

## ВОЗМОЖНОСТИ ОТОПЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

*М. С. Дангатарова, ст. преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,  
e-mail: mahridanatarova83@gmail.com*

*С. М. Язлыева, ст. преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан, e-mail: sona86.86@mail.ru*

*М. К. Нурсахатов, преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,  
e-mail: merdannursahedow5@gmail.com*

*М. Ч. Курбандурдыев, преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,  
e-mail: mkurbandurdyew@mail.ru*

### Реферат

На замену трем водонагревательным котлам Ferroli PREHTHERM RSW Государственного энергетического института Туркменистана предлагается установить солнечное водонагревательное оборудование типа Vaillant auro THERM exclusive VTK 570/2. В результате предлагается снизить воздействие вредных газов на окружающую среду и повысить экономическую эффективность за счет экономии природного газа.

**Ключевые слова:** Солнечные водонагреватели, солнечная энергия, возобновляемые источники энергии, солнечная установка.

## POSSIBILITIES OF HEATING INDUSTRIAL FACILITIES BASED ON SOLAR ENERGY IN TURKMENISTAN

**M. S. Dangatarova, S. M. Jazlyeva, M. K. Nursahatov, M. Ch. Kurbandurdyev**

### Abstract

To replace three Ferroli PREHTHERM RSW water heating boilers of the State Energy Institute of Turkmenistan, it is proposed to install solar water heating equipment of the Vaillant auro THERM exclusive VTK 570/2 type.

As a result, it is proposed to reduce the impact of harmful gases on the environment and increase economic efficiency by saving natural gas.

**Keywords:** Solar energy, solar water heating, renewable energy sources, solar plant.

### Введение

В рамках Национальной стратегии развития возобновляемой энергетики до 2030 года, утвержденной Постановлением Уважаемого Аркадага, электроэнергетика является базовой отраслью национальной экономики Туркменистана и обеспечивает функционирование других отраслей страны.

Национальная стратегия развития возобновляемой энергетики в Туркменистане до 2030 года направлена на диверсификацию источников топлива и энергии, увеличение экспортных мощностей природного газа и

электроэнергии, обеспечение доступной и чистой энергией отдаленных районов, повышение благосостояния населения и развитие промышленности, устойчивое развитие и изменение климата в рамках Парижского соглашения.

Энергетический потенциал возобновляемых источников энергии в стране определен как 110 миллиардов тонн условного топлива в год, а наиболее эффективными направлениями являются солнечная и ветровая энергетика.

Солнечная энергия считается крупнейшим возобновляемым источником энергии. Земля получает примерно  $3,9 \cdot 10^{24}$  Дж =  $1,08 \cdot 10^{19}$  кВт·ч солнечной радиации в год. Это в 10 000 раз превышает ежегодные потребности человечества в энергии и превосходит мировые запасы углеводородного и ядерного топлива. Климатические и географические условия Туркменистана особенно подходят для широкого использования возобновляемых источников энергии. Продолжительность солнечного сияния в Туркменистане составляет 2768–3081 час в год. По оценкам, потенциал солнечной энергии составляет 1,4 миллиарда тонн условного топлива в год.

В данной научной статье рассматриваются методы использования солнечной энергии – одного из наиболее эффективных видов возобновляемых источников энергии – для горячего водоснабжения Государственного энергетического института Туркменистана.

В настоящее время горячее водоснабжение комплекса зданий Государственного энергетического института Туркменистана обеспечивается тремя водогрейными котлами Ferrolì PRENTHERM RSW немецкого производства. Эти водонагреватели работают на природном газе и эксплуатируются сезонно в течение года.

Например, осенью и зимой используются два котла, а весной и летом – один котел. По полученным данным, два водогрейных котла потребляют до 200 м<sup>3</sup> природного газа за 1 час для нагрева воды от холодной до 85° С. Затем горячую воду температурой 85° С направляют в учебные корпуса и общежития. Температура воды, поступающей из построек, составляет 75° С. Установлено, что на нагрев от 75° С до 85° С в установившемся режиме за 1 час расходуется 56 м<sup>3</sup> природного газа. Масса 1 часа потребления природного газа определяется по следующей формуле

$$m = V \cdot \rho = 56 \text{ м}^3 \cdot 0,85 \text{ кг/м}^3 = 47,6 \text{ кг},$$

где  $\rho$  – плотность природного газа,  $\rho = 0,85 \text{ кг/м}^3$ .

Теплотворная способность газа определяется по следующей формуле

$$Q_{\text{г}} = 4,4 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг} \cdot 47,6 \text{ кг} = 209,44 \cdot 10^7 \text{ Дж}.$$

В нашем институте планируется установить солнечный водонагреватель с целью снижения воздействия вредных газов, выбрасываемых в окружающую среду при сжигании природного газа, а также экономии топлива.

### **Солнечные водонагреватели**

Преобразование солнечной энергии в тепловую происходит за счет поглощения атомами в материале электромагнитного излучения. При этом энергия излучения переходит в кинетическую энергию атомов и молекул, что приводит к нагреву материала. Основным элементом солнечной системы отопления является коллектор. В нем солнечная энергия поглощается и передается теплоносителю (жидкости). Коллекторы бывают разных типов, но все они поглощают как

прямое, так и рассеянное излучение, что позволяет им работать даже в пасмурную погоду. Данный коллектор, учитывая его доступность, способен нагревать жидкости до 100 °С.

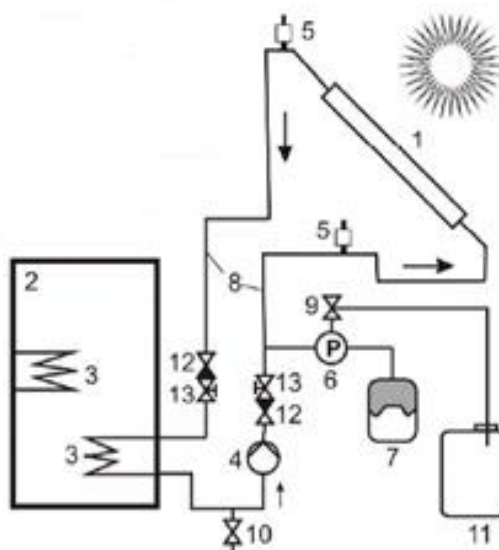
*Теплоноситель.* В качестве теплоносителя для солнечного теплового коллектора можно использовать воду, смесь воды с антифризом или смесь солей. Теплоноситель должен отвечать следующим требованиям: коэффициент теплопередачи должен быть высоким, коэффициент трения – низким, он должен быть безвредным, не вызывать коррозию труб системы (см. таблицу).

Таблица – Особенности теплоносителей

	температура заморозания (°С)	50°С-теплопроводность Вт (м·°С)	50°С-тепловая емкость (Дж (кг·°С))	Кинематическая устойчивость 20°С ( $\frac{mm^2}{s}$ )
Вода	0	0,64	4180	1004
Вода гликолевая (60 %/40 %)	-27	0,44	3850	4,3

В данной научной статье предлагается снизить воздействие вредных газов, выбрасываемых в окружающую среду, и сэкономить природный газ путем установки солнечных водонагревательных устройств вместо водонагревательных котлов Государственного энергетического института Туркменистана .

Схема структуры, предложенной в этой статье, показана на рисунке 1.



1 – солнечный коллектор; 2 – бак-аккумулятор; 3 – теплообменник; 4 – насос; 5 – воздушный эжектор; 6 – манометр; 7 – расширительный бак; 8 – водопроводные трубы; 9 – предохранительный клапан; 10 – сливной вентиль; 11 – запорный кран; 12 – обратный клапан; 13 – шаровой клапан

**Рисунок 1 – Схема солнечной установки для горячего водоснабжения**

Схема предлагаемой конструкции реализуется в следующей последовательности.

Солнечный коллектор (1) является основной частью гелиоустановки, обеспечивающей преобразование солнечной энергии в тепловую. Выработанное в солнечном коллекторе тепло передается в бак-аккумулятор (2) с теплоносителями (вода, антифриз) по тепловым трубам (8), и тепловая энергия аккумулируется в баке-аккумуляторе, обеспечивая нагрев водяного

теплообменника (3). В солнечном контуре для привода теплообменников используются насосы (4), которые устанавливаются перед входом рабочего устройства в солнечный коллектор. Затем устанавливается воздушный эжектор (5) для удаления воздуха из солнечного коллектора.

Для измерения давления в солнечном коллекторе предусмотрен манометр (6). Необходимо учитывать возможность образования паров в расширительном баке (7) солнечного коллектора. Рекомендуется использовать коррозионностойкие, прочные медные водопроводные трубы (8) с хорошей устойчивостью к высоким температурам. Для предотвращения повреждений предохранительный клапан (9) должен автоматически открываться, когда давление в контуре солнечной батареи достигает критического уровня. В солнечном коллекторе сливной вентиль (10) расположен в нижней части солнечного контура. Солнечный контур заполняется и опорожняется через этот вентиль. При заполнении и опорожнении солнечного контура вентиляционное отверстие должно находиться в открытом положении, чтобы обеспечить выход воздуха. В солнечном контуре повышается давление, которое сначала ощущает расширительный бак, сбрасывающий давление, но если давление превышает критический уровень (обычно 4–6 бар для горячего водоснабжения), открывается предохранительный клапан, и теплоноситель – жидкость или газ – выходит через него в сборную емкость (11). Обратный клапан (12) ограничивает движение теплообменника только в одном направлении. Естественный цикл может происходить ночью в заряженном аккумуляторе солнечного контура. За счет энергии, накопленной в баке-аккумуляторе, теплоноситель нагревается и стремится вверх. Энергия проходит через солнечный коллектор и рассеивается в окружающую среду за счет излучения, теплопроводности и конвекции, так что ночью батарея разряжается за счет естественной циркуляции. Для устранения таких потерь тепла используется обратный клапан, который предотвращает поток теплоносителя только в одном направлении. Шаровой клапан (13) позволяет проводить обслуживание компонентов, расположенных между шаровыми клапанами, без отключения солнечной установки.

Экспериментальная установка состоит из описанной выше воспринимающей панели (1), водопроводящих резиновых трубок (2), соединяющих панель с бачком (3), расположенным вверху над панелью (рисунок 2). Вода, благодаря нагреву ее в каналах панели и, следовательно, уменьшению плотности, движется вверх по этим каналам, попадает в бачок, а новые порции более холодной воды из бачка попадают в нижний штуцер панели. В центре объема бачка расположена термопара Т-1 (4), у входного штуцера панели установлена термопара Т-3 (5), а у выходного штуцера панели установлена термопара Т-2 (6).

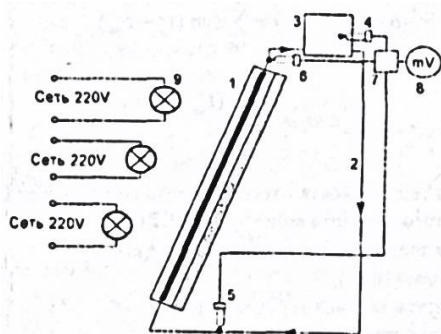


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

Термопары Т-1, Т-2, Т-3 (хромель-копель) подходят к переключателю (7) и подключаются к измерительному прибору (8) поочередно. В качестве имитатора солнечного излучения используются лампы с отражателями (9), комбинация включения которых задается преподавателем (система подключения ламп может быть снабжена измерителями для определения мощности излучателей).

В данной исследовании проводится путем расчета [3] коэффициента полезного действия при установке солнечных водонагревателей вместо водогрейных котлов.

КПД солнечного водонагревателя определяется по формуле

$$\eta_{\text{СВП}} = \frac{Q_{\text{СВП}}}{Q_{\text{изл}}} \cdot 100\% = \frac{3,6}{4,8} \cdot 100\% = 75\%,$$

где  $\eta_{\text{СВП}}$  – коэффициент полезного действия (КПД) СВП;  $Q_{\text{В}}$  – количество тепла, которое водонагреватель получает с помощью солнца;  $Q_{\text{изл}}$  – количество тепла, полученного при испарении.

Солнечный водонагреватель количество поглощенного тепла определяют следующим образом

$$Q_{\text{СВП}} = Q_{\text{В}} + Q_{\text{к}},$$

где  $Q_{\text{В}}$  – количество тепла, воспринятого водой;  $Q_{\text{к}}$  – количество тепла, воспринятого элементами конструкции СВП соприкасающихся с водой (для реально используемых СВП, имеющих бак-накопитель, объем которого многократно превышает объем воспринимающих панелей, работающих в установившемся режиме в течение светового дня, величиной  $Q_{\text{к}}$  можно пренебречь).

$Q_{\text{к}}$  определяется путем наливания в устройства определенного количества воды при определенной температуре и вычисления температурного баланса  $\Delta Q_{\text{В}} = Q_{\text{к}}$  системы.

$$\sum_{i=1}^A C_{\text{В}} m_{\text{В}} = C_{\text{В}} m_{\text{В}} \cdot \frac{(t_{\text{зэл}} - t_{\text{р}})}{(t_{\text{р}} - t_{\text{нач}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(50 - 35,5)}{(35,5 - 20)} = 39,168 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$\sum_{i=1}^A C_i m_i = C_{\text{В}} m_{\text{В}} \cdot \frac{(t_{\text{зэл}} - t_{\text{р}})}{(t_{\text{р}} - t_{\text{нач}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(55 - 38,5)}{(38,5 - 21)} = 39,477 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$\sum_{i=1}^A C_i m_i = C_{\text{В}} m_{\text{В}} \cdot \frac{(t_{\text{зэл}} - t_{\text{р}})}{(t_{\text{р}} - t_{\text{нач}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(60 - 41,6)}{(41,6 - 22)} = 39,306 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$\sum_{i=1}^A C_i m_i = C_{\text{В}} m_{\text{В}} \cdot \frac{(t_{\text{зэл}} - t_{\text{р}})}{(t_{\text{р}} - t_{\text{нач}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(70 - 47,2)}{(47,2 - 23)} = 39,447 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$\sum_{i=1}^A C_i m_i = C_{\text{В}} m_{\text{В}} \cdot \frac{(t_{\text{зэл}} - t_{\text{р}})}{(t_{\text{р}} - t_{\text{нач}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(80 - 52,9)}{(52,9 - 24)} = 39,262 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$\sum_{i=1}^A C_i m_i = C_{\text{В}} m_{\text{В}} \cdot \frac{(t_{\text{зэл}} - t_{\text{р}})}{(t_{\text{р}} - t_{\text{нач}})} = 4187 \cdot 10 \cdot \frac{(90 - 58,5)}{(58,5 - 25)} = 39,370 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

где -- удельное тепловое давление  $i$ -го элемента солнечного водонагревателя,  $\text{кДж/кг}$ ;  $m_i$  -- масса  $i$ -го элемента солнечного водонагревателя,  $\text{кг}$ ;  $C_B$  -- удельное тепловое давление воды  $\frac{4187\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$ .  $M_B$  -- Масса воды,  $10\text{кг}$ ;  $t_{\text{зал}}$  -- температура переливаемой воды,  $^{\circ}\text{C}$ .  $t_p$  -- равновесная температура,  $^{\circ}\text{C}$ .  $t_{\text{нач}}$  -- начальная температура,  $^{\circ}\text{C}$ .

$\sum_{i=1}^k c_i m_i$  -- значение установлено заранее и равно  $39,321 \text{ кДж/кг}$

$$\Delta T = t_{\text{кон.ср}} - t_{\text{нач.ср}} = 67,5 - 22,5 = 45^{\circ}\text{C};$$

$$Q_B = C_B m_B (t_{\text{кон.ср}} - t_{\text{нач.ср}}) = 4187 \cdot 10 \cdot (67,5 - 22,5) = 1884,1;$$

$$Q_K = \sum_{i=1}^k c_i m_i \cdot \Delta t = 39,321 \cdot 45 = 1769,4.$$

Соответственно,  $Q_{\text{GSG}}$  можно определить следующим образом.

$$Q_{\text{СВП}} = (C_B m_B + c_i m_i \cdot (t_{\text{кон.ср}} - t_{\text{нач.ср}})) = (4187 \cdot 10 + 39,321 \cdot (67,5 - 22,5)) = (41870 + 39,321) \cdot 45 = 3,6 \text{ М.Дж.}$$

$\eta_{\text{сöһ}}$  -- если известно --  $Q_{\text{сöһ}}$  можно определить по приведенной ниже формуле

$$Q_{\text{изл}} = \eta_{\text{изл}} \cdot N \cdot \tau_i = 0,89 \cdot 1500 \cdot 3600 = 4806000 = 4,8 \text{ М.Дж,}$$

где  $N = 3$  -- электрическая мощность излучения  $500 \text{ Вт}$  ( $500 \cdot 3$ );  $\eta_{\text{изл}}$  -- КПД отражателя;  $\tau_i$  -- время выполнения задачи.

$\eta_{\text{изл}}$  -- можно определить по следующей формуле

$$\eta_{\text{изл}} = \frac{\Phi_{\text{изл}}}{N} \cdot 100\% = \frac{1340}{1500} \cdot 100\% = 89\%.$$

### Ожидаемые результаты

1. Будет сэкономлено до  $200 \text{ м}^3$  природного газа, используемого за 1 час для нагрева воды до  $85^{\circ}\text{C}$  в холодном состоянии двумя водонагревательными котлами Государственного энергетического института Туркменистана.

2. Установка солнечных водонагревателей позволит снизить воздействие вредных газов, выбрасываемых в окружающую среду.

3. Широкое использование возможностей цифровой экономики в энергетике, внедрение цифровых технологий, обеспечивающих охрану здоровья человека, внедрение энергосберегающих и экологически чистых цифровых технологий приведет к созданию новых производственных мощностей и повышению экономического и экспортного потенциала страны.

### Список цитированных источников

1. Государственная программа энергосбережения на 2018–2024 годы. – Ашхбад : ТГИС. – 2018.
2. Данатарова, М. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики = Adaty däl we gaýtadan dikeldilýän energiýanyň nazary esaslary : учебник для вузов / М. Данатарова, М. Сарыев, Ш. Аллакульев. – Ашхабад : Ýlym. – 2020.
3. Сухоцкий, А. Б. Вторичные источники энергии. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб.-методич. пособие / А. Б. Сухоцкий. – Минск : БГТУ, 2012. – 92 с.

### References

1. «Gosudarstvennaja programma jenergosberezhenija na 2018–2024 gody». A: TGIS, 2018.
2. Danatarova M., Saryev M., Sh. Allakul'ev «Teoreticheskie osnovy netradicionnoj i vobnovljaemoj jenergetiki (Adaty däl we gaýtadan dikeldilýän energiýanyň nazary esaslary)» uchebnik dlja vuzov. Ashhabad. Izdatel'stvo «Ýlym» 2020.
3. Suhockij, A. B. Vtorichnye istochniki jenerгии. Netradicionnye i vobnovljaemye istochniki jenerгии. – Minsk, 2012.