

2.10

Задача стационарной теплопередачи на примере полуограниченной пластины и длинного цилиндра

Постановка задачи по расчету теплопередачи между двумя средами через плоскую стенку

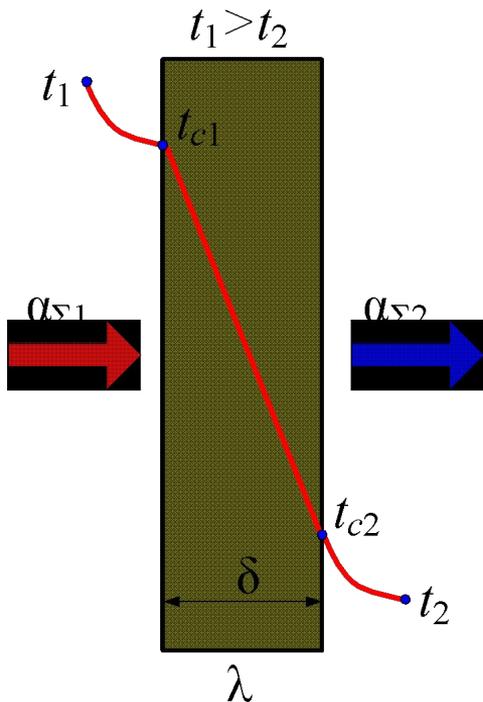


Схема теплопередачи через плоскую однородную стенку:

t_1, t_2 – температура сред 1 и 2;

t_{c1}, t_{c2} – температура внутренней и наружной поверхности стенки;

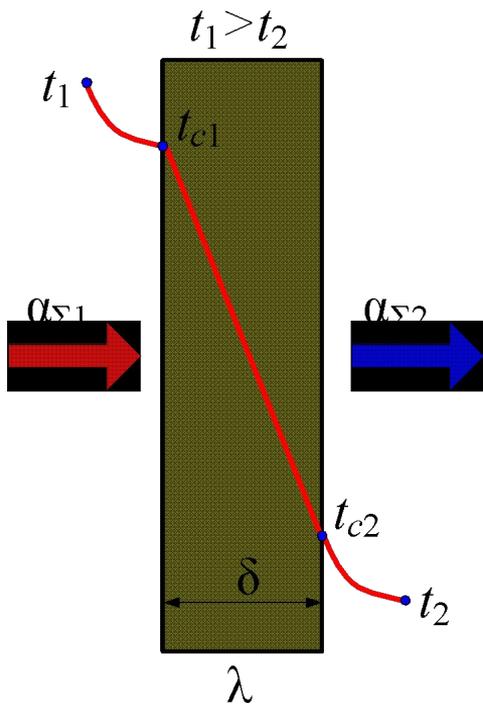
$\alpha_{\Sigma 1}$ – суммарный коэффициент теплоотдачи от среды 1 к внутренней поверхности стенки, Вт/(м²·К);

$\alpha_{\Sigma 2}$ – суммарный коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стенки к среде 2, Вт/(м²·К);

δ – толщина стенки, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала стенки Вт/(м·К)

Расчет теплопередачи через плоскую однородную стенку



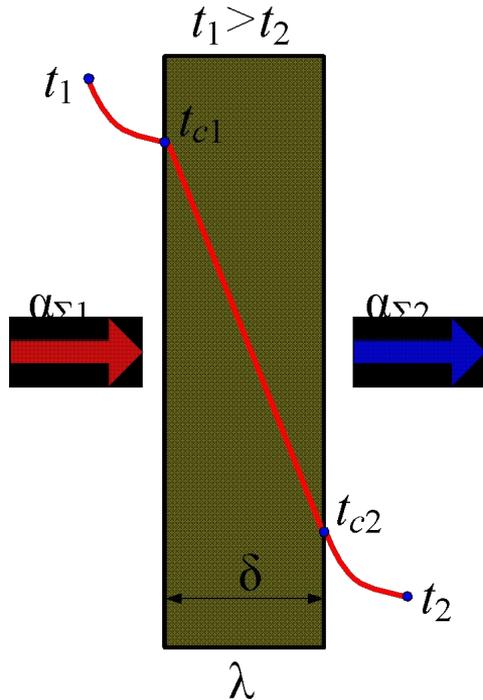
Плотность теплового потока q , Вт/м²:

$$q = \alpha_{\Sigma 1} (t_1 - t_{c1}),$$

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

$$q = \alpha_{\Sigma 2} (t_{c2} - t_2).$$

Расчет теплопередачи через плоскую однородную стенку

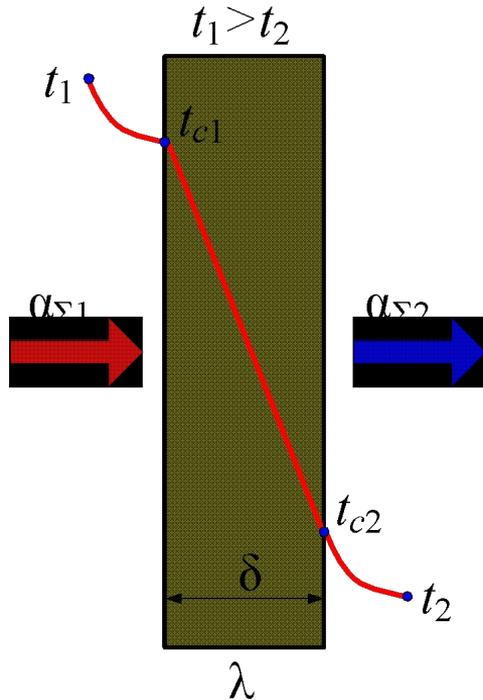


Величина плотности теплового потока:

Коэффициент теплопередачи k , Вт/(м²·К):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\Sigma 1}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\Sigma 2}}}.$$

Удельный и полный тепловой поток через плоскую однородную стенку



Плотность теплового потока (удельный тепловой поток) через плоскую однородную стенку q , Вт/м²:

$$q = k(t_1 - t_2).$$

Полный тепловой поток Q , Вт через стенку площадью F , м².

$$Q = k(t_1 - t_2)F.$$

Постановка задачи по расчету теплопередачи между двумя средами через плоскую многослойную стенку

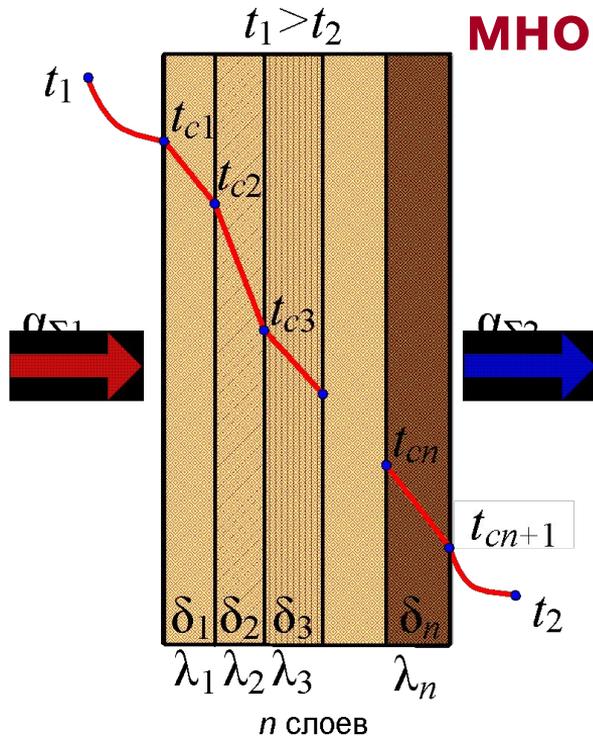


Схема теплопередачи через плоскую многослойную стенку:

t_1, t_2 – температура сред 1 и 2;

$t_{c1}, t_{c2}, \dots, t_{cn+1}$ – температура слоев стенки;

$\alpha_{\Sigma 1}$ – суммарный коэффициент теплоотдачи от среды 1 к внутренней поверхности стенки, Вт/(м²·К);

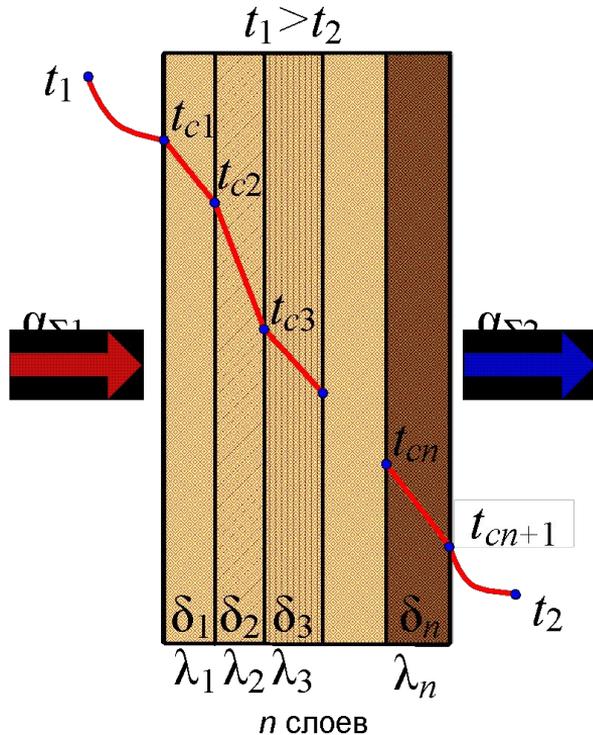
$\alpha_{\Sigma 2}$ – суммарный коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стенки к среде 2, Вт/(м²·К);

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – толщина элементов стенки, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – коэффициент

теплопроводности материала элементов

Расчет теплопередачи через плоскую многослойную стенку



Суммарное термическое сопротивление слоев:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

Значение удельного и полного тепловых потоков через многослойную стенку:

$$q = \frac{(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_{\Sigma 1}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\Sigma 2}}}; Q = qF.$$

Постановка задачи по расчету теплопередачи между двумя средами через цилиндрическую стенку

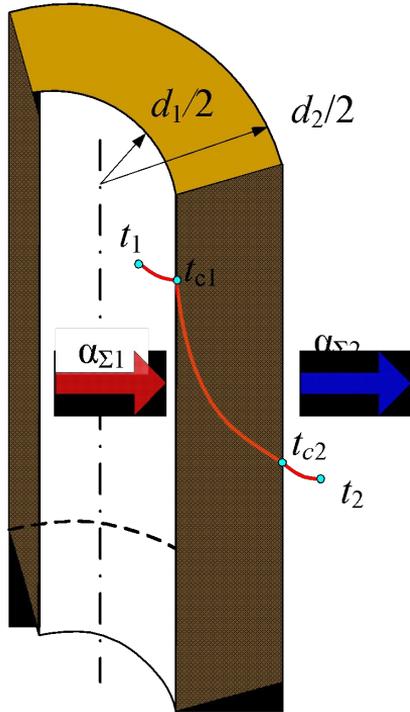


Схема теплопередачи через цилиндрическую однородную стенку:

t_1, t_2 – температура сред 1 и 2;

t_{c1}, t_{c2} – температура внутренней и наружной поверхности цилиндрической стенки;

$\alpha_{\Sigma 1}$ – суммарный коэффициент теплоотдачи от среды 1 к внутренней поверхности стенки, Вт/(м²·К);

$\alpha_{\Sigma 2}$ – суммарный коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стенки к среде 2, Вт/(м²·К);

d_1, d_2 – внутренний и наружный диаметр стенки, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м·К).

Расчет теплопередачи через цилиндрическую однородную стенку

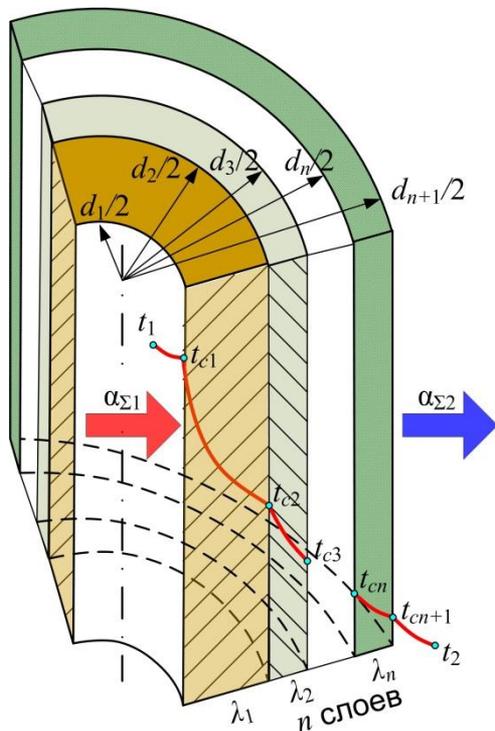
Линейная плотность теплового потока q_l , Вт/м:

$$q_l = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_{\Sigma 1} d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_{\Sigma 2} d_2}}.$$

Линейный коэффициент теплопередачи k_l , Вт/(м·К):

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\Sigma 1} d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_{\Sigma 2} d_2}}.$$

Расчет теплопередачи через цилиндрическую многослойную стенку

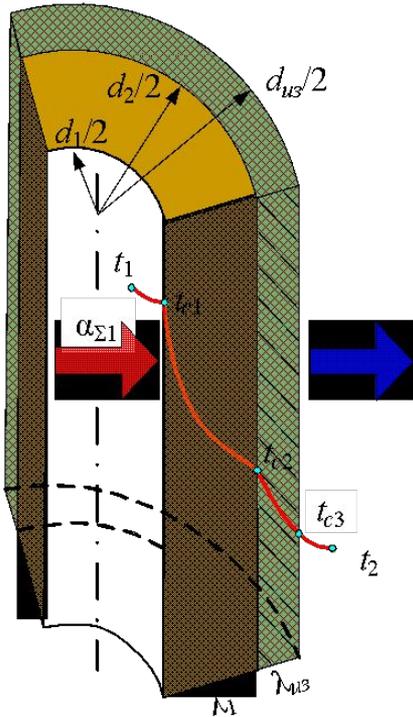


Линейная плотность теплового потока и полный тепловой поток Q , Вт, передаваемый от одной среды к другой через элемент длиной l , м для n -однослойной цилиндрической поверхности составит:

$$q_l = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_{\Sigma 1} d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_{\Sigma 2} d_{n+1}}};$$

$$Q = k_l l.$$

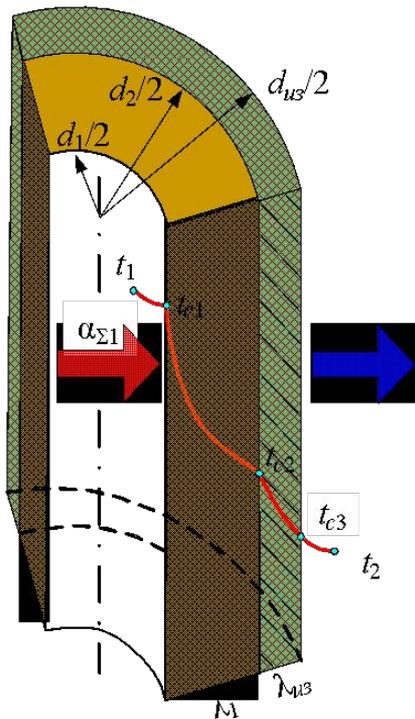
Тепловая изоляция. Критический диаметр для цилиндрической поверхности



Полное термическое сопротивление R_{Σ} цилиндрической поверхности, состоящей из двух слоев, где наружный слой – изоляционный с коэффициентом теплопроводности λ_{us} :

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\Sigma 1} d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_{us}} \ln \frac{d_{us}}{d_2} + \frac{1}{\alpha_{\Sigma 2} d_{us}}.$$

Тепловая изоляция. Критический диаметр для цилиндрической поверхности



Критический диаметр изоляции определим, взяв производную от R_{Σ} по d_{uz} :

$$\frac{dR_{\Sigma}}{d(d_{uz})} = \frac{1}{2\lambda_{uz}d_{uz(kp)}} - \frac{1}{\alpha_2 d_{uz(kp)}^2} = 0;$$

$$d_{uz(kp)} = \frac{2\lambda_{uz}}{\alpha_2}.$$

Интенсификация теплопередачи для плоской и цилиндрической поверхности



$$q_l = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\alpha_{\Sigma 1} d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_{\Sigma 2} d_{n+1}}};$$

$$Q = k_l l.$$

Уменьшение термического сопротивления:

- интенсификация коэффициента $\alpha_{\Sigma 1}$;
- выбор материала и толщины стенки;
- интенсификация коэффициента $\alpha_{\Sigma 2}$.