УДК 621.472:662.997

Ф.Ф.МАМЕДОВ, к.т.н., доцент (АГНА)
Научный руководитель: Т.Ш. САЛАВАТОВ, академик РАЕН, член-корр. НАНА, д.т.н., профессор, зав. кафедрой (АГНА)
г. Баку, Азербайджан

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Для максимального поглощения солнечных лучей, абсорбер солнечного коллектора должен быть оптимально ориентирован за все время его использования, чтобы он получал наибольшую суммарную энергию Солнца. Известно что, абсорбер даже с селективной поверхностью не имеет полного поглощения солнечных лучей. Таким образом, плотность потока солнечной энергии, поступающего на поверхность абсорбера солнечного коллектора, можно определить по формуле [1]:

$$S_k = \sum [S_n \cos\alpha \cos(\gamma_c - \gamma) \sin\beta + S_s \cos\beta]. \quad (1)$$

Здесь: S_k - плотность потока солнечной энергии, поступающего на поверхность абсорбера солнечного коллектора с параметрами ориентации γ и β, Вт/м^2;

S_n - плотность потока солнечной энергии на перпендикулярную к нему площадку, Вт/м^2;

α - средний угол Солнца над горизонтом, град;

γ_c - средний азимут Солнца, град.

S_s - плотность потока солнечной энергии, достигающий на горизонтальной поверхности Земли Вт/м^2.

Для определения S_n можно использовать данные метеорологических станций. Поэтому, величину S_n можно выразить через S_s [2, 3]:

$$S_n = \frac{S_s}{\sin\alpha}. \quad (2)$$

Тогда, S_k - можно написать в следующем виде:

$$S_k = \sum S_n [\cos\alpha \cos(\gamma_c - \gamma) \sin\beta + S_s \cos\beta]. \quad (3)$$

Обычно, солнечные коллекторы устанавливаются наклонно в зависимости от широты местности. Поэтому, поток суммарной солнечной энергии на наклонную поверхность может быть выражен формулой [4]:

$$\bar{E}_\alpha = \bar{E}_\perp \cdot \cos i + E_d. \quad (4)$$

Здесь: i - угол падения солнечной энергии на поверхность склона коллектора. Следовательно, $\cos i$ выражается следующим образом:

$$\cos i = \cos\alpha \cdot \sinh_{\square} + \sin\alpha \cdot \cosh_{\square} \cdot \cos\psi. \quad (5)$$

Здесь: α - угол наклона поверхности к горизонту, $h_{\square}$ - высота Солнца для конкретного места и времени, $\psi = \psi_{\square} - \phi_n$, где $\psi_{\square}$ и ϕ_n - азимуты Солнца и проекции нормали к склону на горизонтальную поверхность, отсчитываемые от плоскости меридиана, причем азимуты считаются положительными при отсчете в направлении часовой стрелки.

Высоту и азимут Солнца можно определить следующим соотношением:

$$\sinh_{\square} = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\Omega \ . \qquad (6)$$

Отсюда следует, что:

$$\cos\psi_{\square} = \frac{\cosh_{\square} \sin\varphi - \sin\delta}{\sinh_{\square} \cos\varphi};$$

$$\sin\phi_n = \frac{\cos\delta \cdot \cos\Omega}{\cosh_{\square}} \ . \qquad (7)$$

Здесь: φ - широта местности; δ - склонение Солнца; Ω - часовой угол Солнца в данный момент времени, отсчитываемый от истинного полудня (считается положительным при отсчете в направлении часовой стрелки).

Кроме того, суммируя эти падающие на наклонную поверхность поток прямой, рассеянной и альбедо радиации, можно определить суммарную солнечную радиацию для любого момента времени по формуле:

$$\bar{E}_{\alpha} = \bar{E}_{\perp} \cdot \cos i + \bar{E}_d \frac{1+\cos\alpha}{2} + (\bar{E}_{\perp} + \bar{E}_d) \frac{(1-\cos\alpha)\rho}{2}, \qquad (8)$$

где ρ - значение альбедо радиации, которое принимается равным 0,2 при отсутствии снега и 0,7 при наличии снежного покрова.

Коэффициент R, определяемый как эффективное соотношение потоков солнечной радиации на наклонной и горизонтальной поверхностях, вычисляется следующим образом:

$$R = \frac{\bar{E}_{\alpha}}{\bar{E}} = (1-\bar{K}')\cos i + \bar{K}' \frac{1+\cos\alpha}{2} + \frac{(1-\cos\alpha)\rho}{2}. \qquad (9)$$

Данная методика даёт возможность рассчитать поток солнечной энергии, падающий на солнечный коллектор. Более того, для повышения эффективности и получения максимальной КПД на солнечном коллекторе надо учесть коэффициент пропускания солнечной энергии через стеклянную поверхность [5]. Отсюда следует, что общий коэффициент вхождения прямой солнечной радиации внутрь солнечного коллектора и полезное поглощение солнечной энергии в коллекторе определяется таким образом [6]:

$$K_{\perp}^{\text{эф}} = K_к \cdot K_{п.г} \cdot K_{п.с}. \qquad (10)$$

Здесь: $K_к$ - коэффициент пропускания солнечной энергии корпуса коллектора; $K_{п.г}$ - коэффициент пропускания солнечной энергии сквозь

грязь и пыль на стеклах; $K_{n.c}$ - коэффициент пропускания солнечной энергии стеклами.

Коэффициент пропускания солнечной энергии стеклами находится в пределах от 0,4 до 0,96. Это обычно зависит от качества и числа слоев стекла на коллекторе.

Следовательно, коэффициент пропускания солнечной энергии можно найти по формуле:

$$\tau = \tau_r \cdot \tau_\alpha \ . \tag{11}$$

Здесь:

$$\tau_r = \frac{1-\rho}{1+(2n-1)\rho}; \tag{12}$$

$$\tau_\alpha = e^{-kl}, \tag{13}$$

где ρ - отражательная способность стекла, n - количество стекол (одинарный или двойной слой), k - коэффициент ослабления солнечной энергии в стекле, l - фактическая длина пути излучения в среде.

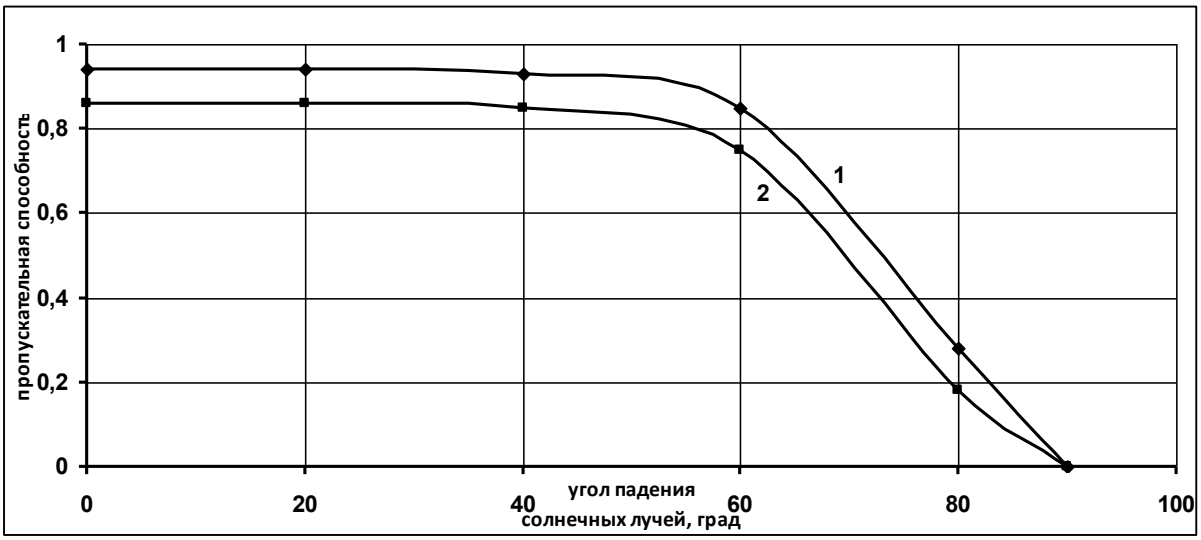

Рис. 1. Зависимость коэффициента пропускания
от угла падения солнечных лучей через стекольные слои:
1 – одинарные; 2 – двойные

На рисунке приведены зависимости пропускной способности стекла от угла падения солнечных лучей для плоских солнечных коллекторов, рассчитанные с помощью уравнения (11) и подтвержденные натурными экспериментами.

Выводы:

В результате расчетов и экспериментов получены следующие параметры ориентации солнечного коллектора:

– азимутный угол плоского солнечного коллектора должен составлять -13,6 град., т.е. солнечный коллектор должен быть повернут на 13,6 град. на юго-восток;

– угол наклона плоского солнечного коллектора к горизонтальной поверхности должен составлять 40,4 град.

Список литературы:

1. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

2. Умаров Г.Я., Алимов А.К., Абдуазизов А.А. Исследование параболоцилиндрического концентратора солнечной энергии из молированных стекол // Гелиотехника. – 1976. – №6. – с. 52–53.

3. Девис А., Шуберт Р. Альтернативные природные источники энергии в строительном проектировании. Перевод с анг. А.С. Гусева. Под ред. Э. В. Сарнацкого. – М.: Стройиздат, 1983. – 190 с.

4. Байрамов Р.Б., Ушакова А.Д. Солнечные водонагревательные установки. – Ылым, 1987. – 168 с.

5. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

6. Мамедов Ф.Ф. Использование солнечной энергии в Азербайджане и современные солнечные энергетические установки. – Баку: «Прогресс» 2011. – 204 с.