

Сложный теплообмен

Конвекция часто сопровождается тепловым излучением, теплопроводность в пористых телах – конвекцией и излучением в порах, а тепловое излучение – теплопроводностью и конвекцией.

Если излучающий газ окружен твердыми стенками, температура которых отлична от температуры газа, то между газом и стенками происходит процесс теплообмена. Этот процесс оказывается сложным, т.к. *поле температур* в газе переменено и *зависит от режима движения газа и геометрической формы оболочки*.

Кроме того, между газом и стенкой наряду с конвективным теплообменом происходит также лучистый теплообмен, и, очевидно, эти явления взаимосвязаны. Такой совместный перенос теплоты излучением и конвекцией называют ***сложным теплообменом***.

Количественной характеристикой процесса сложного теплообмена является коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_0 = \alpha_k + \alpha_l,$$

где α_k учитывает действие конвекции и теплопроводности, а α_l – действие теплового излучения.

Перенос теплоты конвекцией q_k и излучением q_l :

$$q = q_k + q_l$$

Если t_g – температура газа и t_c – температура тепловоспринимающей стенки, то каждой единице поверхности этой стенки передается теплота

$$q_k = a_k (t_g - t_c)$$

Величина $q_{л}$ может быть найдена по приближенной формуле

$$q_{л} = e_{np} C_s \left[\left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 \right]$$

Суммируя два выражения, получаем

$$q_0 = a_{\kappa} (t_2 - t_c) + eC_s \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 \right]$$

ИЛИ

$$q_0 = \left\{ a_{\kappa} + eC_s \left[\frac{\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c}{100} \right)^4}{t_2 - t_c} \right] \right\} (t_2 - t_c)$$

ИЛИ

$$q_0 = \{ a_{\kappa} + a_{\lambda} \} (t_2 - t_c)$$

Преобразуем далее, и в итоге имеем:

$$\begin{aligned} a_{\text{л}} &= e_{\text{np}} C_s \cdot 10^{-8} (T_2^4 - T_c^4) / (T_2 - T_c) = \\ &= e_{\text{np}} C_s \left[10^{-8} (T_2^3 + T_2^2 T_c + T_2 T_c^2 + T_c^3) \right] = e_{\text{np}} C_s q \end{aligned}$$

где $e_{\text{np}} = \frac{1}{\frac{1}{e_2} + \frac{1}{e_c} - 1}$ - приведенная степень черноты системы.

$q \approx 0,04 \left(\frac{T_{\text{cp}}}{100} \right)^3$ – температурный коэффициент.

Степень черноты газового объёма ε_2 следует выбирать при температуре газа в объеме T_2 . Если теплота передается от нагретых стенок к газу ($T_c > T_2$), то ε_2 целесообразно выбирать при температуре T_c ; такой прием позволяет приближенно учесть то обстоятельство, что поглощательная способность газа e_2' излучения стенки E_c не равна его степени черноты e_2 .

Когда стенка омывается капельной жидкостью, например, водой, тогда $\alpha_l = 0$ и $\alpha_0 = \alpha_k$.

В случае если в качестве основного принят процесс теплового излучения, расчетная формула суммарной теплоотдачи будет иметь вид:

$$q_0 = (e_{\kappa} + e_{np}) C_s \left[\left(\frac{T_z}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 \right]$$

Участие в процессе конвективного теплообмена учитывается увеличением приведенной степени черноты системы ε_K , определяемого по формуле

$$\varepsilon_K = \frac{a_K (t_2 - t_c)}{C_s \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 \right]} = \frac{a_K}{C_s q}$$