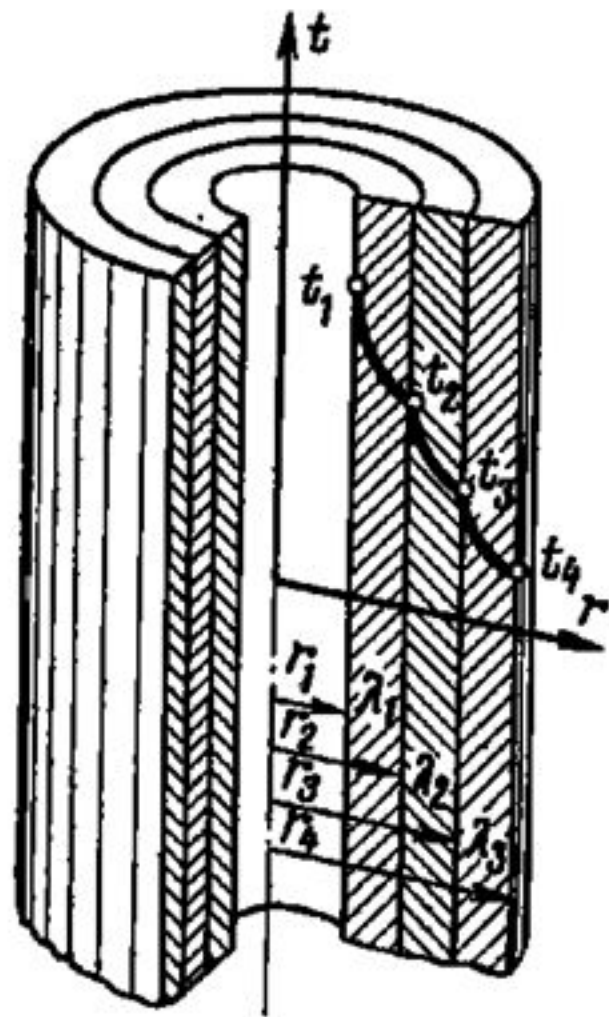
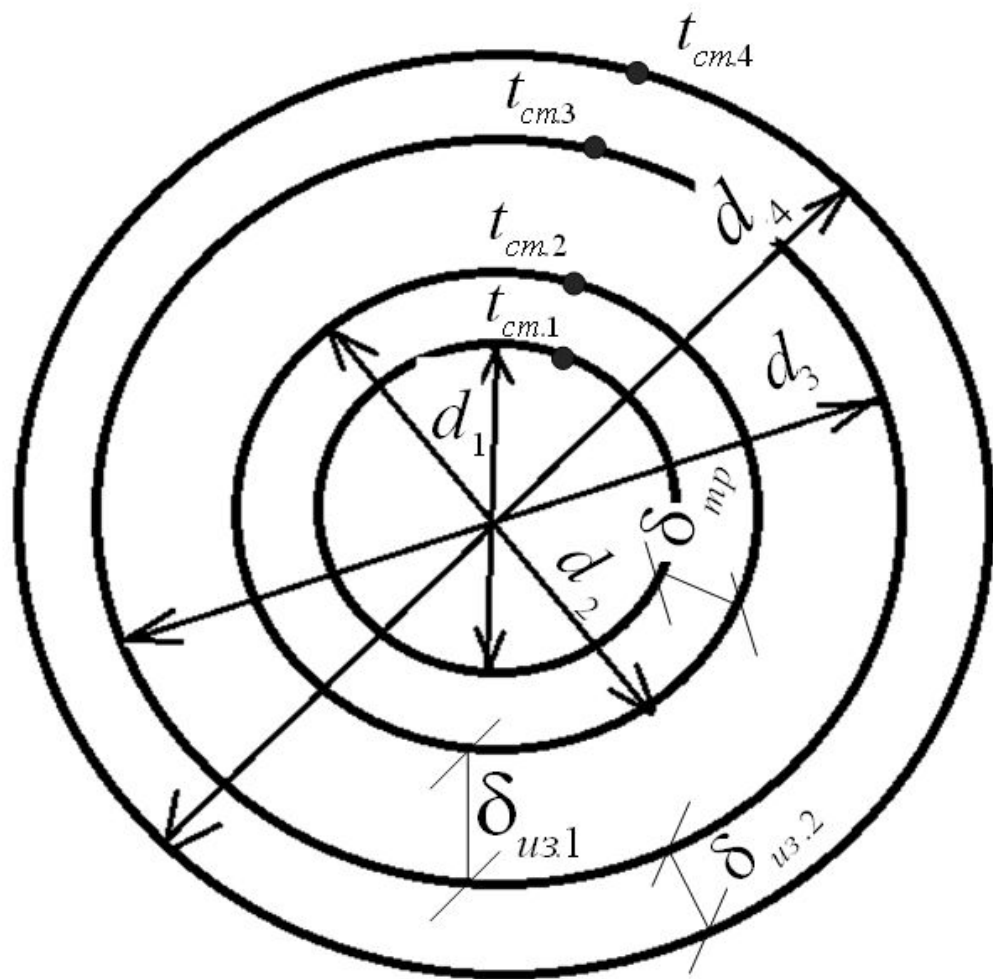


**Расчет тепловых потерь
ТРУБОПРОВОДОВ И
ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ
ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**



$$d_2 = d_1 + 2\delta_{us.1}$$

$$d_3 = d_2 + 2\delta_{us.2}$$

$$d_4 = d_3 + 2\delta_{us.2}$$

Для **цилиндрической стенки** плотность теплового потока соотносится не с площадью, а с длиной цилиндрической поверхности:

$$Q = \frac{q_l}{l}$$

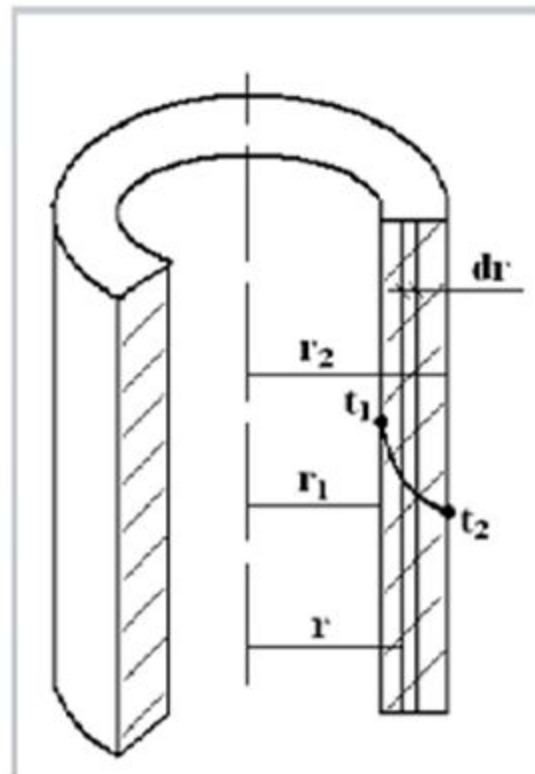
$$Q = \frac{\Delta t}{R_t^{\text{полн}}}$$

Для **однослойной цилиндрической стенки**:

$$R_t^{\text{полн}} = \frac{1}{2\pi\lambda l} \ln \frac{d_2}{d_1} \quad [^{\circ}\text{C}/\text{Вт}]$$

Для **многослойной цилиндрической стенки**

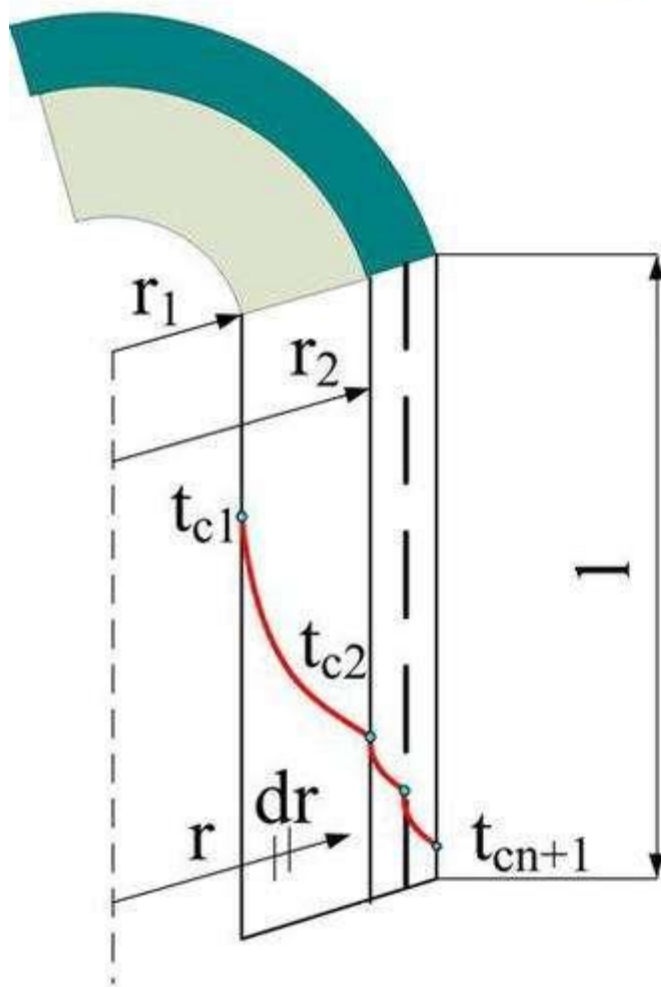
$$R_t^{\text{полн}} = \sum \frac{1}{2\pi\lambda_i l} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \quad [^{\circ}\text{C}/\text{Вт}]$$



Теплопроводность при стационарном режиме.

Многослойная цилиндрическая стенка

Определяем плотность теплового потока через многослойную цилиндрическую стенку радиусами r_1, r_2, \dots, r_n на поверхностях которой поддерживаются постоянные температуры.



$$Q = \frac{(t_{c1} - t_{cn+1})}{\frac{1}{2\pi l} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{r_{i+1}}{r_i}}, \text{ Вт.}$$

Линейная плотность теплового потока:

$$q_l = \frac{\Delta t}{R_t}$$

Для однослойной цилиндрической стенки

$$R_t = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} \quad [\text{м} * \text{°C}/\text{Вт}]$$

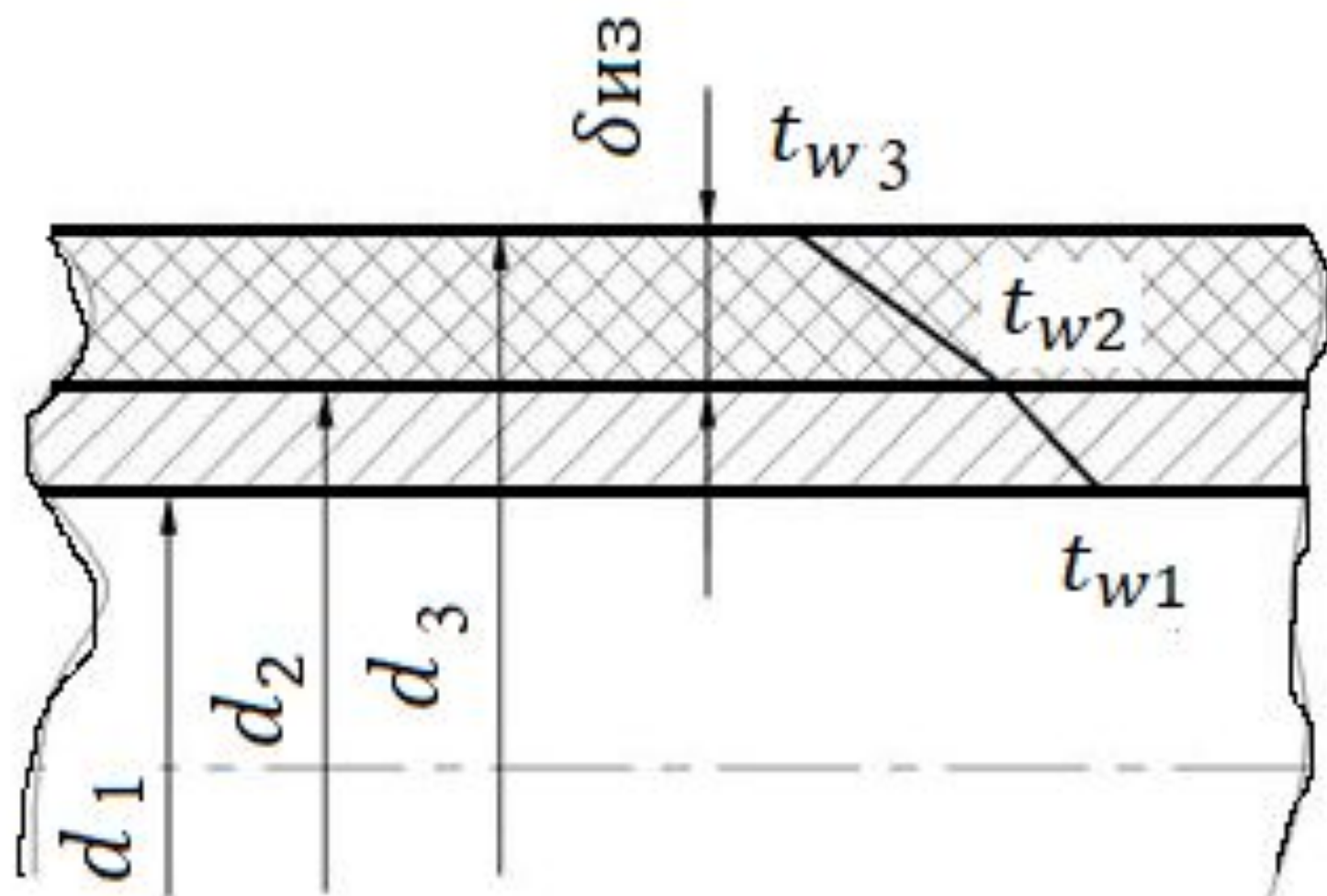
$$q_l = \frac{2\pi\Delta t}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{2\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$$

Для многослойной цилиндрической стенки

$$R_t = \sum \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} \quad [\text{м} * \text{°C}/\text{Вт}]$$

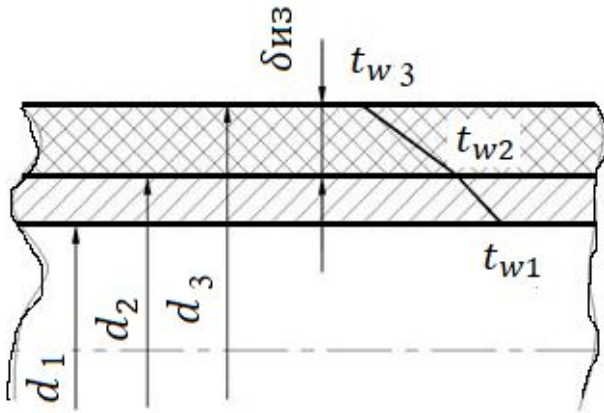
Линейная плотность теплового потока для многослойной стенки можно записать в виде:

$$q_l = \frac{2\pi\Delta t}{\sum \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} = \frac{2\pi(t_1 - t_{i+1})}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots + \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$$



Задача 1-23

Паропровод диаметром $150/160$ мм покрыт слоем тепловой изоляции толщиной $d_{из} = 100$ мм. Коэффициенты теплопроводности стенок трубы $\lambda_1 = 50$ Вт/м×град и изоляции $\lambda_2 = 0,08$ Вт/м×град. Температура на внутренней поверхности паропровода $t_{w1} = 400^\circ\text{C}$ и на наружной поверхности изоляции $t_{w3} = 50^\circ\text{C}$. Найти тепловые потери с 1 м паропровода и температуру на границе соприкосновения паропровода



Решение

Внешний диаметр паропровода

$$d_{внеш} = d_2 + 2\delta_{из} = (160 + 2 * 100) = 360 \text{ мм}$$

Тепловые потери с 1 м паропровода будут равны

$$q_l = \frac{2\pi(t_{w1} - t_{w3})}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}} = \frac{2 * 3,14(400 - 50)}{\frac{1}{50} \ln \frac{160}{150} + \frac{1}{0,08} \ln \frac{360}{160}} = 217 \text{ [Вт/м]}$$

Температура
а
будет равна

$$t_{w2} = t_{w1} - \frac{q_l}{2\pi} * \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} = 400 - \frac{217}{2\pi} * \frac{1}{50} \ln \frac{160}{150}$$

Пример 1-24 Паропровод диаметром 160/170 мм покрыт двуслойной изоляцией. Толщина первого слоя $\delta_2 = 30$ мм и второго $\delta_3 = 50$ мм. Коэффициенты теплопроводности трубы и изоляции соответственно равны: $\lambda_1 = 50$, $\lambda_2 = 0,15$ и $\lambda_3 = 0,08$ Вт/(м·°С). Температура внутренней поверхности паропровода $t_1 = 300^\circ\text{C}$ и внешней поверхности изоляции $t_4 = 50^\circ\text{C}$. Определить линейную плотность теплового потока и температуры на поверхностях раздела отдельных слоев.

Согласно условию задачи имеем: $d_1 = 0,16$ м; $d_2 = 0,17$ м, $d_3 = 0,23$ м и $d_4 = 0,33$ м,

$$\ln \frac{d_2}{d_1} = 0,06, \quad \ln \frac{d_3}{d_2} = 0,302 \text{ и } \ln \frac{d_4}{d_3} = 0,362.$$

Применяя уравнение (1-16), получаем:

$$q_l = \frac{2 \cdot 3,14 (300 - 50)}{\frac{0,06}{50} + \frac{0,302}{0,15} + \frac{0,362}{0,08}} = \frac{1570}{6,54} = 240 \text{ Вт/м.}$$

Далее согласно уравнению (1-18) имеем:

$$t_2 = 300 - \frac{240}{2 \cdot 3,14} \cdot 0,0012 = 300 - 0,046 \approx 300^\circ\text{C},$$

$$t_3 = 300 - \frac{240}{2 \cdot 3,14} \cdot 2,01 = 300 - 77 = 223^\circ\text{C},$$

или

$$t_3 = 50 + \frac{240}{2 \cdot 3,14} \cdot 4,53 = 50 + 173 = 223^\circ\text{C}.$$

Задача 1-25

Паропровод наружным диаметром 159 мм (толщина стенки 4 мм) покрыт двумя слоями тепловой изоляции толщиной $d_{\text{из1}}=40 \text{ мм}$ и $d_{\text{из2}}=55 \text{ мм}$. Коэффициенты теплопроводности стенок трубы $\lambda_1=55 \text{ Вт/м}\times\text{град}$ и слоев изоляции $\lambda_2=0,12 \text{ Вт/м}\times\text{град}$ и $\lambda_3=0,07 \text{ Вт/м}\times\text{град}$. Температура на внутренней поверхности паропровода $t_{\text{в1}}=400^\circ\text{C}$ и на наружной поверхности изоляции $t_{\text{в3}}=55^\circ\text{C}$. Найти тепловые потери с 1 м паропровода и температуру на границе соприкосновения паропровода