

УДК 662.997:662.93(44)

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОБОГРЕВА СЕЛЬСКИХ ДОМОВ (НА ПРИМЕРЕ НАХИЧЕВАНСКОЙ АР АЗЕРБАЙДЖАНА)

РЗАЕВ П.Ф., АББАСОВА Ф.А., МАМЕДОВ Ф.Ф.

Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана

В работе в рамках энергосберегающих технологий рассматриваются пути рационального использования солнечной энергии для отопления сельского дома. Приводятся расчеты и возможная схема обогрева с использованием солнечного воздушного коллектора и аккумулятора тепла. Даются практические рекомендации.

Содержание. Нахичеванская АР Азербайджана, благодаря своему благоприятному географическому расположению с точки зрения возможностей практического использования солнечной энергии, занимает ведущее место не только в республике, но и во всем СНГ.

Здесь поздней осенью и отчасти зимой интенсивность солнечной радиации составляет в среднем $550 \div 700 \text{ Вт/м}^2$, летом эта величина достигает $1,0 \div 1,2 \text{ кВт/м}^2$. При этом число часов солнечного сияния составляет ~ 3000 часов в год.

В силу ряда сложившихся обстоятельств и, несмотря на все предпринимаемые меры, регион испытывает острый недостаток в электрической энергии и в тепле. Это, в конечном счете, отражается на здоровье людей (простудные заболевания) и экологии (уменьшение, вследствие вырубки, плотности лесов).

Анализ природных и хозяйственных условий, экономической ситуации и основных элементов солнечного кадастра, показывает, что здесь весьма целесообразно широкое и повсеместное использование солнечной энергии в сельскохозяйственном производстве и, особенно, в быту. Это, главным образом, улучшение санитарно-гигиенических условий населения и обогрев сельских домов.

Отечественный и зарубежный опыт (США, Израиль, Турция и др.) показывает, что в районах с годовым приходом солнечной радиации не менее 1200 кВт.ч/м^2 при эффективном использовании этой энергии можно обеспечить до $25 \div 35\%$ теплопотребления в системах отопления, до 50% в системах горячего водоснабжения, и до 25% в системах охлаждения и кондиционирования воздуха [1,2 и 3].

В этом аспекте солнечные характеристики Нахичевана и прилегающих к нему районов весьма высоки – это $2000 \div 2200 \text{ кВт.ч/м}^2$. Благодаря этому, возможно существенно снизить расход невозобновляемого органического топлива (нефти, газа и продуктов их переработки) и содействовать значительному улучшению экологической ситуации и жизненных условий населения.

В настоящее время основная проблема в использовании солнечной энергии для отопления сельских домов – это отсутствие массового производства солнечных коллекторов, аккумуляторов солнечной энергии и сопутствующего оборудования. Ключевой вопрос также разработка, конструирование и производство эффективных гелиоотопляющих установок и систем при допустимых капитальных затратах.

Применение в современных солнечных домах систем для использования солнечной энергии определяет особенности их архитектуры, ориентации по сторонам света, положения его элементов относительно южного направления и плоскости горизонта, выбор материалов и конструкции ограждения.

Исходя из вышеуказанных соображений, нами предложен вариант использования солнечной энергии для отопления сельского дома, отвечающий нижеследующим требованиям:

- солнечный дом спроектирован таким образом, что позволяет максимально улавливать солнечную энергию в холодное время года и минимально - летом;
- дом имеет небольшие тепловые потери, что обеспечивается надежной теплоизоляцией в стенах, потолке, поле, а также незначительным поступлением холодного наружного воздуха и снабжен вентилятором для поддержания требуемого тепловлажностного режима помещения;
- северная стена дома лишена окон и засыпана грунтом;
- окна снабжены плотными шторами;
- потери тепла сведены к минимуму путем уплотнения всех щелей ;

Солнечный обогрев сельского дома (Рис) включает следующие технологические позиции: 1) холодный воздух; 2) солнечный воздушный коллектор-воздухонагреватель; 3) солнечная радиация, падающая на коллектор; 4) нагретый (до 80°C) воздух ; 5) воздушный клапан; 6) стена ; 7) фанера; 8) изоляция (сено); 9) крыша; 10) изоляция; 11) воздушный зазор; 12) отверстия- сообщения с воздухом; 13) кран; 14) стекловата; 15) бак, снабженный радиаторами; 16) подставка для бака; 17) дверь; 18) аккумулятор тепла; 19,20) патрубки подвода и отвода теплоносителя; 21) заслонки; 22) вентилятор; 23) фундамент; 24) воздухораспределитель.

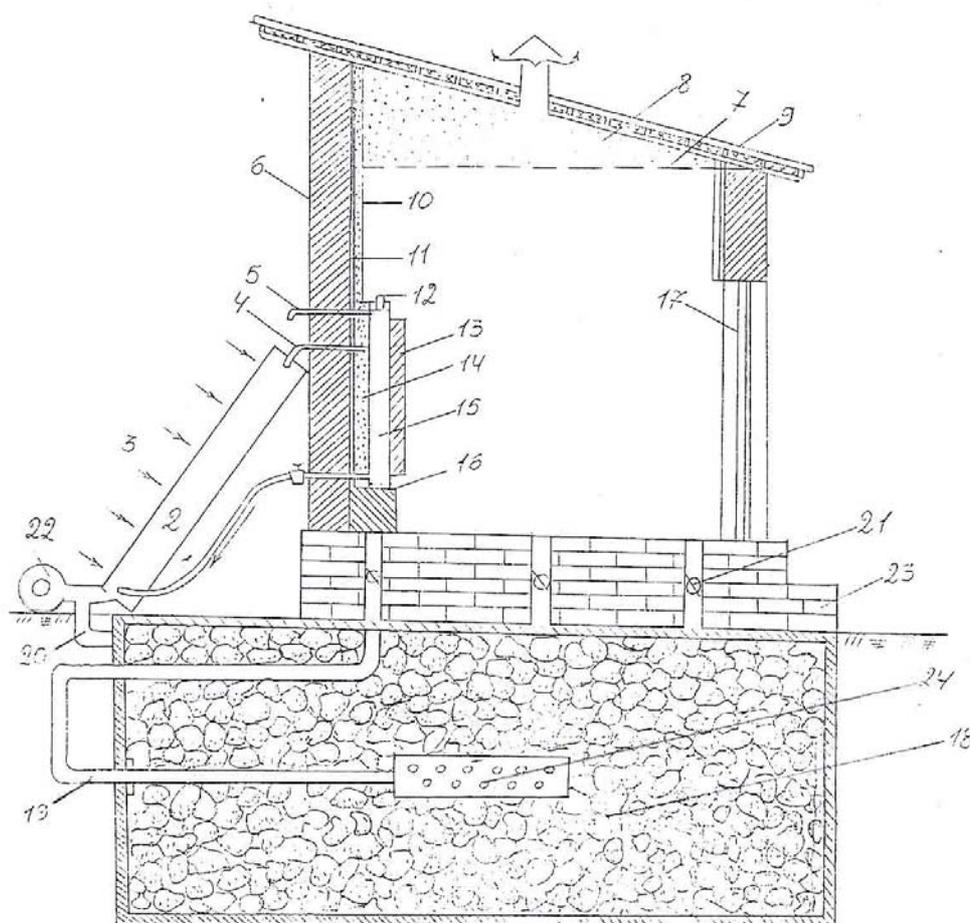


Рис. Схема солнечного отопления сельского дома на основе воздушного коллектора с галечным аккумулятором тепла.

Расчет солнечного воздухонагревателя. Расчет солнечного воздушного коллектора с прозрачным ограждением при плотности потока излучения $800\div 900 \text{ Вт/м}^2$

производился для следующих условий: расстояние между пластинами 1 см, температура на выходе 60°C , температура окружающего воздуха 0°C , расход воздуха 200 кг/ч. Размеры коллектора 4 м^2 ($1 \times 4 \text{ м}$). Степень черноты поверхностей канала, заполненного воздухом $\sim 0,95$. Эффективная поглощательная способность $\sim 0,88$, скорость ветра $\sim 5 \text{ м/сек}$.

Полагая среднюю температуру зачерненной пластины коллектора $\sim 70^{\circ}\text{C}$, находим коэффициент потерь через прозрачное ограждение воздухонагревателя $U_i = 7,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ град.})$.

Для вычисления коэффициента теплопередачи излучением между стенками канала, заполненного воздухом, температуру принимаем равной $\sim 67^{\circ}\text{C}$. Расчет производился по следующему соотношению:

$$h_r = \frac{4\sigma T^3}{\left(\frac{1}{\varepsilon_1}\right) + \left(\frac{1}{\varepsilon_2}\right) - 1} = \frac{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} (340)^3}{(2/0,95) - 1} = 8,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ град}) \quad (1)$$

Коэффициенты теплообмена между воздухом и стенками канала полагали одинаковыми. Характерный линейный размер-гидравлический диаметр, который для течения воздуха между пластинами взят равным удвоенному расстоянию между ними.

Число Рейнольдса для данного случая равно

$$\text{Re}_{D_H} = \rho V D_{H/\mu} = \frac{m D_H}{A f \mu} = \frac{200 \cdot (2 \cdot 0,01)}{(0,01 \cdot 1) \cdot 0,065} = 6150 \quad (2)$$

Отношение длины канала к гидравлическому диаметру составляет

$$L/D_H = 4/2 \cdot 0,01 = \sim 200 \quad (3)$$

Поскольку $\text{Re} > 2100$ и L/D_H велико, то имеет место развитое турбулентное течение

$$N_U = 0,0158 \text{ Re}^{0,8} = 0,0158 (6150)^{0,8} = 17 \quad (4)$$

Коэффициент конвективной теплоотдачи при этом равен

$$h = 17 \frac{k}{D_H} = \frac{17 \cdot 0,29}{2 \cdot 0,01} = 25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ град}) \quad (5)$$

Воспользуемся теперь выражением, для F'

$$F' = \left[1 + \frac{U_L}{h + \left[\left(\frac{1}{h} \right) + \left(\frac{1}{hr} \right) \right]^{-1}} \right]^{-1} = 0,81 \quad (6)$$

С помощью соотношения

$$F_R = \frac{GCp}{U_L} \left(1 - e^{-ULF'/GCp} \right) \quad \text{находим} \quad (7)$$

$$F'' = \frac{F_R}{F'} = \frac{(200/4) \cdot 1,18}{3,6 \cdot 7,2 \cdot 0,81} \left[1 - \exp \left(- \frac{3,6 \cdot 7,2 \cdot 0,81}{(200/4) \cdot 1,18} \right) \right] = 0,84 \quad (8)$$

и

$$F_R = F'' F' = 0,68$$

Полезная энергия коллектора составляет

$$Q_U = U \cdot 0,68 [900 \cdot 0,88 - 7,2(60 - 0)] = 979 \text{ Вт} \quad (9)$$

$$\text{и к.п.д. равен } \eta = \frac{Q_U}{4 \cdot 900} = \frac{979}{3600} = 0,27 \quad (10)$$

Наконец, найдем температуру воздуха на выходе из воздухонагревателя.

$$T_{CO} = T_{CI} + \frac{Q_U}{mCp} = 60 + \frac{979 \cdot 3600}{200 \cdot 1000 \cdot 1,18} = 75^{\circ}C \quad (11)$$

Расход теплоты на отопление и горячее водоснабжение. Тепловую нагрузку отопления (Дж) для каждого месяца можно определить по формуле:

$$Q_0 = \sum K_i \cdot f_i \cdot \Delta t \tau + Q_{инф} - Q_{в.т.} = 2,86 \cdot 20 \cdot 16 \cdot 30 + 0,432 - 0,145 = 27456 \text{кДж} = 27,456 \text{ МДж} \quad (12)$$

где K_i – расчетный коэффициент теплопотерь для данного элемента ограждающих конструкций (стен, окон, потолка, пола), Вт/(м² °С); f_i – площадь поверхности элемента ограждающих конструкций, м²; Δt – разность температур °С; τ – продолжительность расчетного периода, день; $Q_{инф}$ – тепло потери, обусловленные инфильтрацией холодного воздуха, Дж; $Q_{в.т.}$ – внутреннее тепловыделение от людей, оборудования, осветительных приборов, Дж.

Для многослойных стен и других элементов ограждения коэффициент теплопотерь равен

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{0,2}{1,73} + \frac{1}{15}} = \frac{1}{0,3488} = 2,86 \text{ Вт/(м}^2 \text{ °С)} \quad (13)$$

где α_B и α_H – коэффициенты теплоотдачи для внутренней и наружной поверхностей стены, Вт/(м² °С); δ_i и λ_i – толщина (м) и коэффициент теплопроводности [Вт/(м °С)] слоя стены.

Средний расход теплоты (Дж) на горячее водоснабжение здания за расчетный период

$$Q_{Г.В.} = 1,2aCp(t_{Г.В.} - t_{Х.В.})Nn = 1,2 \cdot 40 \cdot 4,19 \cdot 1 \cdot (35 - 18) \cdot 4 \cdot 30 = 410,284 \text{ МДж} \quad (14)$$

где a – норма расхода воды на горячее водоснабжение жилых зданий на 1 человека в сутки, л/сут; C_p – удельная изобарная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг °С); ρ – плотность воды, равная 1 кг/л; $t_{Г.В.}$ – температура горячей воды, °С; N – число жителей; n – число дней в расчетном периоде.

Тепловую нагрузку отопления и горячего водоснабжения за месяц можно найти как

$$Q_H^M = Q_0 + Q_{Г.В.} = 27,456 + 410,284 = 437,74 \text{ МДж} \quad (15)$$

Расчет галечного аккумулятора теплоты. Объемная теплоемкость, Дж/м³ °С галечного аккумулятора равна

$$C_{ак} = C_T \rho_T (1 - E) = 0,75 \cdot 1820 \cdot 0,6 = 819 \text{кДж/(м}^3 \text{ °С)} \quad (16)$$

где C_T – удельная теплоемкость твердых частиц (галечки) Дж/(кг °С); ρ_T – плотность твердых частиц, кг/м³; E – порозность слоя частиц.

Количество энергии, аккумулируемой за день, равно

$$Q_{ак} = K_1 \cdot Q_{пол} = 0,35 \cdot 7840 = 2744 \left(\text{Вт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{день}} \right) \quad (17)$$

$$K_1 = 0,25 \div 0,35$$

$$Q_{пол} = 980 \cdot 8 = 7840 \text{ (Вт} \cdot \text{ч/день)} \quad (18)$$

Среднюю мощность теплового потока при зарядке аккумулятора можно определить по формуле

$$Q_{зар} = Q_{ак/n} = 2744/8 = 343 \text{Вт} \quad (19)$$

где n – число часов, в течение которых теплота поступает в аккумулятор, τ – объемный расход воздуха, поступающего в аккумулятор теплоты, равный

$$V_B = Q_{зар} / (3600 \Delta T_B C_B) = 343 / (3600 \cdot 7 \cdot 0,21) = 343 / 5292 = 0,065 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right) \quad (20)$$

где C_B – удельная объемная теплоемкость воздуха Вт·ч/(м³ °С); $\Delta T_B = 7 \div 10^{\circ}C$.

Требуемый объем аккумулятора теплоты.

$$V_{ak} = Q_{ak} k_2 / (C_{ak} \Delta T_T) = 2744 \cdot 2,5 / (819 \cdot 3,5) = 6860 / 2866,5 = 2,4 \text{ м}^3, \text{ примем } 3 \text{ м}^3 \quad (21)$$

k_2 - коэффициент, учитывающий число дней, на которые запасается энергия в аккумуляторе. Обычно $k_2=1,5 \div 2,5$; $\Delta T_T=3,5 \div 5^0\text{C}$.

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что вследствие нестабильности поступления солнечной энергии системы солнечного отопления должны работать с дублером, обеспечивающим 50% тепловой нагрузки.

Для систем солнечного отопления приближенный тепловой расчет можно выполнять для одного месяца переходного периода, например, для декабря .

Месячная доля солнечной энергии в покрытии тепловой нагрузки теплоснабжения или степень замещения топлива определяется как

$$f = \frac{Q_C^M}{Q_H^M} = (Q_H^M - Q_D^M) / Q_H^M = 1 - \frac{Q_D^M}{Q_H^M} \quad (22)$$

где Q_H^M - месячная величина тепловой нагрузки МДж/мес; Q_C^M и Q_D^M - месячные количества теплоты, обеспечиваемые солнечной установкой и дополнительным источникам энергии, МДж/мес.

$$\text{Экономия топлива (кг) за расчетный период } B = \frac{Q_C}{(Q_T \cdot \eta_{к.г.т.})} \quad (23)$$

Где Q_T – теплота сгорания природного газа, МДж/кг; $\eta_{к.г.т.}$ - кпд котла на природном газе [4,5].

Заключение. Расчет, произведенный по (23), показал, что в природных условиях Нахичеванской АР Азербайджана применение солнечного воздушного коллектора для отопления сельского дома позволяет сэкономить за год до 950 кВт·ч/м² полезной энергии.

С другой стороны, следует иметь в виду, что, наряду с экономией электроэнергии (топлива), при использовании солнечной энергии важное значение имеют также такие аспекты, как уменьшение загрязнения окружающей среды, сохранение топливных ресурсов, улучшение социальных условий населения.

-
1. Первое Национальное сообщение Азербайджанской Республики по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата /Проект: AZE/97/ G31/A/1G/99. Руководитель проекта: М.А.Мансимов, Государственный Комитет по Гидрометеорологии Азербайджанской Республики, Б. 2000-88 с.
 2. *Зоколей С.В* Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой: Пер.с англ/ Под редакцией В.Г.Бердичевского, Б.Ю.Бранденбурга., М: Стройиздат. 1984-250с.
 3. *Харченко Н.В., Никифоров В.А.*, Системы гелиотеплоснабжения и методика их расчета. К: Знание, 1982-220с.
 4. *Харченко Н.В.* Индивидуальные солнечные установки М: Энергоатомиздат, 1991-208с.
 5. *Рзаев П.Ф., Курбанов М.А., Рзаева М.П.*, Возобновляемые источники энергии, опыт и перспективы использования их в Азербайджане. Научно-экологическое общество «Экоил.»Б, 2003-70с.

**KƏND EVLƏRİNİN (AZƏRBAYCAN, NAXÇIVAN MR) QIZDIRILMASI ÜÇÜN
GÜNƏŞ ENERJISİNDƏN İSTİFADƏ OLUNMASI**

RZAYEV P.F., ABBASOVA F.A., MƏMMƏDOV F.F.

İstilik energetik hesabatdan alınmış nəticələrin analizi göstərir ki, kənd evlərinin günəş enerjisi vasitəsi ilə qızdırılması il ərzində $1000 \text{ kVt}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ elektrik enerjisinə qənaət etməyə imkan verir. Bununla birgə günəş enerjisindən istifadə olunması elektrik enerjisinə (yanacaq) qənaət edilməsi ilə yanaşı həm ətraf mühitin çirklənməsini azaldır, həm də əhalinin sosial səviyyəsini yüksəldir.

**USE OF SOLAR ENERGY FOR HEATING OF VILLAGE HOUSES
(AZERBAIJAN, NAKHCHIVAN AVTONOMOUS REPUBLIC)**

RZAEV P.F., ABBASOVA F.A., MAMEDOV F.F.

The analyses conducted from thermo-energetic report shows that heating the village houses by solar energy provides an opportunity to save $1000 \text{ kW}\cdot\text{hour}/\text{m}^2$ of electric energy. Besides saving electric energy (fuel) the use of solar energy reduces environmental pollution and increases social level of people.