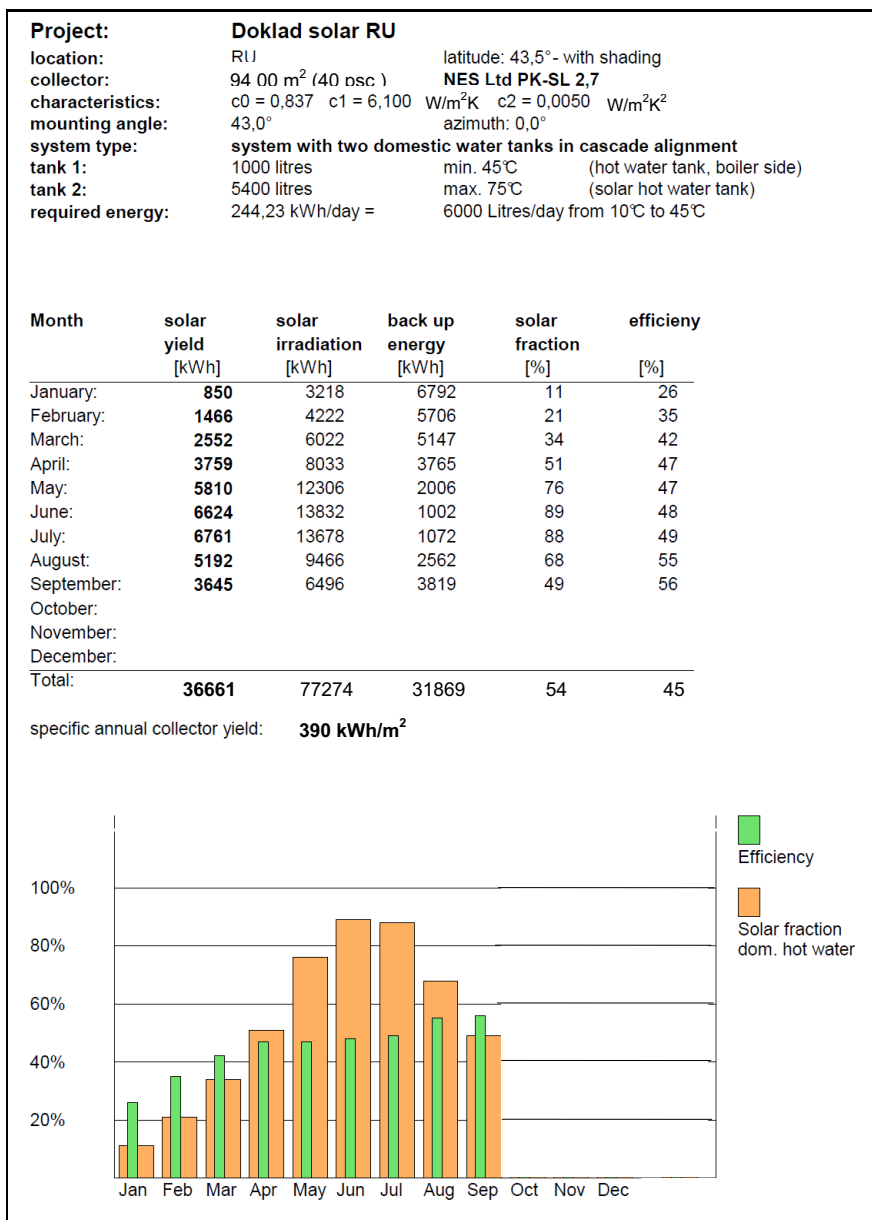
Month	solar yield [kWh]	solar irradiation [kWh]	back up energy [kWh]	solar fraction [%]	efficiency [%]
January:	1640	4709	6038	22	35
February:	3132	7696	4118	44	41
March:	4320	10024	3458	57	43
April:	5742	13005	1865	77	44
May:	6751	15270	1084	88	44
June:	7169	16157	525	96	44
July:	7483	16838	467	97	44
August:	7367	16336	513	96	45
September:	5849	12146	1623	79	48
October:					
November:					
December:					
Total:	49454	112179	19689	73	43

specific annual collector yield: **526 kWh/m²**



Фиг.3. Енергиен баланс и ефективност на работа на системата през отделните месеци при зададени входни данни от литературен източник [1]

3.2.3. Резултати от компютърната симулация при задаване на експериментално получените данни за интензитета на слънчевата радиация



Фиг.4. Енергиен баланс и ефективност на работа на системата през отделните месеци при зададени експериментално получени входни данни

3.3. Определяне на помесечната процентна разлика между количеството соларна енергия, превърната в топлина при залагане на данните от литературен източник [1] (открито слънчево поле) и при залагане на експериментално получените данни (засенчено слънчево поле)

Таблица 1. Помесечна процентна разлика

Параметри Месец	Обобщен месечен коэффициент на засенчване Ψ_i	Количество соларна енергия, превърната в топлина при открито слънчево поле	Количество соларна енергия, превърната в топлина при засенчено слънчево поле	Помесечна процентна разлика $\Delta term_{eff}$.
	%	kWh	kWh	%
Януари	28	1640	850	48
Февруари	30	3132	1466	53
Март	17	4320	2552	41
Април	31	5742	3759	35
Май	40	6751	5810	14
Юни	40	7169	6624	8
Юли	40	7483	6761	10
Август	38	7367	5192	30
Септември	31	5849	3645	28

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представените резултати от сравнителната оценка на Ψ_i и $\Delta term_{eff}$. могат успешно да се използват за определяне реалната площ на слънчевите полета в региони с естествено засенчване. Недостигът от топлинна мощност вследствие засенчването следва да се компенсира със завишен брой слънчеви колектори в процент, равен на средногодишната стойност на $\Delta term_{eff}$.

ЛИТЕРАТУРА

[1] 1. Стамов, Ст. Справочник по отопление, климатизация и охлаждане част II Отопление, топло- и газоснабдяване, «Техника», С., 2001 г.

[2] INTERNET

За контакти:

Доц. д-р Валентин Бобилев, Катедра "Топлотехника, хидро и пневмотехника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 844, e-mail: bobilov@uni-ruse.bg
Инж. Делян Радев, Фирма "АКВАТЕРМ" ЕООД – Русе, тел. 082-828 005, e-mail: proektant@zhegabg.com

Гл. ас. Георги Генчев, Катедра "Топлотехника, хидро и пневмотехника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 203, e-mail: ggenchev@uni-ruse.bg

Гл. ас. Пламен Мушаков, Катедра "Топлотехника, хидро и пневмотехника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 304, e-mail: pgm@uni-ruse.bg

Гл. ас. д-р Живко Колев, Катедра "Топлотехника, хидро и пневмотехника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 304, e-mail: zkolev@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.