



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ШИРИНЕ ФИКСИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛУЧЕПОГЛОЩАЮЩЕЙ ПЛАСТИНЫ

Ҳожиёв Қайим Бешимович¹

¹Кандидат технических наук, Бухарский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан.

Шайматов Бабакул Холмуродович²

²Кандидат технических наук, Бухарский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан

Оқмаматов Дилмурод Гафурович³

³Магистр, Бухарский инженерно-технологический институт
Республика Узбекистан

Ҳожимуродов Жасур Эркинович⁴

⁴Магистр, Бухарский инженерно-технологический институт
Республика Узбекистан

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7379833>

Аннотация: В данной статье предложено точное математическое выражение для расчета теплового КПД конструкционных (составных) теплопремников с учетом распределения температуры в их зажимах.

Ключевые слова: теплоприёмник, КПД, температура, зажим, коллектор, конструкция, телота, математические выражение.

Для получения выражения для распределения температуры по ширине фиксирующего элемента лучепоглощающей пластины воспользуемся принципиальной схемой составляющих теплового баланса для элементарного участка фиксирующего элемента лучепоглощающей пластины длиной l , толщиной δ и шириной Δx (Рис.1) [1]

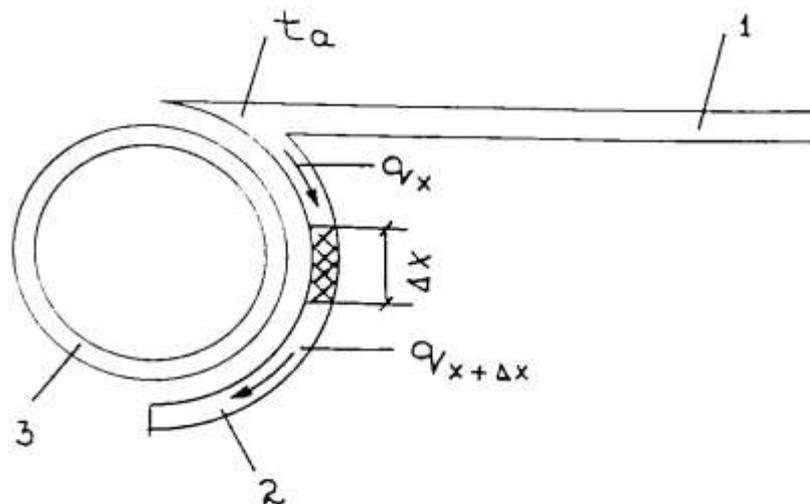


Рис. 1. Принципиальная схема составляющих теплового баланса для элементарного участка фиксирующего элемента лучепоглощающей пластины:

1 - лучепоглощающая пластина; 2 - фиксирующий элемент
лучепоглощающей пластины; 3 - теплоотводящий канал

Сумма энергии, поступающей на элементарный участок фиксирующего элемента лучепоглощающей пластины ($q_x \delta l$), равна сумме энергии, выходящей из

этого участка ($q_{x+\Delta x}$), и получаемой теплоотводящим каналом ($q_{\text{пол}}$), т.е.

$$q_x \delta l = q_{(x+\Delta x)} \delta l + q_{\text{пол}_x} \Delta x l \quad (1)$$

где:

$$q_{\text{пол}_x} = K_{\text{ТЗ}}(t_x - t_{w_H}) \quad (2)$$

Величина $K_{\text{ТЗ}}$ в формуле (2) представляет собой проводимость или коэффициент теплопередачи через тепловой зазор между элементами фиксации лучепоглощающей пластины и наружной поверхности стенки теплоотводящих каналов. Значение $K_{\text{ТЗ}}$ определяется по выражению

$$K_{\text{ТЗ}} = \frac{\lambda_{\text{ТЗ}}}{\delta} + \alpha_{\text{л}_{\text{ТЗ}}} \quad (3)$$

где: $\lambda_{\text{ТЗ}}$, $\delta_{\text{ТЗ}}$ - соответственно коэффициент теплопроводности материала и условная толщина теплового зазора;

$\alpha_{\text{л}_{\text{ТЗ}}}$ - коэффициент лучистого теплообмена в тепловом зазоре.

Граничные условия к уравнению (1) - равенство температур луче- поглощающей пластины и фиксирующего элемента в точке их контакта (т.е. $X=0$) и пренебрежение теплоотдачей через торцевую часть фиксирующего элемента вследствие $a^l \gg \delta^l$ (a^l -общая ширина фиксирующего элемента) [2].

$$tx|x = a = ta \quad (4)$$

$$\frac{dt}{dx} |_{x=a^l} = 0 \quad (5)$$

Делим обе части равенства (1) на δ и находим предел при $\Delta x \rightarrow 0$:

$$-\frac{q_x}{dx} = \frac{q_{\text{пол}}}{\delta} \quad (6)$$

С учетом (2) и на основании закона Фурье для рассматриваемого участка фиксирующего элемента выражение (1) переписываем в виде

$$\frac{d^2 t}{dx} = \frac{K_{\text{ТЗ}}(t_x - t_{w_H})}{\lambda_{\text{лп}} \delta_{\text{лп}}} \quad (7)$$

Решая (7) при граничных условиях (4) и (5), имеем

$$t_x - t_{w_H} = (t_a - t_{w_H}) \frac{ch \left[(a^l - x) \sqrt{\frac{K_{\text{ТЗ}}}{\delta_{\text{лп}} \lambda_{\text{лп}}}} \right]}{ch \left(a^l \sqrt{\frac{K_{\text{ТЗ}}}{\delta_{\text{лп}} \lambda_{\text{лп}}}} \right)} \quad (8)$$

Значение средней по ширине температуры фиксирующих элементов лучепоглощающих пластин разборных листотрубных теплоприюмников можно найти по выражению

$$\bar{t}_a^1 = \frac{1}{a} \int_0^a t_x dx \quad (9)$$

Подставляя t_x из (8) в выражение (9) и интегрируя его, получаем

$$\bar{t}_a^1 = t_{w_H} + (t_a - t_{w_H}) \eta_{\text{эф}} \quad (10)$$

где:

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{th \left(a^l \sqrt{\frac{K_{\text{ТЗ}}}{\delta_{\text{лп}} \lambda_{\text{лп}}}} \right)}{a^l \sqrt{\frac{K_{\text{ТЗ}}}{\delta_{\text{лп}} \lambda_{\text{лп}}}}} \quad (11)$$

Здесь $\eta_{\text{эф}}$ термическая эффективность фиксирующих элементов лучепоглощающей



пластины [3].

Поток энергии, получаемой наружной поверхностью стенки теплоотводящего канала теплоприемника от фиксирующих элементов, определяется по формуле

$$q_{\text{пол}} = K_{\text{ТЗ}}(\bar{t}_a^1 - t_{w_n}) \quad (12)$$

Выражение (3) применимо, когда выполняется условия $\delta_{\text{ТЗ}} < d_n, \delta_{\text{ЛП}} \ll d_{\text{ТЗ}}$, где $\delta_{\text{ТЗ}}$ - толщина теплового зазора между теплоотводящими каналами и фиксирующими элементами; $\delta_{\text{ЛП}}$ - толщина материала фиксирующих элементов; d_n - наружный диаметр теплоотводящих каналов. Поскольку $d_n = 0,020$ м, $\delta_{\text{ТЗ}} = 0,00001 - 0,0002$ м и $\delta_{\text{ЛП}} = 0,001$ м и выше, указанные условия вполне выполняются

Когда тепловой зазор между фиксирующим элементом и теплоотводящим каналом заполнен теплопроводной или клеевой пастой с коэффициентом теплопроводности λ_K и толщиной δ_K , то $\alpha_{\text{ЛТЗ}} = 0$ и выражение (3) примет вид

$$K_{\text{ТЗ}} = \frac{\lambda_K}{\delta_K} \quad (13)$$

Подставляя (10) и (3) в (12) после некоторых преобразований получаем

$$q_{\text{пол}} = (t_a - t_{w_n}) K_{\text{ТЗ}} \eta_{\text{эф}} \quad (14)$$

Как видно из (14), учет распределения температуры по ширине фиксирующих элементов лучепоглощающих пластин разборных листотрубных теплоприемников позволяет уточнить величину энергии, получаемой из солнечного коллектора.

Как было отмечено выше, в существующих методиках [3] указанный фактор пренебрегался, т.е. считалось, что $\eta_{\text{эф}} = 1$.

Зависимость термической эффективности фиксирующих элементов лучепоглощающих пластин ($\eta_{\text{эф}}$) и произведения $K_{\text{ТЗ}} \eta_{\text{эф}}$ от условной толщины теплового зазора между фиксирующим элементом и теплоотводящим каналом приведена на Рис.2.

Как следует из Рис.2, с увеличением условной толщины теплового зазора ($\delta_{\text{ТЗ}}$) значение $\eta_{\text{эф}}$ растет, а произведение $K_{\text{ТЗ}} \eta_{\text{эф}}$ уменьшается. Например, при изменении условной толщины теплового зазора от 0,05 до 0,15 мм значение $\eta_{\text{эф}}$ для воздушного теплового зазора растет от 0,30 до 0,49 (т.е. на 39%), а для теплового зазора, заполненного теплопроводной пастой с коэффициентом теплопроводности 1 Вт/(м.°С), от 0,05 до 0,09 (т.е. на 44%). Снижение $K_{\text{ТЗ}} \eta_{\text{эф}}$ при этом составляет для воздушного теплового зазора от 171,06 до 95,8 (т.е. на 44%) и для теплового зазора, заполненного теплопроводной пастой, с 1020,1 до 588,9 (т.е. на 42%)

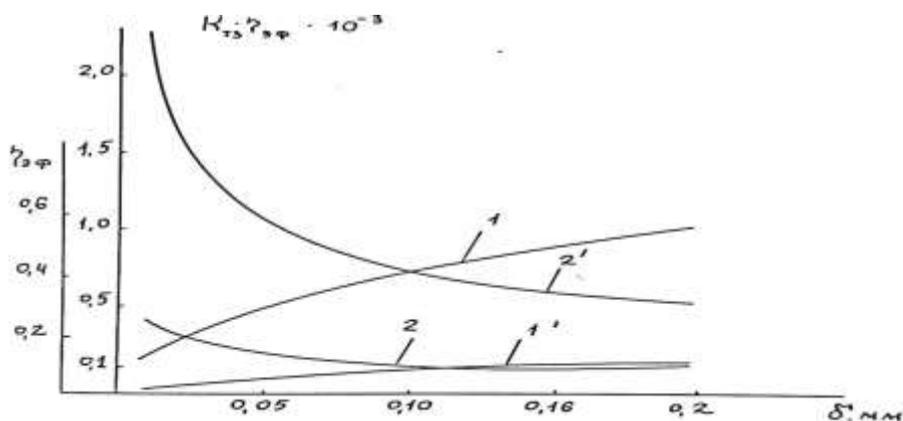


Рис.2. Зависимость термической эффективности фиксирующих элементов



лучепоглощающих пластин ($\eta_{эф}$) и произведения $K_{тз}\eta_{эф}$ от толщины теплового зазора между элементами фиксации лучепоглощающей пластины и наружной поверхности стенки теплоотводящих каналов ($\delta_{тз}$):

1, 2 - соответственно $\eta_{эф}$ и $K_{тз}\eta_{эф}$ воздушного теплового зазора; 1', 2' – то же для теплового зазора, заполненного теплопроводной пастой с коэффициентом теплопроводности 1 Вт/(м.°С)

Список литературы:

1. Умаров Г.Я., Авезов Р.Р., Кахаров Н.А. К исследованию распределения температуры по ширине экрана низкотемпературных солнечных водонагревателей с трубчатыми теплоприёмниками // Гелиотехника, 1978, № 6, с.41-45.
- 2 Авезов Р.Р., Кахаров Н.А. Исследование теплопередачи и эффективности экрана трубчатых теплоприёмников низкотемпературных солнечных водонагревателей // Гелиотехника, 1979, № 1, с.35-38
- 3 Ҳожиев Қ.Б. Сравнение эффективности солнечных коллекторов с пластмассовым и металлическим теплоотводящим каналом. // Гелиотехника, 1991, № 3, с.46-48