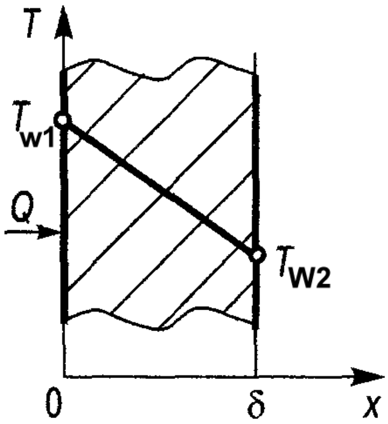
ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПРИ СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ

$$\frac{\partial T}{\partial t} \equiv 0 \qquad (1)$$

1. Плоская стенка. Термическое сопротивление

Если плоское тело (пластина) имеет толщину δ, значительно меньшую двух других характерных линейных размеров (ширины и длины), можно пренебречь отводом и подводом тепла



Распределение температуры в плоской стенке

$$\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial T}{\partial z} \equiv 0 \qquad (2)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0 \qquad (3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = C_1 \qquad (4)$$

$$T = C_1 x + C_2 \qquad (5)$$

Граничные условия первого рода:

$$x = 0, T = T_{W1} \qquad (6)$$

$$x = \delta, T = T_{W2} \qquad (7)$$

$$T = C_1 x + C_2; \quad T_{W1} = C_2 \qquad (8)$$

$$T_{W2} = C_1 \delta + C_2; \quad C_2 = \frac{T_{W2} - T_{W1}}{\delta} \qquad (9)$$

$$T = \frac{T_{W2} - T_{W1}}{\delta} x + T_{W1} \qquad (10)$$

$$q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\lambda}{\delta}(T_{W1} - T_{W2}) \qquad (11)$$

Отношение λ/δ обычно называется тепловой проводимостью стенки, а обратная ей величина δ/λ — сопротивлением теплопроводности плоской стенки.

2. Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку. Коэффициент теплопередачи

Рассмотрим следующую задачу: определить тепловой поток q от жидкости с температурой T_{f1} к жидкости с температурой T_{f2} через твердую стенку

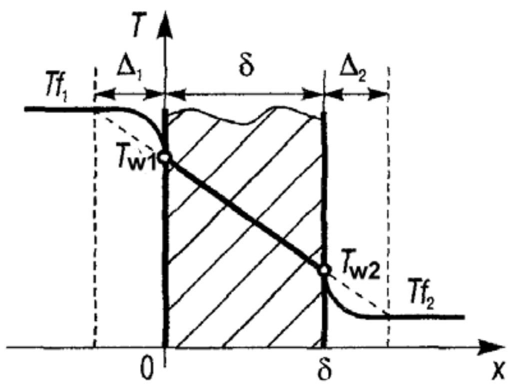
Опытами установлено, что температура жидкости резко меняется в тонком слое у стенки. Этот слой называют тепловым пограничным слоем.

В пограничном слое происходит интенсивный перенос теплоты. Для определения теплового потока q по уравнению (2.4) надо знать распределение температуры по толщине пограничного слоя $T = T(x)$. Однако найти эту зависимость не всегда удается. Поэтому величину q часто определяют по формуле Ньютона: $q = \alpha(T_f - T_w)$. Величина α называется коэффициентом теплоотдачи. Формула во многих случаях более удобна, нежели формула $q = \dfrac{\lambda}{\delta}\dfrac{\partial T}{\partial n}$, т.к. коэффициент α проще определить экспериментально, чем зависимость $T = T(x)$.

Граничные условия третьего рода

$$q = -\lambda_f \frac{\partial T}{\partial x} \tag{12}$$

$$q = \alpha(T_f - T_w) \tag{13}$$



Распределение температуры между двумя жидкостями через разделяющую их стенку

$$q = \alpha_1(T_{f1} - T_{w1}) \tag{14}$$

$$q = \frac{\lambda}{\delta}(T_{W1} - T_{W2}) \quad (15)$$

$$q = \alpha_2(T_{W2} - T_{f2}) \quad (16)$$

$$q(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}) = (T_{f1} - T_{f2}) \quad (17)$$

$$q = k(T_{f1} - T_{f2}) \quad (18)$$

$$k = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2} \quad (19)$$

$$R = 1/k = 1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2 \quad (20)$$

Величина k называется коэффициентом теплопередачи и имеет размерность Вт/м²K, а обратная ей величина $R = 1/k = 1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2$ — полным термическим сопротивлением с размерностью м²K/Вт.

Это полное сопротивление является суммой уже известного нам сопротивления теплопроводности δ/λ и двух сопротивлений теплоотдачи $1/\alpha_1$ и $1/\alpha_2$.

3. Многослойная плоская стенка

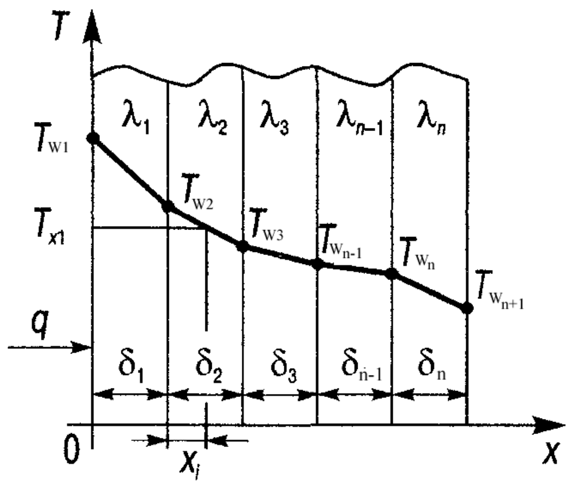


Рис. 10. Распределение температуры в плоской многослойной стенке

$$q = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(T_{W1} - T_{W2}),\ q = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(T_{W2} - T_{W3}),.... \quad q = \frac{\lambda_{n-1}}{\delta_{n-1}}(T_{Wn-1} - T_{Wn}),\ q = \frac{\lambda_n}{\delta_n}(T_{Wn} - T_{Wn+1}) \quad (21)$$

$$q\frac{\delta_1}{\lambda_1} = (T_{W1} - T_{W2}),\ q\frac{\delta_2}{\lambda_2} = (T_{W2} - T_{W3}),.... \quad q\frac{\delta_{n-1}}{\lambda_{n-1}} = (T_{Wn-1} - T_{Wn}),\ q\frac{\delta_n}{\lambda_n} = (T_{Wn} - T_{Wn+1}) \quad (22)$$

$$q(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + ... + \frac{\delta_{n-1}}{\lambda_{n-1}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n}) = (T_{W1} - T_{Wn+1}) \quad (23)$$

$$q = \frac{(T_{W1} - T_{Wn+1})}{(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{\delta_{n-1}}{\lambda_{n-1}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n})} = \frac{(T_{W1} - T_{Wn+1})}{\sum_n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (24)$$

$$q(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{\delta_{i-1}}{\lambda_{i-1}}) = (T_{W1} - T_{Wi}) \quad (25)$$

$$T_{Wi} = T_{W1} - q(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{\delta_{i-1}}{\lambda_{i-1}}) \quad (26)$$