

Дано:

$$\lambda_1 := 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \quad \lambda_2 := 0.33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \quad \lambda_3 := 0.0861 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \quad \delta_2 := 0.065 \text{ м}$$

$$d_1 := 0.26 \text{ м} \quad d_2 := 0.268 \text{ м} \quad t_{\text{ж1}} := 90 \text{ }^\circ\text{C} \quad t_{\text{ж2}} := 10 \text{ }^\circ\text{C} \quad t_3 := 58.6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 := 350 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}} \quad \alpha_2 := 12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}} \quad L := 500 \text{ м} \quad w := 0.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Решение:

Находим плотность и теплоемкость воды при тем-ре $t_{\text{ж1}}$:

$$\rho := 965 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$C := 4.18 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$$

Линейная плотность теплового потока:

$$q_1 = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right)} \cdot (t_{\text{ж1}} - t_3)$$

С другой стороны:

$$q_1 = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_2 \cdot d_4} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_3} \cdot \ln\left(\frac{d_4}{d_3}\right)} \cdot (t_3 - t_{\text{ж2}})$$

Найдем толщину 1ого слоя изоляции методом подбора:

Принимаем:

$$\delta_3 := 0.04 \text{ м}$$

Находим диаметры 2ого слоев изоляции:

$$d_3 := d_2 + 2 \cdot \delta_2 = 0.398 \text{ м}$$

$$d_4 := d_3 + 2 \cdot \delta_3 = 0.478 \text{ м}$$

Линейная плотность теплового потока 1:

$$q_{11} := \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right)} \cdot (t_{ж1} - t_3) = 161.6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Линейная плотность теплового потока 2:

$$q_{12} := \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_2 \cdot d_4} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_3} \cdot \ln\left(\frac{d_4}{d_3}\right)} \cdot (t_3 - t_{ж2}) = 123.3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Погрешность:

$$\delta := \frac{q_{11} - q_{12}}{q_{11}} \cdot 100 \quad \delta = 23.675 \quad \%$$

Принимаем:

$$\delta_3 := 0.028 \text{ м}$$

Находим диаметры 2ого слоев изоляции:

$$d_3 := d_2 + 2 \cdot \delta_2 = 0.398 \text{ м}$$

$$d_4 := d_3 + 2 \cdot \delta_3 = 0.454 \text{ м}$$

Линейная плотность теплового потока 1:

$$q_{11} := \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right)} \cdot (t_{ж1} - t_3) = 161.6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Линейная плотность теплового потока 2:

$$q_{12} := \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_2 \cdot d_4} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_3} \cdot \ln\left(\frac{d_4}{d_3}\right)} \cdot (t_3 - t_{ж2}) = 161 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

Погрешность:

$$\delta := \frac{q_{11} - q_{12}}{q_{11}} \cdot 100 \quad \delta = 0.333 \quad \%$$

Дальнейшего уточнения не требуется

Теплопотери в окружающую среду с 1 м длины трубопровода:

$$Q_1 := q_{11} \cdot l \quad Q_1 = 161.6 \text{ Вт}$$

Определяем неизвестные тем-ры стенок:

$$t_1 := t_{ж1} - \frac{q_{11}}{\pi} \cdot \frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} = 89.43 \text{ C}$$

$$t_2 := t_{ж1} - \frac{q_{11}}{\pi} \left(\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right) \right) = 89.42 \text{ C}$$

$$t_4 := \frac{q_{11}}{\pi} \cdot \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_4} + t_{ж2} = 19.4 \text{ C}$$

Кол-во теплоты потерянной на участке длиной $L=500$ м

$$Q := q_{11} \cdot L = 80794 \text{ Вт}$$

Расход воды через трубу

$$G := w \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = 25.62 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Из уравнения теплового баланса найдем величину снижения температуры воды

$$\Delta t := \frac{Q}{G \cdot C \cdot 10^3} = 0.755 \text{ C}$$