

М. М. АБДИБАТТАЕВА, Т. К. АХМЕДЖАНОВ, Ж. У. ЖУБАНДЫКОВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПУСКАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОБОЛОЧЕК ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Тепловой режим солнечных коллекторов с теплоприемниками любой формы, в том числе и цилиндрической, в основном формируется под влиянием двух факторов: притоком прямой солнечной радиации и тепловыми потерями через их светопрозрачные покрытия (оболочки) [1].

Исследованиям по разработке достоверных методов расчета коэффициента пропускания прямой солнечной радиации светопрозрачных оболочек, имеющих цилиндрическую форму, не уделено должного внимания.

Это объясняется сложностью физической картины процесса взаимодействия прямой солнечной радиации с поверхностью светопрозрачных оболочек рассматриваемой формы. Коэффициентом пропускания прямой солнечной радиации светопрозрачных оболочек любой формы является функции угла падения солнечного излучения на поверхность.

Особенностью светопрозрачных оболочек цилиндрической формы является то, что значение угла падения прямого солнечного излучения на их лучевоспринимающие поверхности в заданный момент времени зависит от координат точек на их поверхности. При этом сложной становится закономерность формирования дневного хода коэффициента пропускания прямой солнечной радиации в связи с изменением координат Солнца в течении светового дня относительно координат точек на их поверхности, на которые падают лучи.

Нами был использован в качестве светопрозрачной оболочки солнечного концентратора полиэтиленовые емкости, имеющие цилиндрическую форму. Емкость заполнили маслом, у которых показатель преломления выше воды, тем самым фокусировка солнечных лучей в такой среде улучшается.

Локальные значения по облучаемой прямой солнечной радиации части поверхности значения коэффициента пропускания светопрозрачных оболочек цилиндрической формы может быть определено:

$$\tau = \frac{(1-\rho)^2 \cdot e^{\frac{kd}{\cos r}}}{1-\rho^2 \cdot e^{\frac{kd}{\cos r}}}, \quad (1)$$

где ρ и α – локальный коэффициент отражения и поглощения прямой солнечного излучения в процессе его прохождения через рассматриваемую полосу светопрозрачной оболочки; k – коэффициент, учитывающий ослабление прямого солнечного излучения в процессе прохождения через рассматриваемую полосу светопрозрачной оболочки толщиной d ; r – локальный угол преломления прямого солнечного излучения в процессе прохождения через данную полосу.

В целях уменьшения объема вычисления, предлагается пользоваться среднеинтегральным значением угла падения прямого солнечного излучения на их поверхности:

$$\overline{\cos i} = \frac{\int_{F_{\text{обл}}}^{F_{\text{сп}}} \cos i \cdot dF}{\int_{F_{\text{обл}}}^{F_{\text{сп}}} dF}, \quad (2)$$

откуда

$$\bar{i} = \arccos \left(\frac{\int_{F_{\text{обл}}}^{F_{\text{сп}}} \cos i \cdot dF}{\int_{F_{\text{обл}}}^{F_{\text{сп}}} dF} \right). \quad (3)$$

Границы интегрирования (2) и (3) определяются из условия $i \leq 90^\circ$.

Пользуясь законом Снеллиуса для среднеинтегральных значений углов падения (\bar{i}) и преломления (\bar{r}) прямого солнечного излучения на границах двух сред вместо локальных, т.е.

$$\frac{\sin \bar{i}}{\sin \bar{r}} = n, \quad (4)$$

определим среднеинтегральное значение угла преломления прямого солнечного излучения в процессе его прохождения через рассматриваемую светопрозрачную оболочку

$$\bar{r} = \arcsin \left(\frac{\sin \bar{i}}{n} \right), \quad (5)$$

где n – относительный коэффициент прямого солнечного излучения материала светопрозрачной оболочки, например, полиэтиленовой пленки.

Подставляя значения \bar{i} и \bar{r} соответственно в формулы Френеля и Бугера, определим среднеинтегральные значения коэффициентов отражения ($\bar{\rho}$) и поглощения ($\bar{\alpha}$) прямого солнечного излучения в процессе прохождения через рассматриваемую оболочку, т.е.

$$\bar{\rho} = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\bar{r} - \bar{i})}{\sin^2(\bar{r} + \bar{i})} + \frac{tg^2(\bar{r} + \bar{i})}{tg^2(\bar{r} - \bar{i})} \right], \quad (6)$$

$$\bar{\alpha} = 1 - e^{-\frac{kd}{\cos \bar{r}}}. \quad (7)$$

Далее, заменяя локальные значения ρ и α в выражении (1) на их соответствующие среднеинтегральные значения, определяемые по формулам (6) и (7), получим

$$\bar{\tau}_{np} = \frac{(1 - \bar{\rho})^2 \cdot e^{-\frac{kd}{\cos \bar{r}}}}{1 - \bar{\rho}^2 \cdot e^{-\frac{2kd}{\cos \bar{r}}}}. \quad (8)$$

Достоверность предложенной методики, т.е. возможность замены локальных значений i, r, ρ и α при определении по фактически облучаемой прямой солнечной радиацией части боковой поверхности среднего значения коэффициента светопропускания светопрозрачных оболочек цилиндрических форм, проверяется следующим образом.

Среднеарифметическое по облучаемой прямой солнечной радиацией части поверхности светопрозрачных оболочек любой формы значение коэффициента пропускания (τ_{np}) в заданный момент времени определяется из отношения потока прошедшей через рассматриваемые оболочки прямой солнечной радиации ($Q_{прои}^{np}$) к потоку падающей на их облучаемую фронтальную поверхность прямой солнечной радиации, т.е.

$$\bar{\tau}_{np} = \frac{Q_{прои}^{np}}{Q_{пад}^{np}}. \quad (9)$$

Значение $Q_{прои}^{np}$ и $Q_{пад}^{np}$ при этом складыва-

ются из соответствующих локальных значений потоков $Q_{прои}^{np}$ и $Q_{пад}^{np}$, т.е.

$$Q_{прои}^{np} = \sum_{j=1}^N Q_{прои}^{np}, \quad (10)$$

$$Q_{пад}^{np} = \sum_{j=1}^N Q_{пад}^{np}, \quad (11)$$

которые в свою очередь равны

$$Q_{прои}^{np} = (\tau_{np} q_{\perp} F_{обл}^{np} \cos i)_j, \quad (12)$$

$$Q_{пад}^{np} = (q_{\perp} F_{обл}^{np} \cos i)_j, \quad (13)$$

где q_{\perp} – поверхностная плотность потока прямой солнечной радиации на нормальную к солнечным лучам поверхность.

Подставляя (12) и (13) соответственно в (10) и (11), а затем полученное в отношение (9), с учетом, что значение q_{\perp} не зависит от координат точек на боковой поверхности полуцилиндрической светопрозрачной оболочки и $F_{обл}^{np}$ одинаково по всей боковой поверхности рассматриваемой оболочки, имеем

$$\bar{\tau}_{np} = \frac{\sum (\tau_{np} \cdot \cos i)_j}{\sum (\cos i)_j}, \quad (14)$$

где N и j – соответственно, число и текущий номер элементарных полосок на боковой поверхности полуцилиндрической оболочки.

Как показывают результаты расчетов, при $N=180$, т.е. при разбиении облучаемой прямой солнечной радиацией части боковой поверхности цилиндрической оболочки на 180 элементарных полосок, каждая из которых имеет ширину $\frac{\pi R}{180}$ (R – радиус цилиндра), значения $\bar{\tau}_{np}$, определенные по формулам (8) и (14), отличаются лишь на 0,5%. Однако, расчет по формуле (14) при этом требует времени в 180 раз больше, чем по формуле (8).

Таким образом, можно сделать вывод, что приведенная методика определения коэффициента пропускания солнечной радиации светопрозрачных оболочек цилиндрической формы через

среднеинтегральные значения по облучаемой прямой солнечной радиации части поверхности, уменьшает объем вычислений и является более точной.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авезов Р.Р. (мл.), Авезова Н.Р.* Коэффициент пропускания прямой солнечной радиации светопрозрачных оболочек цилиндрической формы // Гелиотехника. 2002. №5.
2. *Авезова Н.Р.* Расчет среднеинтегрального угла падения прямой солнечной радиации на поверхность полусферических теплоприемников // Гелиотехника. 1999. №5.
3. *Попель О.С., Фрид С.Е., Альварес Герра М.* К расчету поступления солнечной радиации на земную поверхность // Гелиотехника. 1986. №1.
4. *Авезов Р.Р. (мл.), Авезова Н.Р.* Коэффициент пропускания прямой солнечной радиации светопрозрачных оболочек сферической формы // Гелиотехника. 2002. №3.

5. *Дибиров М.Г., Махмудов И.С.* К определению суммарной солнечной радиации расчетным способом // Гелиотехника. 1982. №3.

Резюме

Беткі бөлігінің тура күн радиациясымен сәулеленуі бойынша оқшау және орташа интегралды мәндері арқылы цилиндр формалы жарық мөлдірлеткіш қабықшасының күн радиациясын өткізу коэффициентін анықтау әдістемесі келтірілген.

Summary

The procedure that define the passing-through coefficients of the solar radiation from the translucent tubular shells by way of local and med - integrated values via direct exposed solar over ground radiation.

УДК 666.97.035.51

КазНТУ им. К. И Сатпаева

Поступила 2.10.07г.