

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОСНОВАННОЙ НА ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

На основе математических моделей тепловых процессов, происходящих в СВК, а также при учете климатических параметров для различных его местоположений были созданы расчетные программы для подбора наиболее оптимальных для потребителя элементов СВК. Программы позволяют также предварительно определить в виде предполагаемых суточных изменений тепловой эффективности СВК, спроектированных для отопительных систем.

Ключевые слова: солнечные коллекторы, оптические потери, солнечная энергия, излучения, температура, отопительная система, математический модель.

A. Satyvaldiev – c. t. s., associate professor of OshtU,
N.E. Kylychova - senior lecturer at OshtU

THEORETICAL STUDY THERMAL CHARACTERISTICS OF HEATING SYSTEMS BASED ON SOLAR AIR-COLLECTORS

On the bases of mathematical models of the processes taking places in the SHC as well as taking into account the climatic parameters for its various locations have been created calculation programs for the selection on the most appropriate for the SHC. The program also allows pre-define a prospective daily changes in the thermal efficiency of the SHC, designed for the heating.

Key words: Solar collectors, optical losses, solar energy, radiation, temperature, heating system, mathematical model

Эффективность солнечного воздухонагревательного коллектора определяется балансом энергии в ней. При этом лучистая энергия, падающая на коллектор, приравнивается сумме оптических потерь приемника и поглощаемой энергии [1,2]. Запишем уравнение баланса энергии солнечного воздухонагревательного коллектора

$$Q_{\text{пад}} = Q_{\text{опт}} + Q_{\text{погл}} \quad (1)$$

где $Q_{\text{пад}}$ – лучистая энергия падающая на приемник коллектора, Вт; $Q_{\text{опт}}$ – оптические потери, Вт; $Q_{\text{погл}}$ - энергия поглощенная теплоприемником, Вт.

Количество солнечной энергии, поступающей на поверхность коллектора:

$$Q_{\text{пад}} = ES_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где E – суммарное количество солнечной радиации, падающей на наклонную поверхность солнечного коллектора, Вт/м²; $S_{\text{пр}}$ – поток прямой солнечной радиации на поверхность, Вт/м² расположенную под углом i ; $E_{\text{диф}}$ – количество диффузной, солнечной радиации Вт/м²; $F_{\text{пр}}$ – площадь поверхностей тепловоспринимающей панели, м².

Оптические потери теплоприемника $Q_{\text{опт}}$ определяются из соотношения

$$(3)$$

где $c_{\text{опт}}$ - оптическая постоянная коллектора, определяемая по формуле

$$c_{onm} = \tau_c A_s, \quad (4)$$

τ_c - пропускательная способность материала прозрачного покрытия; A_s - поглощательная способность поверхности приемника.

Поглощенная поверхностью теплоприемника часть солнечной радиации преобразуется в тепло, которое идет на компенсацию тепловых потерь установки в окружающую среду связанных с теплопередачей и лучистым теплообменом Q_{nom} , а также получением полезной энергии $Q_{пол}$.

Таким образом, балансовые уравнения для теплоприемника имеют вид

$$Q_{noz} = Q_{пол} + Q_{nom} \quad (5)$$

Суммарные тепловые потери с поверхности теплоприемника

$$Q_{nom} = Q_{mn} + Q_{кон} + Q_{из} \quad (6)$$

здесь Q_{mn} - потери тепла за счет теплопроводности, Вт; $Q_{кон}$ - потеря тепла конвективным путем, Вт; $Q_{из}$ - потеря тепла излучением, Вт.

При этом

$$Q_{mn} = KS_k (T_{mn} - T_o) \quad (7)$$

где K - коэффициент теплопередачи поверхности коллектора, Вт/(м²·К); S_k - площадь теплообменной поверхности КСЭ, м²; T_{mn} , T_o - температуры теплоприемника и окружающей среды, К.

Для определения коэффициента теплопередачи СВК используем формулу, предложенную в [3]:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n}} \quad (8)$$

где δ - толщина стеклянной поверхности, м; λ - коэффициент теплопроводности этой поверхности, Вт/(м²·К); α_n и α_a коэффициенты тепловосприятия и теплоотдачи внутренней и наружной поверхности стеклянных ограждений, Вт/(м²·К).

Конвективные потери с поверхности теплоприемника в окружающую среду определяются по формуле

$$Q_{кон} = \frac{1}{3} l_k h_k \alpha_{c.o} (T_{mn} - T_o) \quad (9)$$

где $l_k h_k$ - поперечное расстояние и высота коллектора, м; $\alpha_{c.o}$ - коэффициент теплоотдачи от стеклянной поверхности в окружающую среду, Вт/(м²·К).

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{c.o}$ в окружающую среду можно рассчитать с помощью полученного Мак – Адамсом соотношения [3]

$$, \quad (10)$$

где v - скорость ветра, м/с.

Лучистые потери от поглощающей поверхности теплоприемника в окружающую среду определяются по формуле

$$(11)$$

где ϵ - степень черноты теплоприемника; F - общая площадь тепловоспринимающей панели, м²; σ - постоянная Стефана-Больцмана, Вт/(м²·К⁴).

Полученная коллектором полезная энергия определяемая из уравнения (5) имеет вид:

$$Q_{пол} = Q_{пог} - Q_{пот}, \quad (12) \quad \text{или} \quad Q_{пол} = Q_{пад} - Q_{онт} - Q_{пот} \quad (13)$$

Таким образом, уравнение теплового баланса солнечного воздухонагревательного коллектора можно представить в виде:

$$Q_{пол} = ES_{пр} - ES_{пр}(1 - c_{онт} \cos \delta) - \left[KF_{к}(T_{mn} - T_o) + \frac{1}{3} l_k h_k \alpha_{c.o}(T_c - T_o) + \varepsilon_{mn} F_{пр} \sigma (T_{mn}^4 - T_o^4) \right]; \quad (14)$$

Все составляющие энергетического баланса в (14), заключенные в скобки, представляют собой тепловые потери теплоприемника за счет собственного излучения, неполного поглощения солнечного излучения, конвекции потерь по элементам конструкции и теплопередачи через стенку коллектора [4-5]:

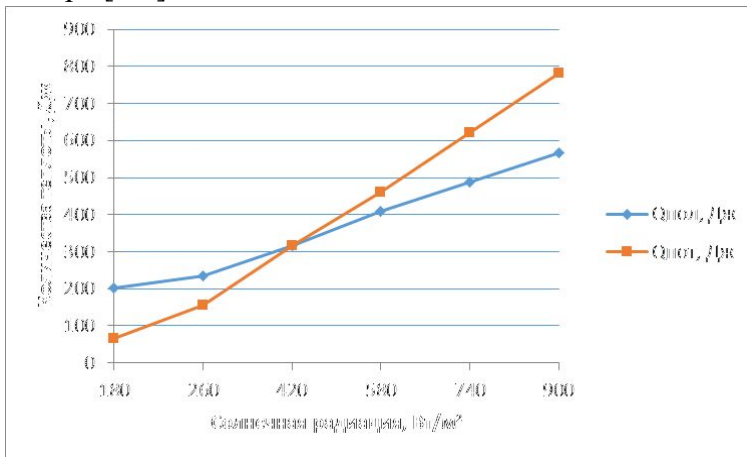


Рис. 1. Зависимость величины $Q_{пол}$ и $Q_{пот}$ СВК от плотности суммарного солнечного излучения при температуре окружающей среды $T_o = 15^{\circ}C$.

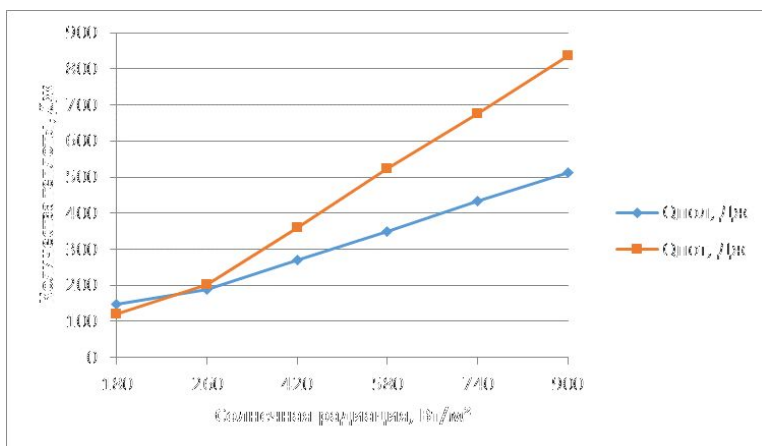


Рис. 2. Зависимость величины $Q_{пол}$ и $Q_{пот}$ СВК от плотности суммарного солнечного излучения при температуре окружающей среды $T_o = 10^\circ\text{C}$.

Результаты вычислений представлены в графическом виде при различных значениях температуры окружающей среды и приведены на рисунках 1-3. Как видно из графика, при увеличении плотности суммарного солнечного излучения в зависимости от температуры окружающей среды величина $Q_{пол}$ уменьшается. Это значит, что с увеличением температуры рабочего воздуха в СВК величина теплотери $Q_{пот}$ возрастает, а $Q_{пол}$ соответственно уменьшается. По нашим данным, значения $Q_{пол}$ СВК в зависимости от температуры в интервале $t=0\div 15^\circ\text{C}$ составляют $Q_{пол} = 124\div 783\text{Дж}$.

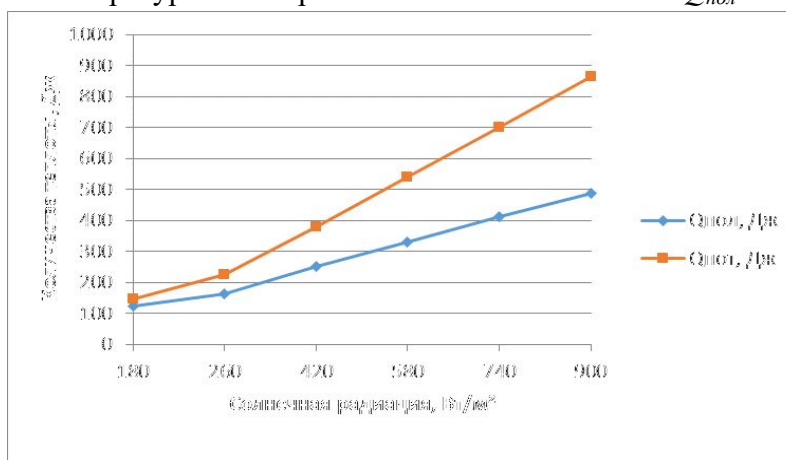


Рис. 3. Зависимость величины $Q_{пол}$ и $Q_{пот}$ СВК от плотности суммарного солнечного излучения при температуре окружающей среды $T_o = 0^\circ\text{C}$.

На основе математических моделей тепловых процессов, происходящих в СВК, а также при учете климатических параметров для различных местоположений были созданы расчетные программы для подбора наиболее оптимальных для потребителя элементов СВК.

Программы позволяют также предварительно определить предполагаемую суточную тепловую эффективность СВК, спроектированных для отопительных систем.

Литература:

1. **Аметистов, Е.В.** Тепло - и массообмен. Теплотехнический справочник / [Текст] / В. А. Григорьев и др. // М.: энергоиздат., 1972. - 512 с.
2. **Исаченко, В.П.** Теплопередача [Текст] / В. А. Осипова, А. С. Сукомел // Москва: Энергия, 1969.
3. **Исманжанов, А.И.** Численное исследование суточного прихода суммарной солнечной радиации на произвольно ориентированную поверхность [Текст] / А. Б. Сатыбалдиев, Т. К. Матисаков. // Наука. Образование. Техника. - Ош, 2008. - №3.
4. **Матисаков, Т.К.** Моделирование и программная реализация расчета теплотехнических характеристик солнечно-водонагревательных коллекторов и установок / Наука и новые технологии [Текст] Бишкек, 2010. - №3. - С. 43– 44.
5. **Матисаков, Т.К.** Теоретическое исследование теплофизических характеристик солнечно-водонагревательных коллекторов на основе математического моделирование / Наука и новые технологии / [Текст] Бишкек, 2010. - №3. - С. 23 – 25.