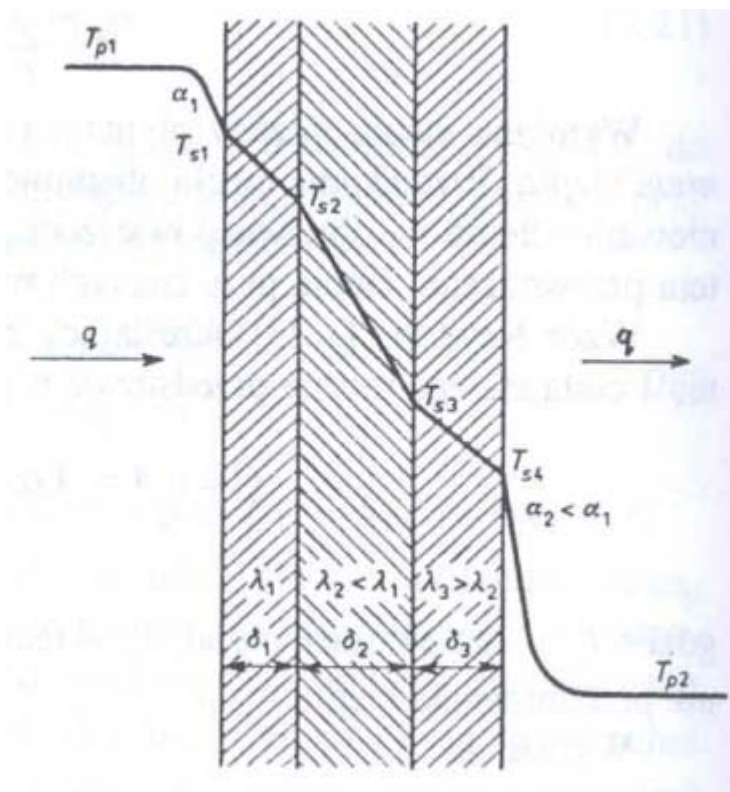
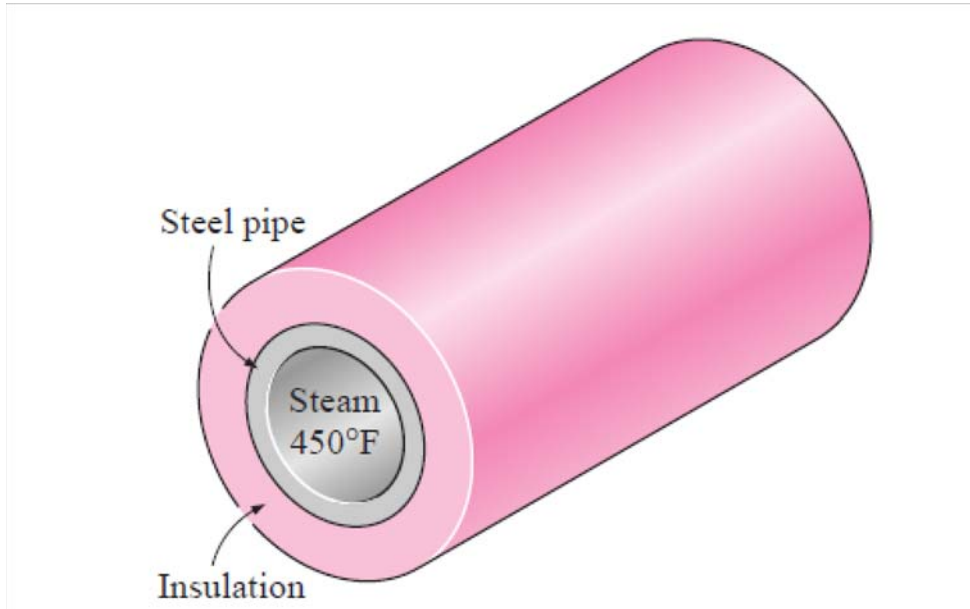


Ekonomiczna grubość izolacji rurociągu

Określić grubość izolacji rurociągu, dla której suma kosztów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji (straconego ciepła) będzie minimalna.

Im grubsza izolacja tym mniejsze straty ciepła, ale tym większy koszt izolacji.



d_1 - wewnętrzna średnica rury, m
 d_2 - zewnętrzna średnica rury, m
 d_3 - zewnętrzna średnica izolacji, m
 V - objętość izolacji, m^3

T_{f1} - temperatura płynu wewnątrz rury, K
 T_{f2} - temperatura płynu (np. powietrza) otaczającego izolację, K
 α_1 - współczynnik wnikania ciepła wewnątrz rury, $W/(m^2K)$
 α_2 - współczynnik wnikania ciepła na zewnątrz rury, $W/(m^2K)$
 λ_1 - współczynnik przewodnictwa cieplnego materiału rury, $W/(mK)$
 λ_2 - współczynnik przewodnictwa cieplnego izolacji, $W/(mK)$
 Q - strumień ciepła oddawanego do otoczenia, W

t_e - czas eksploatacji rurociągu w roku, s
 a - współczynnik kosztów stałych
 ju - umowna jednostka pieniężna
 z_V - cena 1 m^3 izolacji, ju/m^3
 z_Q - cena jednostki energii cieplnej, ju/J
 Z_c - roczny koszt eksploatacji, ju

$ju := \alpha$ [Insert-Unit-Money-Base Currency]

Analizę przeprowadzamy dla odcinka rury o długości 1 m

$$L := 1m$$

$$T_{f1} := 383K \quad T_{f2} := 288K$$

$$d_1 := 0.2m \quad d_2 := 0.212m$$

Wstępnie założona średnica zewnętrzna izolacji - zostanie wyznaczona grubość optymalna

$$d_3 := 0.3m$$

$$\lambda_1 := 124 \frac{W}{m \cdot K} \quad \lambda_2 := 0.039 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$\alpha_1 := 8000 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad \alpha_2 := 12 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$Q(d_3) := \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right) + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_3}}$$

$$Q(d_3) = 63.099 \text{ W}$$

Objętość izolacji dla odcinka rury o długości 1 m

$$V(d_3) := \frac{\pi \cdot (d_3^2 - d_2^2) \cdot L}{4} \quad V(d_3) = 0.0354 \cdot \text{m}^3$$

$$a := 0.1 \quad z_V := 400 \cdot \frac{\text{ju}}{\text{m}^3} \quad z_Q := 2 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{\text{ju}}{\text{J}} \quad t_e := 2 \cdot 10^7 \cdot \text{s}$$

$$Z_V(d_3) := a \cdot z_V \cdot V(d_3) \quad Z_V(d_3) = 1.415 \cdot \text{ju}$$

$$Z_Q(d_3) := z_Q \cdot t_e \cdot Q(d_3) \quad Z_Q(d_3) = 25.24 \cdot \text{ju}$$

$$Z_c(d_3) := Z_V(d_3) + Z_Q(d_3)$$

$$Z_c(d_3) = 26.655 \cdot \text{ju}$$

Given

$$d_3 > d_2$$

$$d_3 := \text{Minimize}(Z_c, d_3) = 0.471 \text{ m}$$

$$Q(d_3) = 28.673 \text{ W}$$

$$Z_V(d_3) = 5.554 \cdot ju \quad Z_Q(d_3) = 11.47 \cdot ju \quad Z_c(d_3) = 17.02 \cdot ju$$

$$Z_c(d_3 - 0.02 \cdot m) = 17.08 \cdot ju$$

$$Z_c(d_3 + 0.02 \cdot m) = 17.08 \cdot ju$$

Grubość izolacji

$$gr := \frac{d_3 - d_2}{2} = 0.129 \text{ m}$$

$$d_3 := 0.212 \text{ m}, 0.214 \text{ m}.. 1 \text{ m}$$

