

УДК [621.311.25:551.521.1] 63

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ КРУГЛОГОДИЧНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ДОМА

РЗАЕВ П.Ф. АББАСОВА Ф.А. МАМЕДОВ Ф.Ф.

*Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана*

В работе рассмотрены вопросы, связанные с использованием солнечной энергии для круглогодичного горячего водоснабжения и отопления в зимний период сельского дома.

Работа выполняется в рамках энергосберегающих технологии, т.е. частичной экономии топлива /электроэнергии/, с целью улучшения санитарно-гигиенических условия населения и уменьшения загрязнения окружающей среды.

**Содержание.** Для эффективного использования солнечной энергии, необходимо соответствующее оборудование: солнечный водоподогреватель плоского типа, аккумулятор тепла, устройство, для передачи тепла от водоподогревателя к радиатору – отопительному аппарату, размещенному в помещении сельского дома. Если солнечный нагреватель и радиатор спроектированы как вспомогательное устройство (дублер) к обычным энергетическим источникам, их к.п.д. будут сравнительно высоким, так как система сможет всегда почти немедленно использовать полученное тепло. Но при этом солнечное оборудование добавляется к обычным устройствам и экономия образуется лишь за счет сбереженной электроэнергии (топлива). Если же солнечная установка должна стать основным источником энергии, дополнительную систему, работающую на электроэнергии или, топливе, можно свести к вспомогательному нагревателю с меньшей производительностью и с более компактной конструкцией.

В ясные дни обычно солнечные водоподогреватели работают при температуре в пределах  $55\div 65$  °С. Температура радиатора, при этом не должна быть ниже  $35$  °С, чтобы он мог передавать достаточно тепла для поддержания в сельском доме комфортной температуры порядка  $\sim 18-20$  °С.

В зимнее время, температура солнечного коллектора должна быть не ниже  $45$  °С. **Теплоэнергетические расчеты.** Вышеприведенные расчеты с учетом основных положений СНиП П-Г 8-62, 8-66 проводилась по следующей методике [1,2 и 3]:

1. Водопотребление жителей стандартного сельского дома (5 человек, площадь  $\sim 120$  м<sup>2</sup>).

а) душ

$$U_1 = 35 \text{ лит} \times 5 \text{ чел} \times 6 \text{ раз мес} = 1050 \text{ лит/мес}$$

б) приготовление пищи

$$U_2 = 4 \text{ лит. блюдо} \times 2 \text{ раза в день} \times 30 \text{ дней} = 240 \text{ лит/мес}$$

в) мытье посуды

$$U_3 = 20 \text{ лит} \times 30 \text{ дней} = 600 \text{ лит/мес}$$

г) умывание

$$U_4 = 4 \text{ лит} \times 5 \text{ часов} \times 30 \text{ дней} = 600 \text{ лит/мес}$$

Общий расход

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 \approx 2500 \text{ лит/мес}$$

$$U' = U'_1 + U'_2 + U'_3 + U'_4 \approx 83 \text{ лит/сут}$$

2. Количество тепла необходимого для нагрева воды для обеспечения водопотребления объекта

Определяется по формуле

$$Q = C\Sigma Y(t_{w2} - t_{w1}) \cdot 1,16 \text{ Вт}$$

где  $C=1$  уд. теплоемкость воды;  $t_{w2}$  – температура горячей воды  $\sim 50^{\circ}\text{C}$ ;  
 $t_{w1}$  – исходная температура воды  $\sim 12^{\circ}\text{C}$ ;

$$Q = 1 \times 83 \times (50 - 12) = 3154 \text{ Вт}$$

3. Площадь солнечного коллектора водоподогревательной установки.

В соответствии с принятым условием отопления с дополнительным электрообогревом (посредством ТЭН от сети) аккумулятора (радиатора), размещенного в помещении сельского дома и в соответствии с действующими нормами расчета и проектирования установок горячего водоснабжения с электрическим дублером (ВСН - 86) сумму солнечной радиации рассчитываем по следующей формуле:

$$\Sigma q_i = 0.96(P_s Q_s J_s + P_D Q_D J_D), \text{ Вт/м}^2$$

где  $P_s$  – коэффициент положения солнечного водоподогревателя для прямой радиации зависит от угла установки водоподогревателя к горизонту  $\beta$ , от географической широты дислокации установки  $\varphi$  и расчетного месяца работы установки;

$P_D$  – то же, но для рассеянной радиации  $P_D = \cos^2 \beta/2$ , где  $\beta$ - угол наклона солнечного водоподогревателя к горизонту;

$Q_s, Q_D$  - приведенные оптические характеристики солнечного коллектора для прямой и рассеянной радиации /для одностекольного ограждения коллектора  $Q_s=0.74$ ,  $Q_D=0.64$ , а для двухстекольного ограждения коллектора  $Q_s=0.63$ ,  $Q_D=0.42$ /;

$J_s$ - сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность  $F=1\text{м}^2$  за  $T$  часов работы установки в тот или иной месяц,  $\text{Вт/м}^2$ ;

$J_D$ - то же для рассеянной солнечной радиации,  $\text{Вт/м}^2$ .

Наиболее характерными из приведенного числа показателей, учитываемых формулой для определения  $\Sigma q_i$ , являются:  $J_s$  и  $J_D$ . Но  $J_{s\text{max}}$  бывает в июне, а  $J_{D\text{max}}$  в апреле.

В этих условиях, чтобы найти max сумм  $J_s$  и  $J_D$ , надо определить  $\Sigma q_i$  для апреля и июня месяцев.

Апрель		Июнь	
$P_s=1,11$	$P_D=0,94$	$P_s=0,90$	$P_D=0,94$
$Q_s=0,74$	$Q_D=0,64$	$Q_s=0,74$	$Q_D=0,64$
$J_s=2463$	$J_D=2541$	$J_s=4872$	$J_D=2922$

---


$$\Sigma q_i = 3410 \text{ Вт/м}^2$$

---


$$\Sigma q_i = 4439 \text{ Вт/м}^2$$

$P_D$ - определено по формуле  $P_D=\cos^2\beta/2$ , где  $\beta$  - угол наклона коллектора солнечного водоподогревателя к горизонту  $\beta=\varphi\pm 15$ , где  $\varphi=40^{\circ}$  географическая широта места дислокации установки /для г. Баку и Нахичевани  $\varphi\sim 40^{\circ}$  /;  $\pm 15^{\circ}$  – поправка на сезонность работы установки для теплого периода года принимаем  $-15^{\circ}$ , для холодного  $+15^{\circ}$ .

Для случая круглогодичной работы установки, поправка равна  $-0$ . Поэтому для нашего случая  $\beta=40^{\circ}$  а  $P_D = \cos^2 \beta/2 = 0.94$ .

Исходя из этого, так как  $\Sigma q_i$  имеет, max для июня этот месяц принимаем, в качестве расчетного.

4. Определение поглощающей поверхности коллектора солнечного водоподогревателя.

Площадь поглощающей поверхности коллектора солнечного водоподогревателя определяем по формуле:  $F_{г.к.} = \frac{Q}{\eta \Sigma q_i} \text{ м}^2$

где  $Q=3154 \text{ Вт}$ - количество теплоты, необходимой для нагрева вода, определенной как водопотребление объекта;

$\eta$ - кпд установки в расчетный месяц ее работы /июнь/:

$$\eta = 0.8 \left( \Theta - \frac{8 \times n [0.5(t_1 + t_2) - t_c]}{\Sigma q_1} \right)$$

где  $\Theta$  - оптическая характеристика одностекольного прозрачного ограждения коллектора,  $\Theta=0,73$ ,  $n=8$ - коэффициент теплопотерь коллектора, Вт/м<sup>2</sup>;

$t_1$  и  $t_2$  – температуры теплоносителя на входе и выходе коллектора. Температура на входе  $t_1=t_{w1}+5^0$  С – исходная температура, нагреваемой вода для июнь месяца  $t_1 = 12+5= 17^0$  С.

Температура на выходе:  $t_2=t_{w2}+5^0$  С где,  $t_{w2}=50^0$  С, а  $t_2=50+5^0$ С= $55^0$ С  $t_c =23,7^0$ С ~ средняя дневная температура для июня месяца (по метеостанциям Нахичеванской АР Азербайджана с объемом выборки в 10 лет), отсюда

$$\eta = 0.8 \left( 0.73 - \frac{8 \times 8 [0.5(17 + 55) - 23.7]}{4439} \right) = 0.440$$

В нашем расчете принят к установке солнечный водоподогреватель производства Бакинского завода по обработке сплавов цветных металлов /ГК 195000/, который имеет нижеследующие технические характеристики[4]:

а) габаритные размеры	1440×490×98 мм
б) площадь поглощающей поверхности	0,632м <sup>2</sup>
в) объем полости для теплоносителя	0,640 лит
г) масса без воды	18 кг
д) материал	алюминиевый сплав
е) срок службы	не менее 15 лет

тогда 
$$F_{Г.К.} = \frac{Q}{\eta \Sigma q_1} = \frac{3154}{0,44 \times 4439} \approx 1,5 \text{ м}^2$$

Так как солнечная водоподогревательная установка рассчитывается на круглогодичную работу (горячее водоснабжение 9 месяцев, отопление 3 месяца), она снабжена маломощным насосом ~40÷60Вт. Теплоноситель в зимнее время антифриз – С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>(ОН)<sub>2</sub>.

Расстояние между коллекторами определяется по формуле  $l=k \cdot b \cdot \sin \beta$ , где  $b=1440$ мм-длина панели солнечного коллектора;

$k$ -поправочный коэффициент на сезонность работы солнечного водоподогревателя,  $k=1,7$   $l = 1,7 \cdot 1440 \sin 40^0 = 1573$  мм

Число панелей солнечных коллекторов 
$$n^0 = \frac{F_{Г.К.}}{0.63} = \frac{1.5}{0.63} \cong 2.38$$

принимаем –3

Угол наклона солнечных коллекторов  $\beta= 40^0$  (круглогодичная работа).

Объем бака аккумулятора – радиатора  $V_p=k_2 \cdot F_{Г.К.}$ , где  $k_2$  – коэффициент характеризующий климатическую характеристику района дислокации объекта,

$$V_p = 0.16 \cdot 3.0 = 0.48 \text{ м}^3, \text{ принимаем } V_p \sim 0.50 \text{ м}^3.$$

5. Режим выработки тепла солнечным водоподогревателем по месяцам.

Определяется по формуле  $Q = F_{Г.К.} \cdot \eta \cdot \Sigma q_1$ , где  $F_{Г.К.} = 1,5 \text{ м}^2$

$\eta$ - кпд установки по месяцам ее работы,  $\eta= 0,440$  (Таблица 2).

**Обсуждение результатов.** Результаты проведенных расчетов приведены в Таблицах 1÷7. Анализ полученных данных показал, что количество теплоты, вырабатываемое солнечным водоподогревателем при  $F=1.5 \text{ м}^2$  при  $\eta= 0,440$  равняется  $Q_{ср} = 1950$  Вт (Таблица 2), а количество теплоты, вырабатываемое солнечным коллектором при реальном  $\eta= 0,34$  равно  $Q_{ср} = 1617$  Вт (Таблица 4). При этом температура нагрева для рассматриваемых случаев равна  $t_2= 22.3^0$ С (ноябрь-февраль) и  $t_2= 36.6^0$  С (март-октябрь). Разница в полученных количествах теплоты достаточно мала, если учесть при

этом, что расчеты проводились для температур окружающей среды для г.г.Баку и Нахичевана равных  $t_c=23.7^0C$  и  $t_c = 26.5$ , взятых из СНиП, хотя известно, что в это время температура в этих регионах, как правило, держится соответственно на уровне  $t_c=32.3\div35.6^0 C$ , доходя в ряде случаев до  $38.5\div42.0^0 C$

Таблица 1

Определение величины  $\Sigma q_I$  по месяцам года

Показатели	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$P_s$	2.24	1.72	1.36	1.11	0.97	0.90	0.93	1.03	1.24	1.55	2.03	2.45
$Q_s$	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
$J_s$	718	906	1749	2463	3963	4872	4493	3846	2610	1544	812	533
$P_D$	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
$Q_D$	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
$J_D$	845	1146	1688	2541	2440	2292	2357	2059	1780	1373	936	784
$\Sigma q_I$	1631	1769	2665	3410	4140	4439	4330	4003	3327	2493	1712	1381

Анализ Таблицы 7. показывает, что максимальный дефицит тепла имеет место в январе месяце и составляет 1853,3 Вт. Период солнечного сияния для января месяца составляет 10 час. Следовательно, для компенсации дефицита тепла необходимо подавать до 200Вт дополнительной тепловой энергии. Для случая  $\eta=0,34$  необходимо подавать дополнительной энергии  $\sim 250$ Вт.

Таблица 2

Определение количества теплоты, вырабатываемой солнечным водоподогревателем по месяцам года (принимая  $\eta=0,440$ ,  $Q=F_{Г.К}\cdot\eta\Sigma q_I$ )

Показатели	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$F_{Г.К}$	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
$\eta$	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440	0.440
$\Sigma q_I$	1631	1769	2665	3410	4140	4439	4330	4003	3327	2493	1712	1381
$Q$	1076.4	1167.5	1758.9	2250.6	2732.4	2929.7	2857.8	2641.9	2195.8	1645.3	1129.9	911.4

Таблица 3

Определение температуры нагрева воды в солнечном водоподогревателе по месяцам

$$\text{года } (t_{w_2} = \frac{Q}{1.16 \cdot \Sigma Y} + t_{w_1})$$

Показатели	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q$	1076.4	1167.5	1758.9	2250.6	2732.4	2929.7	2857.8	2641.9	2195.8	1645.3	1129.9	911.4
$\Sigma Y$	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
$t_{w_1}$	6	6	7	9	11	12	12	12	11	9	7	6
$t_{w_2}$	17.1	18.2	25.0	32.5	39.4	42.4	41.5	39.5	33.8	26.2	18.7	15.4

Таблица 4

Определение реального КПД установки по месяцам года,

$$\eta = 0.8 \left( \Theta - \frac{8 \cdot n [0.5(t_1 + t_2) - t_c]}{\Sigma q_i} \right)$$

Показатели	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
$N$	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
$t_1$	11	11	12	14	16	17	18	18	16	14	12	11
$t_2$	22.1	23.2	30.0	37.5	44.4	47.4	46.5	44.5	38.8	31.2	23.7	20.4
$t_c$	5.5	6.1	6.3	13.7	19.2	23.7	26.5	26.2	22.9	18.6	12.2	6.8
$\Sigma q_i$	1631	1769	2665	3410	4140	4439	4330	4003	3327	2493	1712	1381
$\eta$	0.20	0.25	0.28	0.32	0.37	0.44	0.44	0.43	0.41	0.39	0.32	0.24

Таблица 5

Определение количества теплоты, вырабатываемой солнечным водоподогревателем по месяцам года с учетом КПД (Таблица 4),  $Q = F_{Г.К.} \cdot \eta \cdot \Sigma q_i$

Показатель	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$F_{Г.К.}$	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$\eta$	0,20	0,25	0,28	0,32	0,37	0,44	0,44	0,43	0,41	0,39	0,32	0,24
$\Sigma q_i$	1631	1769	2665	3410	4140	4439	4330	4003	3327	2493	1712	1381
$Q$	489,3	663,3	1119,3	1636,8	2297,7	2929,7	2857,8	2581,9	2046,1	1458,4	821,7	497,1

Таблица 6

Определение температуры нагрева воды в солнечном водоподгревателе по месяцам

$$\text{года с учетом КПД (Таблица 4), } t_{w2} = \frac{Q}{1.16 \cdot \Sigma Y} + t_{w1}$$

Показатель	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q$	489,3	663,3	1119,3	1636,8	2297,7	2929,7	2857,8	2581,9	2046,1	1458,4	821,7	497,1
$\Sigma Y$	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
$t_{w1}$	6	6	7	9	11	12	12	12	11	9	7	6
$t_{w2}$	11,08	12,89	18,63	26,01	34,88	42,45	41,70	38,83	32,26	24,16	15,54	11,16

Таблица 7

Баланс тепла, вырабатываемого солнечным водоподогревателем с учетом Таблиц 1-3 (КПД = 0,440)<sup>X</sup> и данных Таблица 4-7<sup>XX</sup> по месяцам года.

Месяцы												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
x	x	x	x	x		x	x	x			x	
-1853,3	-1762,2	-1170,8	-679,1	-197,3	+0	-71,9	-287,8	-733,4	-1284,4	-1799,8	-2018,3	
xx	xx	xx	xx	xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
-2440,4	-2266,4	-1810,4	-1292,3	-632,0	+0	-71,9	-347,8	-883,6	-1471,3	-2108	-2432,6	

С другой стороны, следует отметить, что для обеспечения круглогодичного горячего водоснабжения и отопления в зимний период сельского дома, площадью ~120 м<sup>2</sup> выбран мини солнечный водоподогреватель площадью 1,5м<sup>2</sup> (хотя в подобных системах за рубежом-США, Израиль, Индия и др, применяются солнечные водоподогреватели площадью F=5,0÷8,0 м<sup>2</sup>).

Исходя из вышеизложенного, нами для нормального функционирования сельского дома принят солнечный водоподогреватель F= 3,0м<sup>2</sup>. Расчет количества теплоты и температуры нагрева воды для этого случая приведены в Таблице 8.

Анализ Таблицы 8 показывает, что для круглогодичного функционирования сельского дома в зимний период необходим электрический дублер мощностью около 1÷1,5кВт. В период март-октябрь месяцы солнечный водоподогреватель обеспечивает получение необходимого количества горячей воды 80÷85 лит/сут. При этом в заключении необходимо отметить, что использование солнечной энергии способствует экономии электроэнергии до 45÷50% и улучшению экологической ситуации.

Таблица 8

Определение количества теплоты и температуры нагрева воды по месяцам года для солнечного водоподогревателя F=3,0 м<sup>2</sup>.

Показатели	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q	2152,9	23335,0	3517,8	4501,2	5464,8	5859,4	5715,6	5283,8	4391,6	3290,6	2259,8	1822,8
t <sub>w2</sub>	28,3	31,2	43,5	55,7	67,8	72,9	71,4	66,9	56,6	43,2	30,4	24,9

1. Бекман У.А., Клейн С.А., Даффи Д.С. Расчет систем солнечного теплоснабжения: Перевод с английского, М: Энергоиздат, 1982-250 с
2. Харченко Н.В., Никифаров В.А., Системы гелиотеплоснабжения и методики их расчета К. Знание, 1982-220 с
3. СНиП П-34-75. Горячее водоснабжение М: Стройиздат, 1976-240 с
4. Рзаев П.Ф., Курбанов М.А., Рзаева М.П. Возобновляемые источники энергии опыт и перспективы использования их в Азербайджане. Научно- экологическое общество «Экойл» Б., 2003-70 с.

## KƏND EVLƏRİNİN İL ƏRZİNDƏ QIZDIRILMASI VƏ İSTİ SU İLƏ TƏCHİZ EDİLMƏSİ ÜÇÜN GÜNƏŞ SU QIZDIRICISİNİN LAYİHƏLƏŞDİRİLMƏSİ.

RZAEV P.F. ABBASOVA F.Ə. MƏMMƏDOV F.F.

TN və Q- nın və obyektin sakinlərinin (120 m<sup>2</sup>-da 5 nəfər) su sərfini nəfərə olaraq günəş su qızdırıcısının ölçüləri, istilik qəbul edən səthin sahəsi, suyun qızdırılması üçün tələb olunan istiliyin miqdarı hesablanmışdır. Günəş kollektorunun ilin ayları üzrə hasil etdiyi istilik rejimi təyin olunmuşdur. Texnoloji prosesin optimallaşdırılması yollarına baxılmışdır və regionda ekoloji şəraitin yaxşılaşdırılması, əhalinin sosial səviyyəsinin yüksəldilməsi, sistemin effektivliyinin artırılması üçün praktiki nəticələr əldə edilmişdir.

## **DESIGN OF SOLAR COLLECTORS FOR ANNUAL HEATING AND HOT WATER SUPPLY OF THE HOUSES IN THE VILLAGES.**

**RZAEV P.F. ABBASOVA F.A. MAMMEDOV F.F.**

Dimensions of solar collector, area of solar heat receiver and amount of heat required for water heating have been estimated in view of main features of SNiP and number of people in the area (5 persons per 120 m<sup>2</sup>). Heating rates of solar collector have been defined as per months of a year. The ways for optimization of technological processes have been reviewed and practical results – improvement of environmental conditions and social level of people and increase in system efficiency, are achieved.