

энергомашиностроение.

6

Лекция №9 ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

- Теплопередача через плоскую стенку
- Теплопередача через цилиндрическую стенку

Теплопередача через плоскую стенку

Стенка гладкая

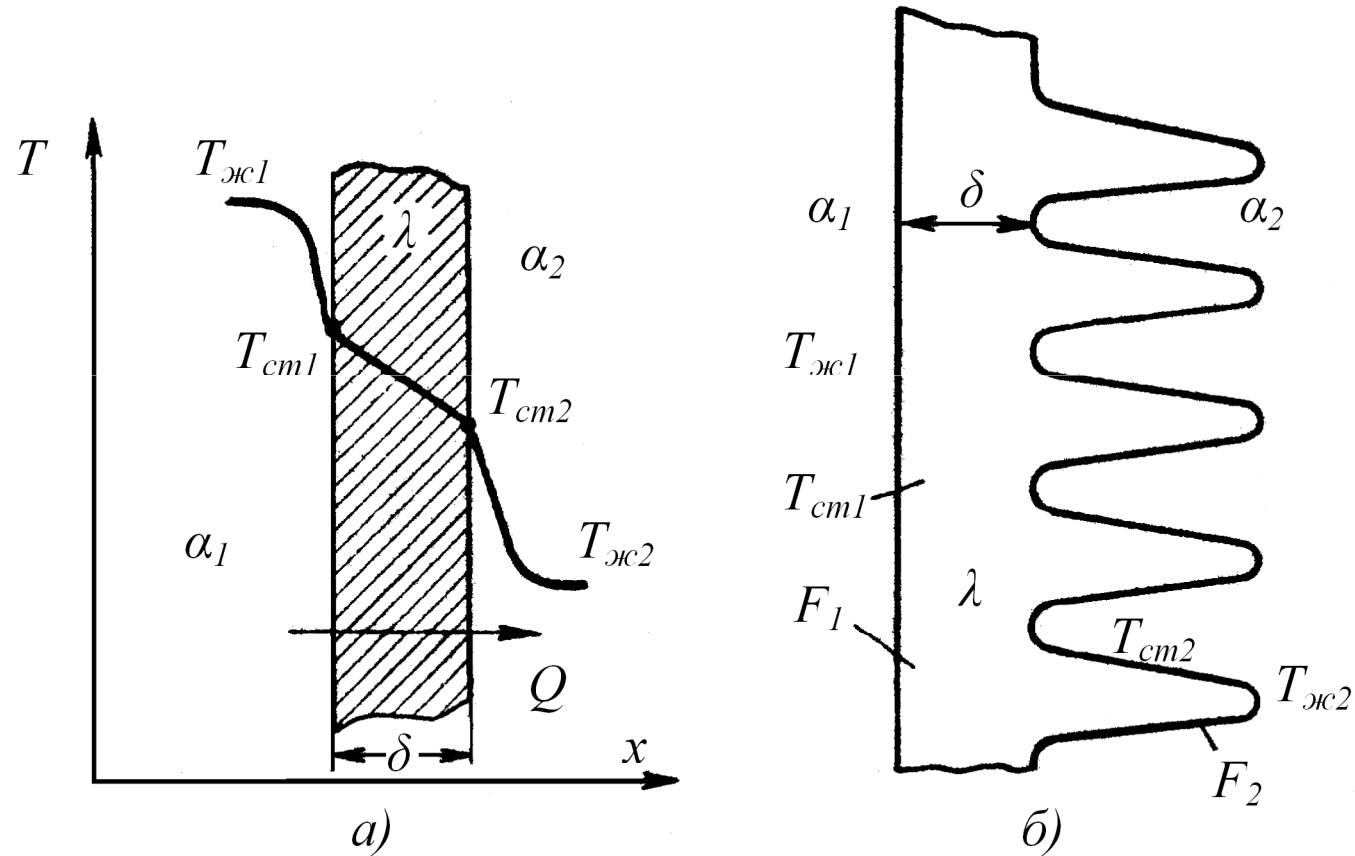


Рис. 1. Теплопередача через плоскую и оребренную стенку

В этом случае процесс определяется совокупным действием различных видов переноса теплоты. От горячей жидкости к стенке и от стенки к холодной жидкости теплота передается вследствие конвекции, через стенку теплота передается теплопроводностью.

В целом такой процесс называется **теплопередачей**, и его количественной характеристикой является коэффициент теплопередачи k , определяющий количество теплоты, переданной через единицу поверхности в час от одной жидкости к другой при разности температур между ними в 1° . В этом случае уравнение теплопередачи имеет вид

$$Q = Fk(T_{ж1} - T_{ж2}) \quad \text{Вт} \quad (1)$$

$$q = \alpha_1(T_{ж1} - T_{см1}) = \frac{\lambda}{\delta}(T_{см1} - T_{см2}) = \alpha_2(T_{см2} - T_{ж2})$$

$$\left. \begin{aligned} T_{ж1} - T_{см1} &= q \frac{1}{\alpha_1} \\ T_{см1} - T_{см2} &= q \frac{\delta}{\lambda} \\ T_{см2} - T_{ж2} &= q \frac{1}{\alpha_2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$q = \frac{T_{ж1} - T_{ж2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = k(T_{ж1} - T_{ж2}) \quad (3)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}) \quad (4)$$

Величину, обратную коэффициенту теплопередачи $1/k$, называют **термическим сопротивлением теплопередачи**:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (5)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6)$$

$$T_{cm1} = T_{ж1} - \frac{q}{\alpha_1} \quad (7)$$

$$T_{cm2} = T_{ж1} - q \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) = T_{ж2} + q \frac{1}{\alpha_2}$$

Оребрённая стенка

Оребрённые поверхности используются для интенсификации теплообмена с той стороны, где коэффициент теплоотдачи мал. С помощью ребер увеличивается поверхность нагрева.

$$q_1 = \frac{Q}{F_1} = k_1 (T_{ж1} - T_{ж2}) \quad (8)$$

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{F_1}{F_2}} \quad (9)$$

$$q_2 = \frac{Q}{F_2} = k_2 (T_{ж1} - T_{ж2}) \quad (10)$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} \frac{F_2}{F_1} + \frac{\delta}{\lambda} \frac{F_2}{F_1} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (11)$$

Отношение величины оребренной поверхности F_2 к гладкой F_1 называется **коэффициентом оребрения**.

Теплопередача через цилиндрическую стенку

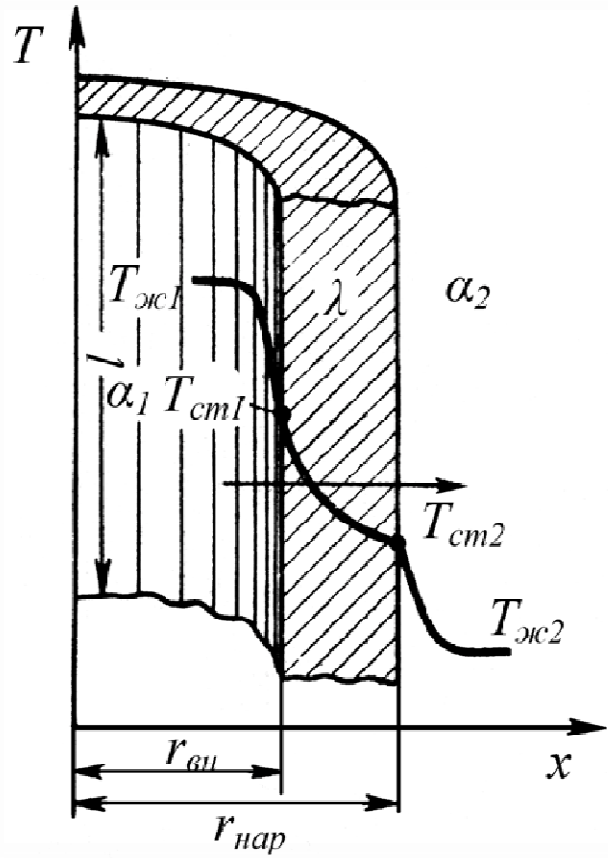


Рис. 2. Теплопередача через цилиндрическую стенку

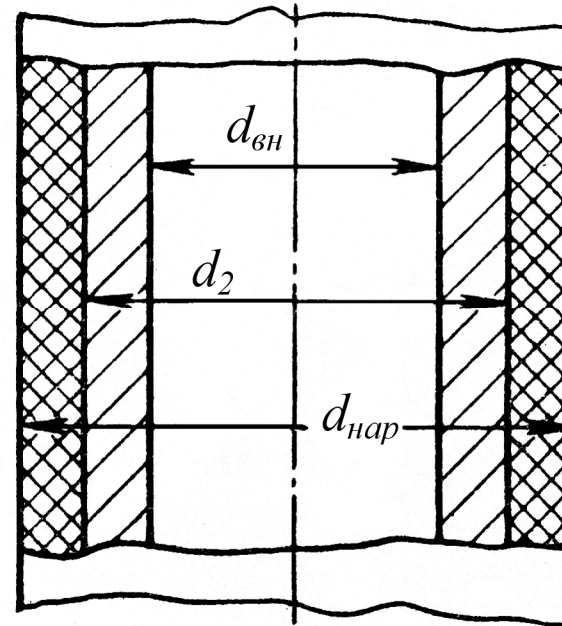


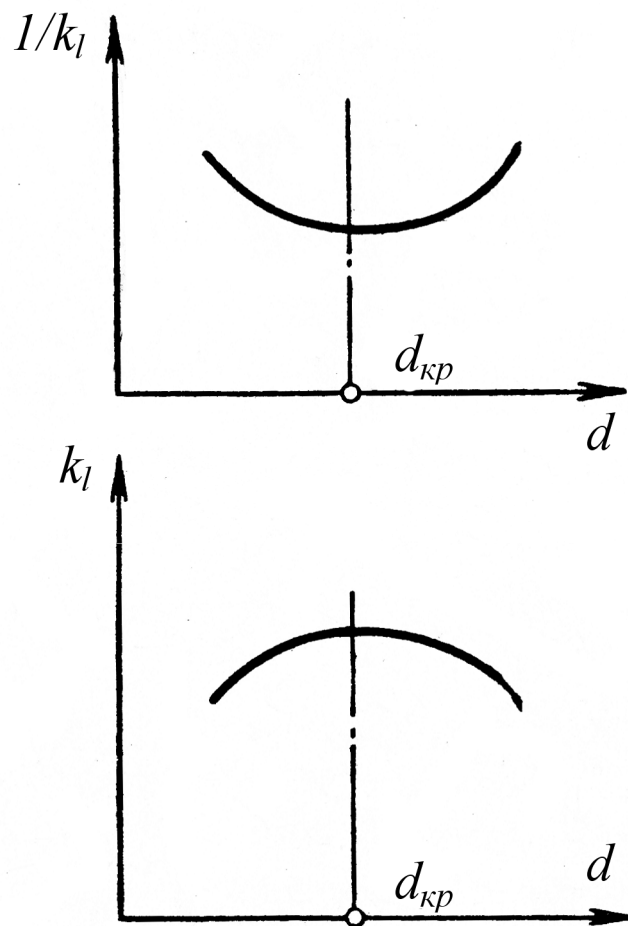
Рис. 3. Влияние тепловой изоляции на коэффициент теплопередачи

$$\frac{Q}{l} = q_l = \alpha_1 \pi d_{вн} (T_{ж1} - T_{см1}) = \frac{2\pi\lambda(T_{см1} - T_{см2})}{\ln \frac{d_{нар}}{d_{вн}}} = \alpha_2 \pi d_{нар} (T_{см2} - T_{ж2})$$

$$\left. \begin{aligned} T_{ж1} - T_{см1} &= \frac{q_l}{\alpha_1 \pi d_{вн}} \\ T_{см1} - T_{см2} &= \frac{q_l}{\pi} \cdot \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{нар}}{d_{вн}} \\ T_{см2} - T_{ж2} &= \frac{q_l}{\pi} \cdot \frac{1}{\alpha_2 d_{нар}} \end{aligned} \right\} (12)$$

$$q_l = \frac{\pi (T_{ж1} - T_{ж2})}{\frac{1}{\alpha_1 d_{вн}} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{нар}}{d_{вн}} + \frac{1}{\alpha_2 d_{нар}}} = k_l \pi (T_{ж1} - T_{ж2}) \frac{Bm}{M}$$

$$\left. \begin{aligned} T_{см1} &= T_{ж1} - \frac{q_l}{\pi \alpha_1 d_{вн}} \\ T_{см2} &= T_{ж1} - \frac{q_l}{\pi} \left(\frac{1}{\alpha_1 d_{вн}} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{нар}}{d_{вн}} \right) = T_{ж2} + \frac{q_l}{\pi \alpha_2 d_{нар}} \end{aligned} \right\}$$



$$\frac{1}{k_l} = \frac{1}{\alpha_1 d_{вн}} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_{вн}} +$$

$$+ \frac{1}{2\lambda_{из}} \ln \frac{d_{нар}}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_{нар}}$$

$$\left(\frac{1}{k_l} \right)' = \frac{1}{2\lambda_{из} d_{нар}} - \frac{1}{\alpha_2 d^2_{нар}} = 0$$

$$d_{кр} = \frac{2\lambda_{из}}{\alpha_2}$$

Рис. 4. Влияние диаметра трубопровода на тепловое сопротивление и коэффициент теплопередачи

Контрольные вопросы

- Теплопередача через плоскую стенку
- Теплопередача
- Термическое сопротивление теплопередачи
- Теплопередача через цилиндрическую стенку
- Оребрённая стенка
- Коэффициент оребрения
- Влияние диаметра трубопровода на тепловое сопротивление и коэффициент теплопередачи