

К РАСЧЁТУ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Шевченко Л.Ф., к.т.н., доц.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина*

Цены на тепловую энергию в Украине, растут темпами, которые опережают все прогнозы аналитиков. Так по данным [1] стоимость за центральное отопление домов в городе Киев с 2001 года по 2015 год возросла в 18 раз. А именно с 0,51 грн/м² до 9,22 грн/м².

В тоже время в любом регионе Украины можно эффективно использовать солнечную энергию. Годовое поступление солнечной энергии в стране составляет от 900 до 1200 кВт·ч на м². Гелиоустановки, которые позволяют использовать солнечное излучение для подогрева воды в системах горячего водоснабжения и отопления жилых домов известны давно. Принципиальная схема такой установки показана на рисунке 1.

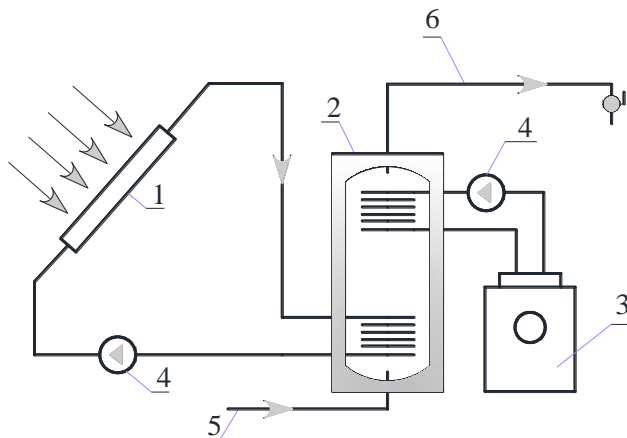


Рис. 1. Расчётная схема установки солнечного горячего водоснабжения:

- 1 - Поле солнечных коллекторов.
- 2- Бак аккумулятора.
- 3 - Дублирующий источник тепла.
- 4- Циркуляционные насосы.
- 5 - Трубопровод холодной питьевой воды.
- 6- Трубопровод горячего водоснабжения

В настоящее время разработано множество методов расчёта систем солнечного горячего водоснабжения (ГВ). Каждый метод расчёта име-

ет свои достоинства, ограничения и целесообразную область применения. В зависимости от типа используемой системы, применяемого оборудования и т. д. определяется и способ её расчёта.

Нами предлагается метод расчёта системы солнечного горячего водоснабжения (ССГВ) с использованием прикладной программы Excel и методики изложено в ДСТУ-Н Б В. 2.5-43: 2010. Этот подход позволяет проследить динамику теплофизического процесса, проходящего при нагреве воды потоком лучистой солнечной энергии, частично моделировать этот процесс и прогнозировать его энергоэффективность. Это немало важно как для практиков при подборе оборудования систем солнечного горячего водоснабжения, так и для студентов, изучающих альтернативные источники тепловой энергии.

Основные расчётные зависимости согласно [3] следующие:

— Интенсивность солнечной радиации (СР), которая поступает на солнечный коллектор (СК) за каждый час световых суток месяца $q_{\text{пад } i}$

$$q_{\text{пад } i} = P_A * P_S * I_S^{\text{гop}} + I_D^{\text{гop}}, \quad (1)$$

где P_A - коэффициент, который учитывает азимут расположения солнечного коллектора;

P_S - коэффициент положения солнечного коллектора для прямой солнечной радиации;

$I_S^{\text{гop}}$ - интенсивность прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м²;

$I_D^{\text{гop}}$ - интенсивность диффузной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м².

— Коэффициент полезного действия солнечного коллектора (СК), который находят из формулы:

$$\eta = (\tau\alpha)_s - [i U((t_1+t_2)/2 - t_{\text{cp}})]/q_{\text{пад}}^{\text{доб}}, \quad (2)$$

где $(\tau\alpha)_s$ - приведённая оптическая характеристика СК для прямой солнечной радиации;

i - количество часов работы СК за световой день;

U - приведённый коэффициент тепловых потерь СК, Вт/(м² К);

$q_{\text{пад}}^{\text{доб}}$ - суммарная солнечная радиация за сутки расчётного месяца, Вт/(м²·сут);

t_1, t_2 - температура теплоносителя на входе и выходе СК, °С;

t_{cp} - средняя температура наружного воздуха, °С.

- Площадь апертуры коллектора F , m^2 , которую находят из формулы:

$$F = j \cdot z_{ГВ} \cdot 3600 \cdot G_{добр} \cdot (\tau_{ГВ} - \tau_{хв}) \cdot c / (j \cdot 3600 \cdot \eta \cdot q_{пад}^{добр}), \quad (3)$$

где j – количество дней в расчётном месяце;

$z_{ГВ}$ – время работы системы ГВ в часах;

$G_{добр}$ – среднесуточное водопотребление одним человеком, л/с;

c – теплоёмкость воды, Дж/(Кг·°С);

$\tau_{ГВ}$ - $\tau_{хв}$ – температура воды в системе ГВ и в системе водопровода соответственно, °С.

- Годовая тепловая нагрузка системы ГВ, которую находят из формулы:

$$Q_{ГВ}^{год} = \sum_{j,z} Q_{ГВ} \quad (4)$$

где z - количество рабочих месяцев.

— Количество теплоты, которое вырабатывает ССГВ за месяц $Q_{сол}^{мес}$ Вт/мес, находят из формулы:

$$Q_{сол}^{мес} = j \cdot F \cdot \sum_8^{17} Q_i \cdot n_i \quad (5)$$

— Количество теплоты, которое вырабатывает ССГВ за сезон $Q_{сол}^{сез}$ Вт/сез, находят из формулы:

$$Q_{сол}^{сез} = j \cdot F \cdot \sum_4^{10} Q_{сол}^{мес} \quad (6)$$

— Коэффициент замещения нагрузки ГВ за счёт использования солнечной радиации, находят из формулы:

$$f = Q_{сол}^{сез} / Q_{ГВ}^{год} \quad (7)$$

В качестве расчётного месяца для подбора основного оборудования принят месяц с наибольшей интенсивностью тепlopоступлений [3].

Результаты Расчётов ССГВ выполненный с использованием программы Excel по методике [3] для частного жилого дома на 5 человек в городе Чернигове при сезонной работе установки с апреля по ноябрь месяц представлены ниже.

Теплотехнические характеристики и почасовой коэффициент полезного действия (КПД) по расчётному месяцу представлены в таблице 1.

Таблица 1. Интенсивность СР, которая падает на наклонную поверхность СК в течение каждого часа светового дня в июне месяце $q_{пад i}$, Вт/м² и полезная тепловая энергия $Q_{сол}^{час}$, Вт/час; $j = 30$

Час, i	$I_s^{гор}$	$I_D^{гор}$	$q_{пад i}$	КПД	$Q_{сол}^{час}$
	Вт/м ²	Вт/м ²	Вт/м ²	η	Дж/(м ² ·ч)
8	81	105	191,7	0,659	454789,08
9	151	151	312,6	0,722	812509,92
10	209	186	409,6	0,745	1098547,2
11	233	232	481,3	0,756	1309906,08
12	244	244	505,1	0,759	1380135,24
13	221	256	492,5	0,757	1342161
14	209	244	467,6	0,754	1269253,44
15	186	209	408	0,745	1094256
16	116	174	298,1	0,717	769455,72
17	70	128	202,9	0,668	487933,92

Где j – количество дней в месяце.

$$\sum q_{пад i} = 3769,4 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{сут)}; \sum Q_{сол}^{час} = 10018947,6 \text{ Дж/(ч} \cdot \text{м}^2);$$

$$Q_{сол}^{мес} = 649227805 \text{ Дж/мес}; Q_{сол}^{доб} = 21640926,82 \text{ Дж/сут.}$$

Выводы

1. Предложенный метод расчёта даёт возможность быстро определить основные характеристики гелиоустановки горячего водоснабжения.
2. Программа расчёта базируется на нормативной базе Украины, что позволяет проектировать установки с использованием отечественного оборудования.
3. Пошаговый расчёт создаёт условия для углублённого понимания теплофизических процессов, протекающих в установке, что особенно важно для молодых специалистов и студентов.

Summary

**We propose a method of calculation of hot water solar systems.
Method convenient for students and young professionals.**

Литература

1. Сайт all.kharkov.ua
2. ДСТУ-Н Б В. 1.1.-27: 2010. Будівельна кліматологія. Національний стандарт.України. К.: Мінрегіонбуд України. 2011. 123 с.
3. ДСТУ-Н Б В. 2.5.-43: 2010. Настанова з улаштування системсо-нячного теплопостачання в будинках житлового і громадського при-значення. Національний стандартУкраїни. К.: Мінрегіонбуд України. 2010. 45 с.
4. ДБН В.2.5-64: 2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Ч I, II. К.: МРРБ та ЖКГУкраїни. 2013 р. 105 с.
5. Бекман У. и др. Расчёт систем солнечного теплоснабжения. Пер.: с англ. М.: Энергоиздат, 1982, 80 с.
6. ВСН 52-86 Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования. К.: Госстрой, 1986 г. 14 с.