

## INFLUENCE OF AN INTERNAL HEAT SOURCE ON THE TEMPERATURE FIELD OF FLAT SOLAR INSTALLATIONS

Umarjanova Feruza Sharafutdinovna, Damirov Davron Bakhodir ugli, Kosberganov Asilbek  
Zhusipbai ugli  
Tashkent State Technical University

**Abstract:** The results of studies on the calculation of the temperature field and heat fluxes through the translucent coatings of flat solar installations and the proposal of the corresponding expressions for determining their values are given.

**Key words:** solar radiation, translucent coating; heat.

## ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННЕГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК

Умарджанова Феруза Шарафутдиновна, Дамиров Даврон Баходир угли, Косберганов Асилбек  
Жусипбай угли  
Ташкентский государственный технический университет

**Аннотация:** Приведены результаты исследований по расчету температурного поля и потоков тепла через светопрозрачные покрытия плоских солнечных установок и предложение соответствующие выражения по определению их значений.

**Ключевые слова:** солнечное излучение, светопрозрачное покрытие; тепла.

Плоские солнечные установки (солнечные водо- и воздухонагревательные коллекторы) являются наиболее распространенными типичными техническими средствами для преобразования энергии солнечного излучения в низкопотенциальное тепло, которое может быть использовано для полного или частичного покрытия тепловых нужд потребителей тепла такого же температурного потенциала.

Роль светопрозрачного покрытия заключается в создании и усилении внутри корпуса коллектора парникового эффекта, т.е. как можно меньше препятствовать доступу солнечного излучения к лицевой поверхности зачерненной пластины и минимизировать сквозные лучистые тепловые потери последней. Теплоизолированное дно и боковые стенки корпуса уменьшают кондуктивно-конвективные тепловые потери пластины в окружающую среду.

Физическая картина процессов формирования температурного поля и теплопередачи через светопрозрачные покрытия плоских солнечных установок несколько отличаются, чем у традиционных плоских стенок, которая широко освещена в курсах теплопередачи [1]. Так, в результате частичного поглощения и преобразования в тепло солнечного излучения, проходящего через светопрозрачные покрытия в последнем, формируется внутренний источник тепла, мощность которого зависит от оптических свойств материала светопрозрачного покрытия и поверхностной плотности потока солнечного излучения, падающего на его лицевую поверхность.

Плоский солнечный тепловой коллектор состоит из зачерненной пластины (приемника солнечного излучения), уложенный в плоский ящик (корпус) с теплоизолированным дном и боковыми стенками, покрытый сверху светопрозрачным материалом (например, оконным стеклом) (рис.1).

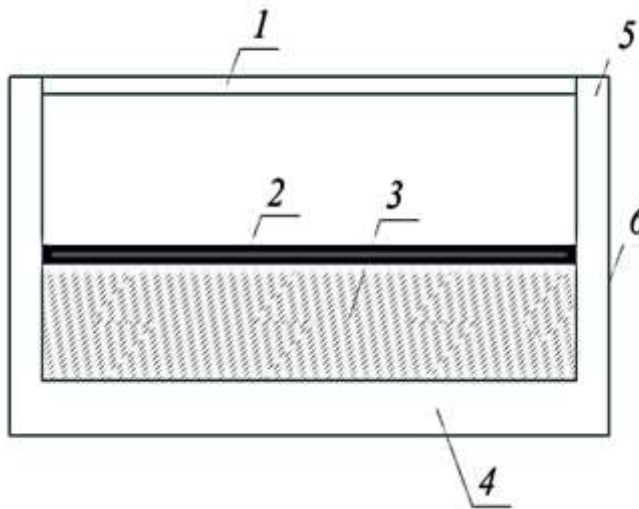


Рис-1.

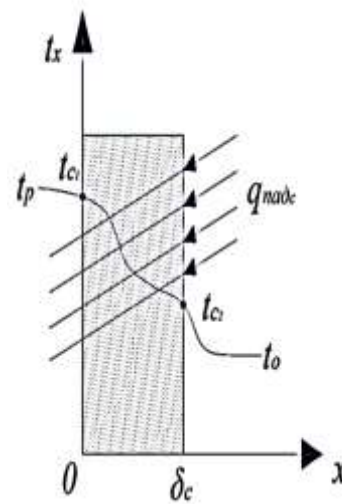


Рис-2.

Рис. 1. Принципиальная схема плоского солнечного теплового коллектора: 1 – светопрозрачное покрытие; 2 – зачерненная пластина; 3 – теплоизоляция дна; 4 – дно; 5 – боковые стенки; 6 – корпус.

Рис. 2. Расчетная тепловая схема для выбора граничных условий к уравнению (1):  $t_p$  и  $t_0$  – соответственно, температуры лицевой поверхности зачерненной пластины и окружающей среды.

В зачерненной пластине происходит поглощение и преобразование в тепло энергии солнечного излучения, прошедшего через светопрозрачное покрытие корпуса коллектора.

Для определения степени влияния внутреннего источника тепла, сформированного в результате частичного поглощения и преобразования в тепло проходящего через светопрозрачные покрытия на температурное поле и теплопередачу через них, пользуемся решением одномерного дифференциального уравнения стационарной теплопроводности второго порядка при наличии в них внутреннего источника тепла, мощность которой экспоненциально распределена по их толщине [1÷3]

$$\frac{d^2 t_x}{dx^2} - \frac{1-\rho_c}{(\delta\lambda)_c} \cdot \left\{ 1 - e^{-\frac{[\beta \cdot (\delta-x)]_c}{\cos r}} \right\} \cdot q_{\text{пад}c} = 0, \quad (1)$$

где  $\rho_c$ ,  $\delta_c$  и  $\lambda_c$  – соответственно, коэффициент отражения солнечного излучения, толщина и коэффициент теплопроводности материала светопрозрачного покрытия;  $\beta_c$  – коэффициент экстинкции (ослабления) материала светопрозрачного покрытия проходящего солнечного излучения;  $r$  – угол преломления солнечного излучения при прохождении через светопрозрачное покрытие;  $q_{\text{пад}c}$  – поверхностная плотность потока солнечного излучения, падающего на лицевую поверхность светопрозрачного покрытия.

Граничными условиями к уравнению (1), в соответствии с рис.2, является

$$\begin{cases} t_x = t_{c_1} & \text{при } x = 0 \\ t_x = t_{c_2} & \text{при } x = \delta_c \end{cases} \quad (2)$$

где  $t_{c_1}$  и  $t_{c_2}$  – соответственно, температуры внутренней (тыльной) и наружной (лицевой) поверхностей рассматриваемого светопрозрачного покрытия.

На основе решения уравнения (1) при граничных условиях (2) получим выражения для расчета температурного поля светопрозрачного покрытия при наличии в нем внутреннего источника тепла, сформированного в результате частичного поглощения и преобразования в тепло проходящего через него солнечного излучения, тепловая мощность которого экспоненциально распределена по его толщине

$$t_x = t_{c_1} - \left\{ t_{c_1} - t_{c_2} - \left[ \frac{0,5 \cdot (\delta-x)_c}{\lambda_c} - \frac{\cos^2 r}{(\beta^2 \cdot \delta \lambda)_c} \left( 1 - e^{-\frac{(\beta \delta)_c}{\cos r c}} \right) \right] (1 - \rho_c) q_{\text{пад}c} \right\} * \frac{x_c}{\delta_c} - \frac{\cos^2 r}{(\beta^2 \cdot \delta \lambda)_c} e^{-\frac{(\beta \delta)_c}{\cos r c}} \left( 1 - e^{-\frac{(\beta \delta)_c}{\cos r c}} \right) (1 - \rho_c) q_{\text{пад}c}. \quad (3)$$

Как следует из анализа решения (3), при  $x = 0$ ,  $t_x = t_{c_1}$  и при  $x = \delta_c$ , что полностью удовлетворяет граничных условий и тем самым, подтверждает его достоверность.

Выражение для расчета распределения поверхностной плотности теплового потока по толщине светопрозрачного покрытия корпуса коллектора ( $q_x$ ) при наличии в нем внутреннего источника тепла, установленное на основе решения (3) и закона Фурье [2], т.е.

$$q_x = -\lambda_c \frac{dt_x}{dx}, \quad (4)$$

имеет вид

$$q_x = (t_{c_1} - t_{c_2}) \frac{\lambda_c}{\delta_c} - \left\{ 0,5 \left( 1 - \frac{2x_c}{\delta_c} \right) \frac{\cos r_c}{(\beta\delta)_c} \left[ e^{-\frac{(\beta\delta)_c}{\cos r_c}} - \frac{\cos r_c}{(\beta\delta)_c} \left( 1 - e^{-\frac{(\beta\delta)_c}{\cos r_c}} \right) \right] \right\} * (1 - \rho_c) q_{падc}. \quad (5)$$

Выражение для определения значений поверхностных плотностей тепловых потоков на внутренней ( $q_{x=0}$ ) и наружной ( $q_{x=\delta_c}$ ), полученные на основе решения (5) при  $x = 0$  и  $x = \delta_c$ , соответственно, имеют вид

$$q_{x=0} = (t_{c_1} - t_{c_2}) \frac{\lambda_c}{\delta_c} - \left\{ \frac{\cos r_c}{(\beta\delta)_c} \left[ e^{-\frac{(\beta\delta)_c}{\cos r_c}} - \frac{\cos r_c}{(\beta\delta)_c} \left( 1 - e^{-\frac{(\beta\delta)_c}{\cos r_c}} \right) + 0,5 \right] \right\} * (1 - \rho_c) q_{падc}, \quad (6)$$

и

$$q_{x=\delta} = (t_{c_2} - t_{c_1}) \frac{\lambda_c}{\delta_c} - \left\{ \frac{\cos r_c}{(\beta\delta)_c} \left[ 1 - \frac{\cos r_c}{(\beta\delta)_c} \left( 1 - e^{-\frac{(\beta\delta)_c}{\cos r_c}} \right) - 0,5 \right] \right\} * (1 - \rho_c) q_{падc}. \quad (7)$$

Как видно из анализа решений (6) и (7), при прочих равных условиях (имеются в виду значения  $\rho_c$ ,  $\beta_c$ ,  $\delta_c$ ,  $\lambda_c$ ,  $r_c$  и  $q_{падc}$ ) при наличии внутреннего источника тепла в светопрозрачных покрытиях корпуса плоских солнечных установок значения  $q_{x=0}$  и  $q_{x=\delta_c}$  не равны между собой.

Их разность, равная

$$\Delta q_x = q_{x=\delta} - q_{x=0} = \left[ 1 - \frac{\cos r_c}{(\beta\delta)_c} \left( 1 - e^{-\frac{(\beta\delta)_c}{\cos r_c}} \right) \right] (1 - \rho_c) q_{падc} \quad (8)$$

представляет собой поверхностную плотность потока, поглощенного рассматриваемым светопрозрачным покрытием солнечного излучения. Только при условии  $\beta_c = 0$ , которое допустимо для идеально чистого светопрозрачного покрытия, можно пренебречь мощностью внутреннего источника тепла в нем, и как следует из решения (8), можно считать  $q_{x=0}$  и  $q_{x=\delta_c}$ .

Выводы: Предложены расчетные выражения для определения температурного поля и теплопередачи через светопрозрачные покрытия плоских солнечных установок при наличии в них внутреннего источника тепла, сформированного в результате частичного поглощения и преобразования в тепло проходящего через них солнечного излучения, мощность которого экспоненциально распределена по их толщине. Предложено выражение для расчета поверхностной плотности потока солнечного излучения, поглощенного светопрозрачными покрытиями плоских солнечных установок.

#### Список литературы:

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: «Энергия». 1975. – 488 с.
2. Cengel Y.A. Heat Transfer. A Practical Approach. Second Edition. McGRAW-HILL. – 932 p.
3. Самиев К.А. расчетные исследования тепловых характеристик солнечного коллектора из полимерных материалов. / Проблемы информатики и энергетики. – 2019. – №2. – 69-77 стр.