

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».**

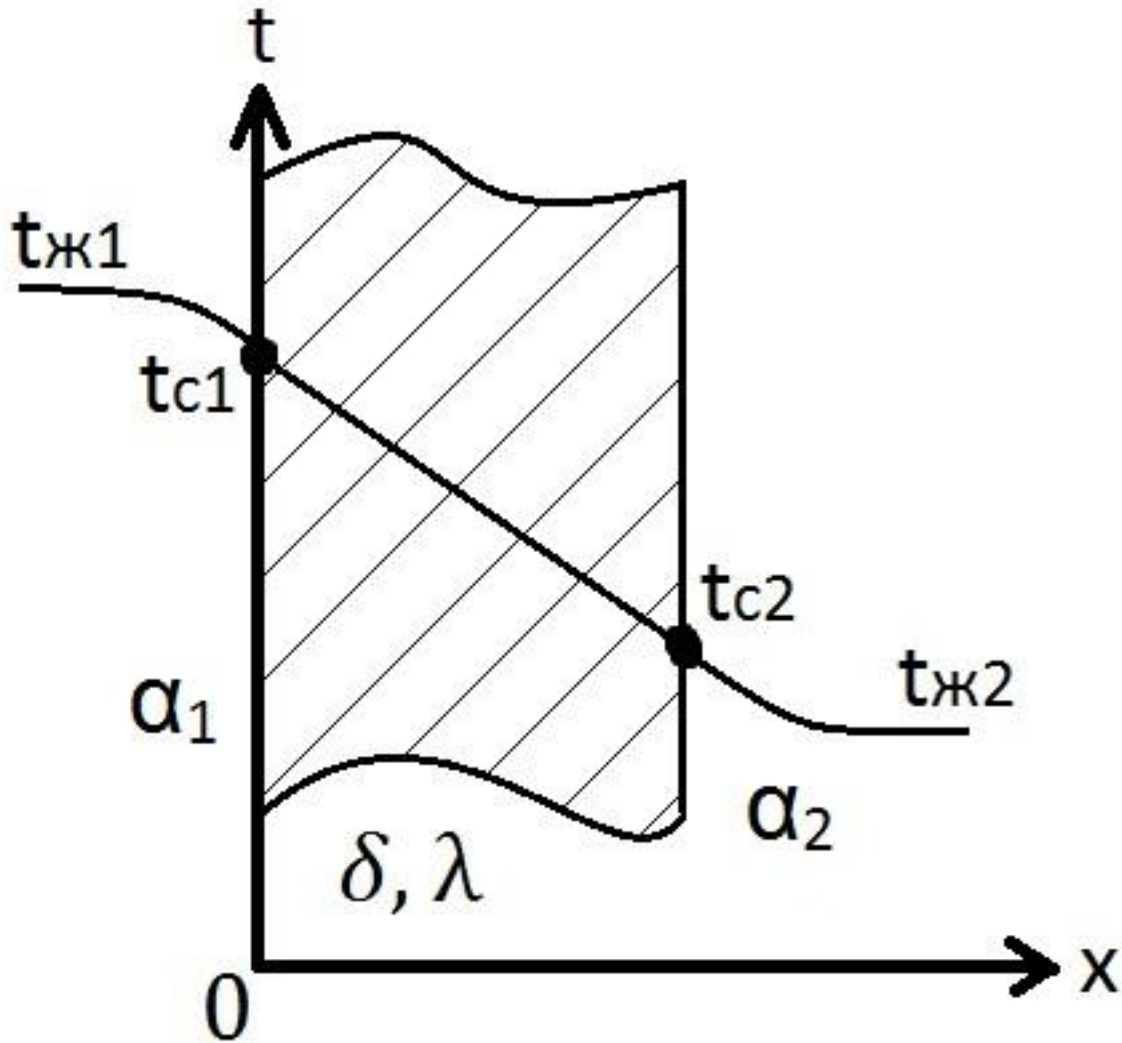
Астрахань 2015г.

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  $\delta$ .

Заданы:  $\lambda$ , температура окружающей среды  $t_{ж1}$  и  $t_{ж2}$ , коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

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/(м<sup>2</sup>\*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:

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

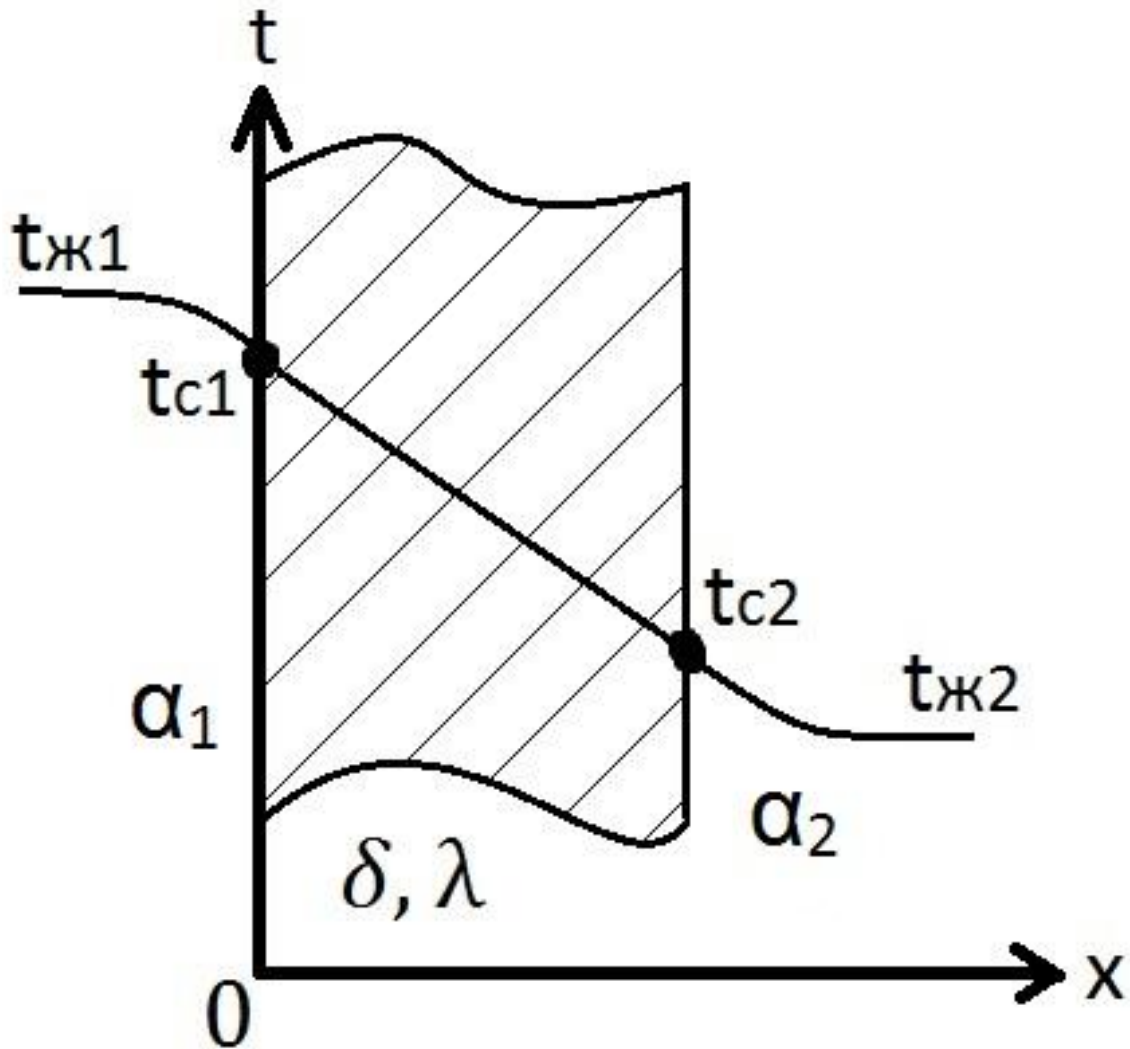
Для многослойной стенки:

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

Примерные пределы  $\alpha$  [Вт/(м<sup>2</sup> \*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  $t_{ж2}$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

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  $\Delta t$ , 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  $\Delta t$  между горячей и холодной средами в  $1^\circ\text{C}$ .

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



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:

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

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