**Контрольная работа №2. Задача 3.**

Стальной трубопровод диаметром $d_1$ = 100 мм/$d_2$ = 110 мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_1$ покрыт изоляцией в 2 слоя одинаковой толщины $\delta_2 = \delta_3$ = 50 мм., причем первый слой имеет коэффициент теплопроводности $\lambda_2$, второй $\lambda_3$. Определить потери теплоты через изоляцию с 1 м. трубы, если температура внутренней поверхности $t_1$, а наружной поверхности изоляции $t_4$. Определить температуру на границе соприкосновения слоев $t_3$. Как изменится величина тепловых потерь с 1 м. трубопровода, если слой изоляции поменять местами, т.е. слой с большим коэффициентом λ наложить непосредственно на поверхность трубы? Данные выбрать из табл. 2.7.

**Исходные данные:**

| Вариант | $\lambda_1$, Вт/м$^2$к | $\lambda_2$, Вт/м$^2$к | $\lambda_3$, Вт/м$^2$к | $t_1$, ˚С | $t_4$, ˚С |
|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 50 | 0,06 | 0,12 | 250 | 50 |

**Решение:**

**1.** Определим термические сопротивления, коэффициенты теплопередачи, удельный тепловой поток $q_l$ через 1 метр трубы, который равен тепловым потерям для исходного случая.

Внешний диаметр первого слоя изоляции:

$$d_3 = d_2 + 2\cdot\delta_2 = 110 + 2\cdot 50 = 210 \text{ мм};$$

Внешний диаметр второго слоя изоляции:

$$d_4 = d_3 + 2\cdot\delta_3 = 210 + 2\cdot 50 = 310 \text{ мм};$$

Термическое сопротивление трубы:

$$R_т = \frac{1}{2\lambda_1} ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$R_т = \frac{1}{2\cdot 50} ln \frac{110}{100} = 0{,}00095 \quad (м\cdot К)/Вт$$

Термическое сопротивление первого слоя изоляции:

$$R_{и1} = \frac{1}{2\lambda_2} ln \frac{d_3}{d_2}$$

$$R_{и1} = \frac{1}{2\cdot 0{,}06} ln \frac{210}{110} = 5{,}389 \quad (м\cdot К)/Вт$$

https://UNISOLVER.RU

Термическое сопротивление второго слоя изоляции:

$$R_{и2} = \frac{1}{2\lambda_3} ln \frac{d_4}{d_3}$$

$$R_{и2} = \frac{1}{2 \cdot 0,12} \; ln \; \frac{310}{210} = 1,623 \text{ (м·К)/Вт}$$

Определим общее термическое сопротивление системы $R_1$.

$$R_1 = R_г + R_{и2} + R_{и2}$$

$$R_1 = 5,39 + 0,001 + 1,623 = 7,01 \text{ м·К/Вт}$$

Коэффициент теплопередачи от внутренней поверхности трубопровода к внешней поверхности наружного слоя изоляции:

$$К_1 = \frac{1}{R_1}$$

$$К_1 = \frac{1}{7,01} = 0,143 \text{ Вт/(м·К)}$$

Линейная плотность теплового потока:

$$q_{l1} = \pi К_1 (t_1 - t_4)$$

$$q_{\ell 1} = \pi \cdot 0,143 \cdot (250 - 50) = 89,6 \text{ Вт/м}$$

Температура на границе соприкосновения слоев:

$$t_3 = t_4 + \frac{q_{l1} \cdot R_{и2}}{\pi}$$

$$t_3 = 50 + \frac{89,6 \cdot 1,62}{3,1416} = 96,3 \text{ °C}$$

**2.** Определим термические сопротивления, коэффициенты теплопередачи, удельный тепловой поток $q_l$ через 1 метр трубы, для случая, когда слой с большей теплопроводностью примыкает к поверхности трубы.

Термическое сопротивление первого слоя изоляции:

$$R'_{и1} = \frac{1}{2\lambda_3} ln \frac{d_3}{d_2}$$

$$R'_{и1} = \frac{1}{2 \cdot 0,12} \; ln \; \frac{210}{110} = 2,69 \text{ (м·К)/Вт}$$

Термическое сопротивление второго слоя изоляции:

$$R'_{и2} = \frac{1}{2\lambda_2} ln \frac{d_4}{d_3}$$



https://UNISOLVER.RU

$$R'_{и2} = \frac{1}{2 \cdot 0{,}06} \ln \frac{310}{210} = 3{,}25 \quad (м \cdot К)/Вт$$

Определим общее термическое сопротивление системы $R_2$.

$$R_2 = R_г + R'_{и1} + R'_{и2}$$

$$R_2 = 2{,}69 + 0{,}001 + 3{,}25 = 5{,}94 \quad м \cdot К/Вт$$

Коэффициент теплопередачи от внутренней поверхности трубопровода к внешней поверхности наружного слоя изоляции:

$$К_2 = \frac{1}{R_2}$$

$$К_2 = \frac{1}{5{,}94} = 0{,}168 \quad Вт/(м \cdot К)$$

Линейная плотность теплового потока:

$$q_{l2} = \pi К_2 (t_1 - t_4)$$

$$q_{\ell 2} = \pi \cdot 0{,}168 \cdot (250 - 50) = 105{,}8 \quad Вт/м$$

Температура на границе соприкосновения слоев:

$$t'_3 = t_4 + \frac{q_{l2} \cdot R'_{и2}}{\pi}$$

$$t'_3 = 50 + \frac{105{,}8 \cdot 3{,}25}{3{,}1416} = 159{,}3 \quad ℃$$

**3.** Оценим изменение тепловых потерь, приняв исходные потери за 100%.

Относительное значение потока тепла через трубу:

$$\delta q = \left(\frac{q_{l2}}{q_{l1}} - 1\right) 100\%$$

$$\delta q = \left(\frac{105{,}8}{89{,}6} - 1\right) \cdot 100 = 18{,}0\%$$

Таким образом, вариант компоновки изоляции когда слой с меньшим коэффициентом λ наложен непосредственно на поверхность трубы ведет к существенной экономии за счет снижения тепловых потерь.

**Ответ:**

$q_{\ell 1}$ = 89,6 Вт/м; $t_3$ = 96,3 ℃; $q_{\ell 2}$ = 105,8 Вт/м; $t'_3$ = 159,3 ℃; $\delta q$ = 18,0%

https://UNISOLVER.RU