

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».

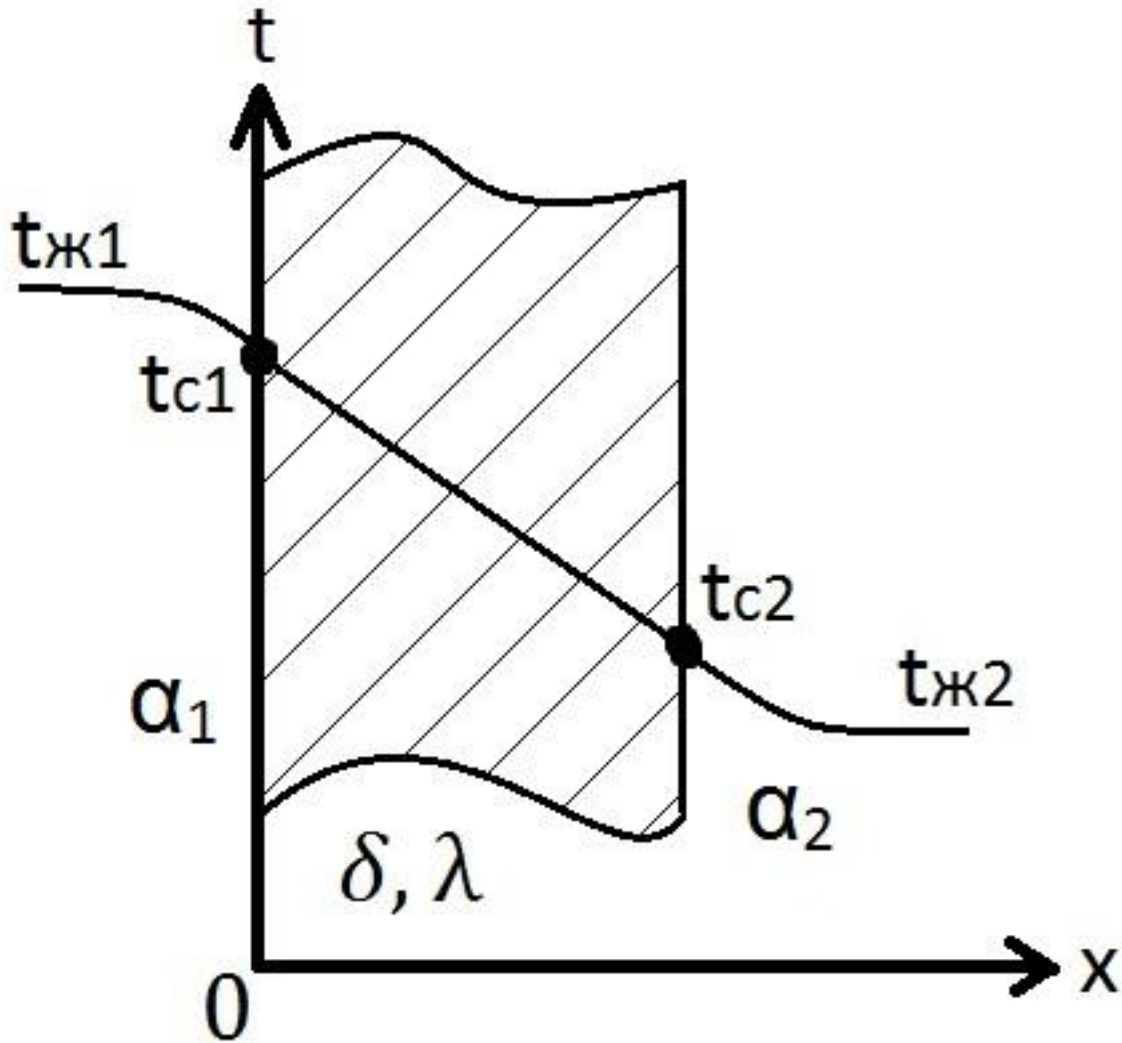
Астрахань 2015г.

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 стенке 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_2 .

Необходимо найти тепловой поток от горячей жидкости к холодной жидкости и температур на поверхностях стенки t_{c1} и t_{c2} .

Плотность теплового потока от горячей среды к стенке:

$$q = \alpha_1 * (t_{ж1} - t_{c1}).$$

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

$$q = \frac{\lambda}{\delta} * (t_{c1} - t_{c2}),$$

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

$$q = \alpha_2 * (t_{c2} - t_{ж2}).$$

Выразим из этих уравнений температурные напоры:

$$t_{ж1} - t_{c1} = q * \frac{1}{\alpha_1}; \quad t_{c1} - t_{c2} = q * \frac{\delta}{\lambda}; \quad t_{c2} - t_{ж2} = q * \frac{1}{\alpha_2}$$

Складывая их почленно, получим:

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

Отсюда:

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

где $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$ - [Вт/(м²*К)] - 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:

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

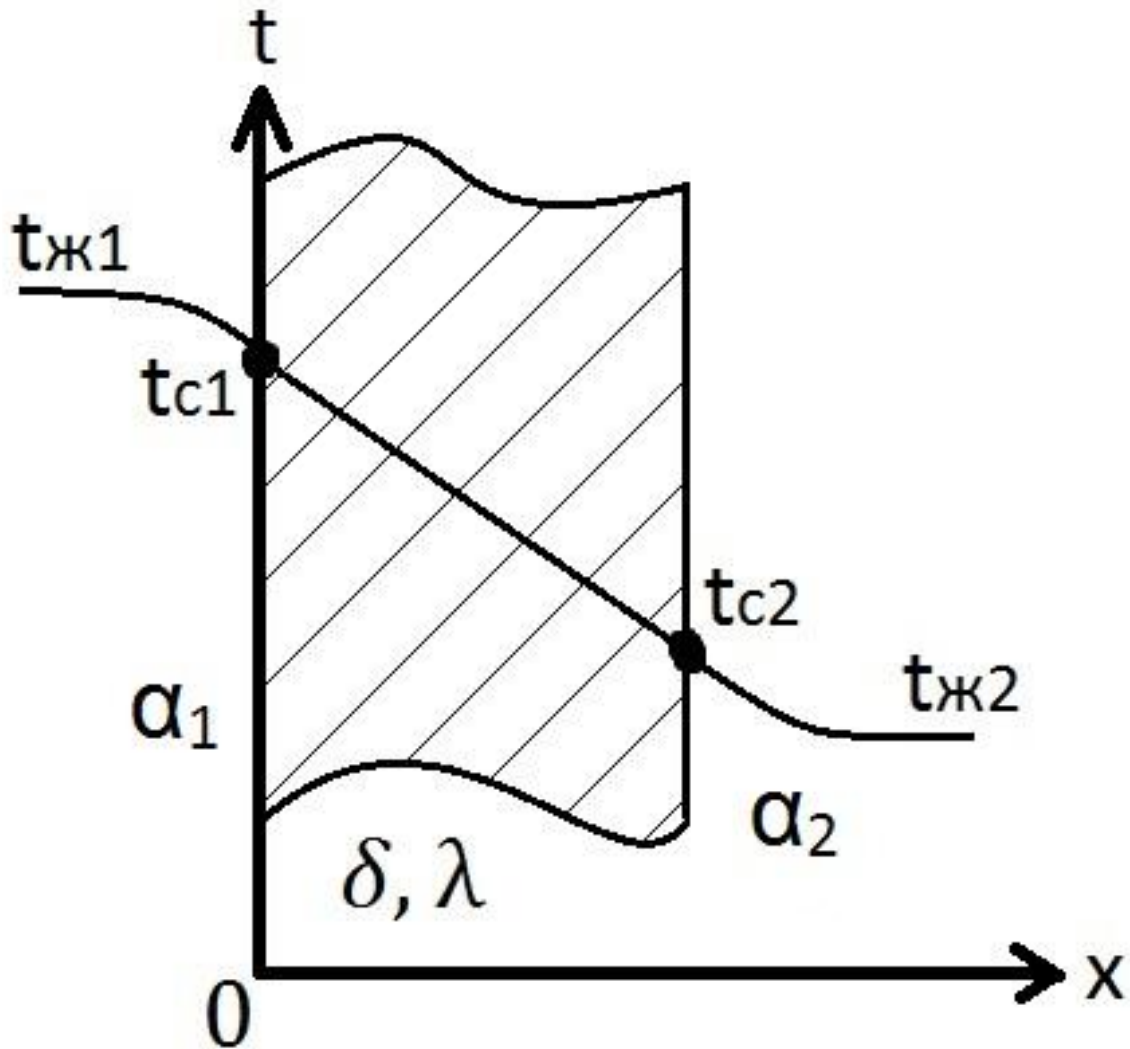
Для многослойной стенки:

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

Примерные пределы α [Вт/(м² *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:

$$q_1 = \alpha_1 \pi d_1^* (t_{ж1} - t_{c1}) \quad (a)$$

$$q_1 = \frac{\pi * (t_{c1} - t_{c2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (б)$$

$$q_1 = \alpha_2 \pi d_2^* (t_{c2} - t_{ж2}) \quad (B)$$

Решая систему относительно Δt , а затем сложив \Rightarrow :

$$q_1 = k_1 \pi * (t_{ж1} - t_{ж2}), \quad (2)$$

где $k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$ - линейный коэффициент теплопередачи.

k_1 - численно равен количеству Q , проходящей через стенку трубы длиной 1 м в единицу времени при Δt между горячей и холодной средами в 1°C .

$$R_1 = \frac{1}{k_1} = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} + \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2} = R_{\alpha_1} + R_{\lambda} + R_{\alpha_2} - \text{полное линейное термическое сопротивление теплопередачи.}$$

Для многослойной стенки:

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

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{i+1}}} .$$

Температуры на поверхностях цилиндрической стенки:

$$t_{c1} = t_{ж1} - \frac{q_1}{\pi} * \frac{1}{\alpha_1 d_1} ;$$

$$t_{c2} = t_{ж2} - \frac{q_1}{\pi} * \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} .$$