ФБОУ ВПО
Астраханский Государственный Технический Университет

Кафедра «Теплоэнергетика»

Лекция №3

На тему:

«Теплопроводность через плоскую и цилиндрическую стенки при граничных условиях третьего рода (теплопередача)»

по дисциплине «Тепломассообмен».

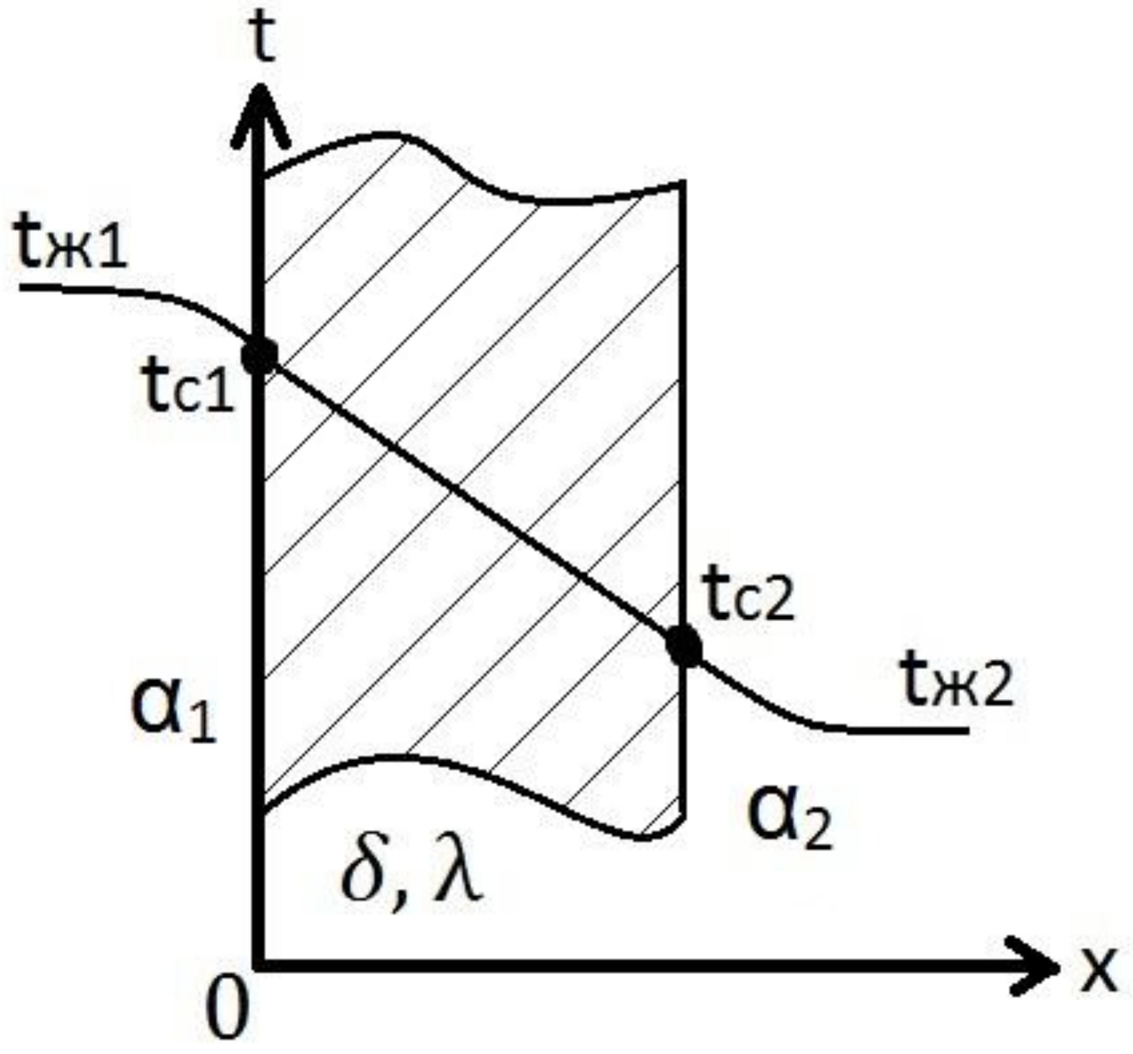
Астрахань 2015г.

Теплопередача – передача от Q от одной подвижной среды (жидкости или газа) к другой через разделяющую стенку любой формы.

Например, котёл – теплопередача от горячих газов к наружной стенки труб, теплопроводность, и теплоотдача от внутренней поверхности к воде.

Условия III рода: задаются температурами жидкости с одной и другой стороны стенки, и соответствующими значениями коэффициентов теплоотдачи.

Плоская стенка



Рассмотрим процесс теплопередачи через однородную плоскую стенку толщиной δ.

Заданы: λ, температура окружающей среды $t_{ж1}$ и $t_{ж2}$, коэффициент теплоотдачи α_1 и α_1.

Необходимо найти тепловой поток от горячей жидкости к холодной жидкости и температур на поверхностях стенки $t_{с1}$ и $t_{с2}$.

- Плотность теплового потока от горячей среды к стенке:

$$q = \alpha_1 * (t_{ж1} - t_{с1}).$$

При стационарном режиме этот же q пройдёт через стенку путём теплопроводности:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} * (t_{с1} - t_{с2}),$$

а потом будет передан от второй поверхности стенки к холодной среде за счёт теплоотдачи:

$$q = \alpha_2 * (t_{с2} - t_{ж2}).$$

Выразим из этих уравнений температурные напоры:

$$t_{ж1} - t_{с1} = q * \frac{1}{\alpha_1}\ ; \quad t_{с1} - t_{с2} = q * \frac{\delta}{\lambda}\ ; \quad t_{с2} - t_{ж2} = q * \frac{1}{\alpha_2}$$

Складывая их почленно, получим:

$$t_{ж1} - t_{ж2} = q * \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}\right)$$

Отсюда:

$$q = k * (t_{ж1} - t_{ж2}) \qquad (1)$$

где $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1}+\frac{\delta}{\lambda}+\frac{1}{\alpha_2}}$ - [Вт/(м^2*K)] - коэффициент теплопередачи, который выражает количество Q, проходящее через единицу поверхности стенки в единицу времени при Δt между горячей и холодной средой в 1°С.

$R = \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} = R\alpha_1 + R_\lambda + R\alpha_2$ – полное термическое сопротивление теплопередачи.

$R\alpha_1 = \frac{1}{\alpha_1}$; $R\alpha_2 = \frac{1}{\alpha_2}$ - термическое сопротивление теплоотдачи.

Температуры на поверхностях однородной стенки определяются из уравнений:

$$t_{c1} = t_{ж1} - q * \frac{1}{\alpha_1}; \qquad t_{c2} = t_{ж2} - q * \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda}\right)$$

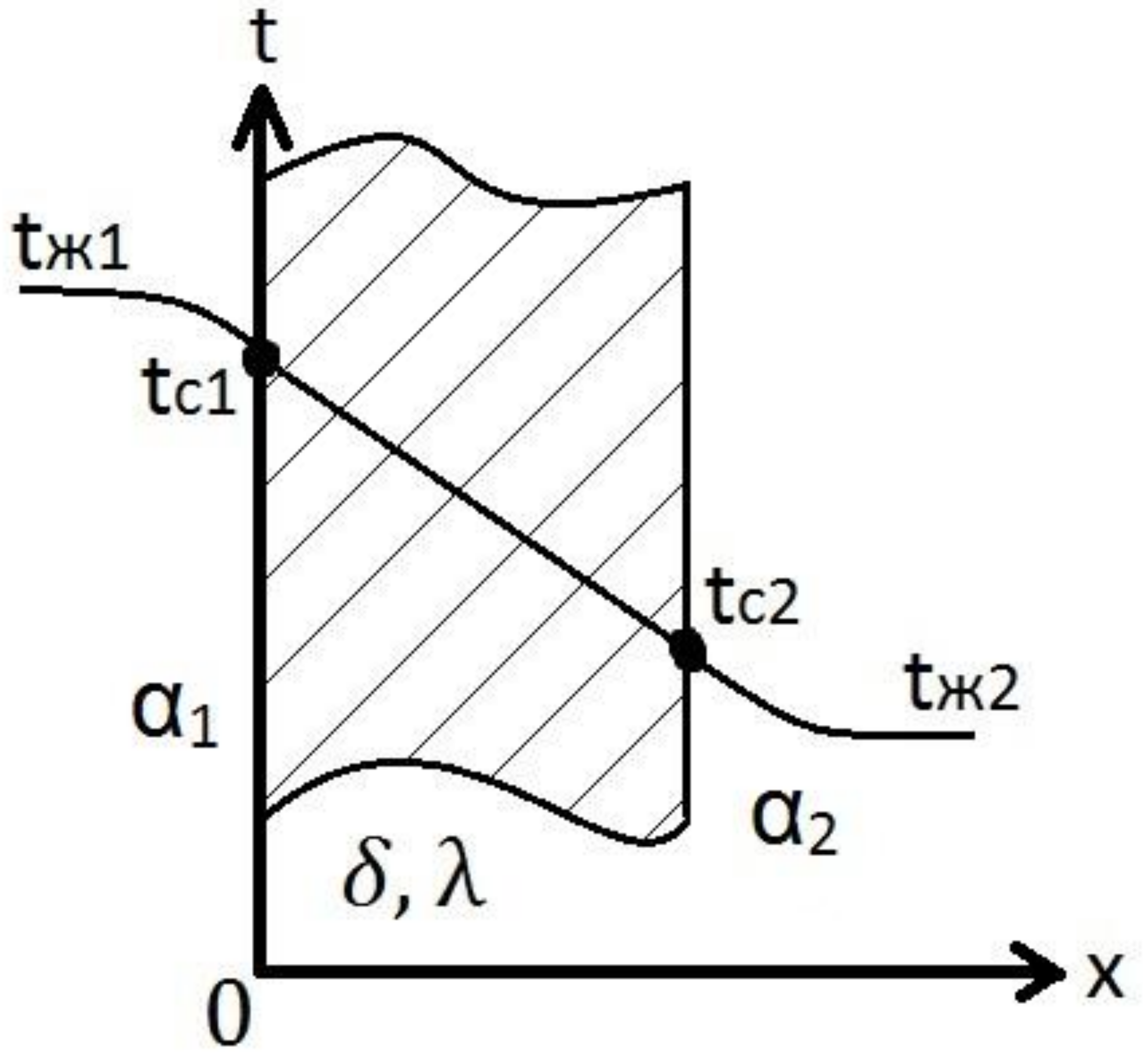
Для многослойной стенки:

$$R_\lambda = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta i}{\lambda i} \text{ ; тогда: } k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta i}{\lambda i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Примерные пределы α [Вт/(м^2 *К)]:

-для газов при естественной конвекции – 5 … 30;
-для газов при движении их в рубках или между ними – 10 … 100;
-для пара в трубках перегревателя – 100 … 2000;
-для воды при естественной конвекции – 100 … 1000;
-для воды при движении по трубам – 500 … 10000;
-для кипящей воды – 2000 … 10000;
-для конденсирующегося водяного пара – 4000 … 15000.

Цилиндрическая стенка



Рассмотрим однородную цилиндрическую стенку с внутренним d_1 и наружным d_2, $\lambda = \text{const}$. Заданы $t_{ж1}$ и $t_{ж2}$, α_1 и α_2.

При установившемся тепловом режиме запишем:

$$\left.\begin{aligned} q_l &= \alpha_1 \pi d_1 * (t_{ж1} - t_{c1}) && \text{(а)} \\ q_l &= \frac{\pi * (t_{c1} - t_{c2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} && \text{(б)} \\ q_l &= \alpha_2 \pi d_2 * (t_{c2} - t_{ж2}) && \text{(в)} \end{aligned}\right\}$$

Решая систему относительно Δt, а затем сложив =>:

$$q_l = k_l \pi * (t_{ж1} - t_{ж2}), \qquad (2)$$

где $k_l = \dfrac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$ - линейный коэффициент теплопередачи.

k_l – численно равен количеству Q, проходящей через стенку трубы длиной 1м в единицу времени при Δt между горячей и холодной средами в 1℃.

$R_l = \dfrac{1}{k_l} = \dfrac{1}{\alpha_1 d_1} + \dfrac{1}{2\lambda} + ln \dfrac{d_2}{d_1} + \dfrac{1}{\alpha_2 d_2} = R_{\alpha 1} + R_\lambda + R_{\alpha 2}$ – полное линейное термическое сопротивление теплопередачи.

Для многослойной стенки:

$$R_\lambda = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln\frac{d_{i+1}}{d_i} \text{ ; тогда}$$

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2\lambda_i} + ln\frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{i+1}}} \,.$$

Температуры на поверхностях цилиндрической стенки:

$$t_{c1} = t_{ж1} - \frac{q_l}{\pi} * \frac{1}{\alpha_1 d_1} \;;$$

$$t_{c2} = t_{ж2} - \frac{q_l}{\pi} * \frac{1}{2\lambda} \ln\frac{d_2}{d_1} \,.$$