

**Задание 1.** Определить плотность теплового потока, температуры на внешней и внутренней поверхности слоя асбеста толщиной  $\delta = 0,5$  м и теплопроводностью  $\lambda = 0,15$  Вт/(м·К). «Горячая» среда имеет параметры  $t_{ж1} = 200^\circ\text{C}$  и  $\alpha_1 = 9$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). «Холодная» среда –  $t_{ж2} = 20^\circ\text{C}$  и  $\alpha_2 = 14$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

### Решение

Определим плотность теплового потока по формуле:

$$q = \frac{(t_{ж1} - t_{ж2})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad q = \frac{(200 - 20)}{\frac{1}{9} + \frac{0,5}{0,15} + \frac{1}{14}} = 51 \text{ Вт/м}^2$$

С другой стороны, плотность теплового потока через поверхность стенки равна:

$$q = k(t_{ж1} - t_{ж2}) = \alpha_1(t_{ж1} - t_{c1}) = \alpha_2(t_{c2} - t_{ж2})$$

Отсюда температуры на внутренней и внешней поверхности асбеста равны:

$$t_{c1} = t_{ж1} - \frac{q}{\alpha_1} \quad t_{c1} = 200 - \frac{51}{9} = 194^\circ\text{C}$$

$$t_{c2} = t_{ж2} + \frac{q}{\alpha_2} \quad t_{c2} = 20 + \frac{51}{14} = 24^\circ\text{C}$$

**Задание 2.** Определить потери теплоты через  $1 \text{ м}^2$  кирпичной обмуровки котла толщиной  $\delta = 250 \text{ мм}$  и температуры стенок  $t_{c1}$  и  $t_{c2}$ , если температура газов  $t_{ж1} = 600^\circ\text{C}$ , температура воздуха  $t_{ж2} = 30^\circ\text{C}$ , коэффициент теплоотдачи со стороны газов  $\alpha_1 = 20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха  $\alpha_2 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  и коэффициент теплопроводности обмуровки  $\lambda = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ .

### Решение

Коэффициент теплопередачи от газов к воздуху определим по формуле:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad k = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{0,25}{0,7} + \frac{1}{8}} = 1,88 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Потерю теплоты определим по выражению:

$$q = k(t_{ж1} - t_{ж2}) \quad q = 1,88 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) (600 - 30) = 1070 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Температуры на внутренней и внешней стенок обмуровки равны:

$$t_{c1} = t_{ж1} - \frac{q}{\alpha_1} \quad t_{c1} = 600 - \frac{1070}{20} = 547^\circ\text{C}$$

$$t_{c2} = t_{ж2} + \frac{q}{\alpha_2} \quad t_{c2} = 30 + \frac{1070}{8} = 164^\circ\text{C}$$

**Задание 3.** Паропровод диаметром 200/216 мм покрыт слоем совелитовой изоляции толщиной  $\delta_2 = 120$  мм, коэффициент теплопроводности которой  $\lambda_2 = 0,1$  Вт/(м·°С). Температура пара  $t_{ж1} = 300^\circ\text{С}$  и окружающего воздуха  $t_{ж2} = 25^\circ\text{С}$ . Кроме того, заданы коэффициент теплопроводности стенки  $\lambda_1 = 40$  Вт/(м·°С),  $\alpha_1 = 100$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) и  $\alpha_2 = 8,5$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С). Требуется определить линейный коэффициент теплопередачи, линейную плотность теплового потока и температуру в месте соприкосновения паропровода с изоляцией.

### Решение

Согласно условию задачи диаметры будут равны:

$$d_1 = 0,2$$

$$d_2 = 0,216$$

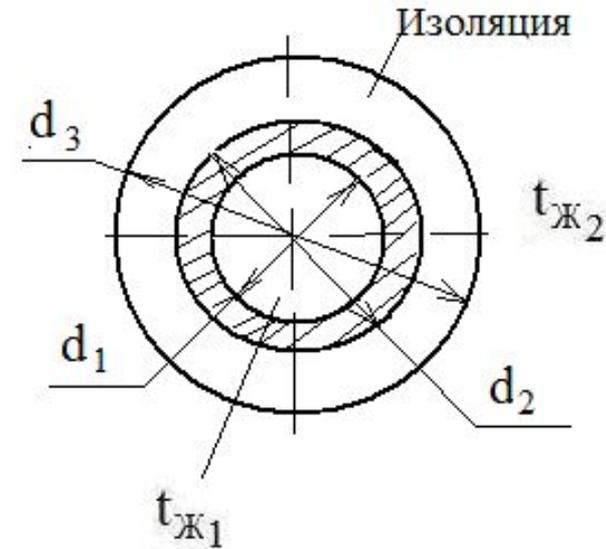
$$d_3 = d_2 + 2\delta$$

$$d_3 = 0,216 + 2 \cdot 0,12 = 0,456$$

Линейный коэффициент теплопередачи определим по формуле:

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}}$$

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{100 \cdot 0,2} + \frac{1}{2 \cdot 40} \cdot \ln \left( \frac{0,216}{0,2} \right) + \frac{1}{2 \cdot 0,1} \cdot \ln \left( \frac{0,456}{0,216} \right) + \frac{1}{8,5 \cdot 0,456}} = 0,247 \text{ (C)} \cdot \text{°}$$



Определим линейную плотность теплового потока:

$$q_l = \pi k_l (t_{ж1} - t_{ж2})$$

$$q_l = \text{Вт/м} \cdot 0,247 \cdot (300 - 25) = 213$$

Температуру в месте соприкосновения паропровода с изоляцией определим по формуле:

$$t_{с2} = t_{ж1} - \frac{q_l}{\pi} \left( \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} \right)$$

$$t_{с2} = 300 - \frac{213}{3,14} \cdot \left( \frac{1}{100 \cdot 0,2} + \frac{1}{2 \cdot 40} \cdot \ln \left( \frac{0,216}{0,2} \right) \right) = 296,5^\circ\text{C}$$

**Задание 4.** Определить плотность теплового потока через стенку, холодная сторона которой оребрена и коэффициент оребрения  $F_2/F_1 = 13$ . Толщина стенки  $\delta = 10$  мм и коэффициент теплопроводности материала  $\lambda = 40$  Вт/(м·°С). Коэффициенты теплоотдачи соответственно  $\alpha_1 = 200$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) и  $\alpha_2 = 10$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) и температуры  $t_{ж1} = 75^\circ\text{C}$  и  $t_{ж2} = 15^\circ\text{C}$ .

### Решение

Определим коэффициент теплопередачи по формуле:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2 \frac{F_2}{F_1}}} \quad k_1 = \frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{0,01}{40} + \frac{1}{10 \cdot 13}} = 87 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}^\circ$$

Плотность теплового потока определим по формуле:

$$q = k_1 (t_{ж1} - t_{ж2}) \quad q = 87 \cdot (75 - 15) = 4620 \text{ Вт/м}^2$$

При отсутствии рёбер имели бы:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad k = \frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{0,01}{40} + \frac{1}{10}} = 9,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}^\circ$$

Таким образом, оребрение поверхности позволяет увеличить теплопередачу более чем в 8 раз.

**Задание 5.** Определить потери теплоты трубопровода при следующих условиях: диаметр трубы  $d = 100$  мм, длина трубопровода  $l = 100$  м, температура воды  $t_1 = 130^\circ\text{C}$ , глубина заложения трубопровода  $h = 1,5$  м. Влагонепроницаемая изоляция имеет толщину  $\delta = 0,05$  м и теплопроводность  $\lambda_{\text{из}} = 0,15$  Вт/(м·К). Теплопроводность грунта  $\lambda_{\text{гр}} = 0,7$  Вт/(м·К). Средняя температура грунта  $t_0 = 3^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи с поверхности грунта  $\alpha_2 = 12$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Учитывая, что для воды  $\alpha_1 \rightarrow \infty$ , температуру стенки трубы можно принять равной температуре воды.

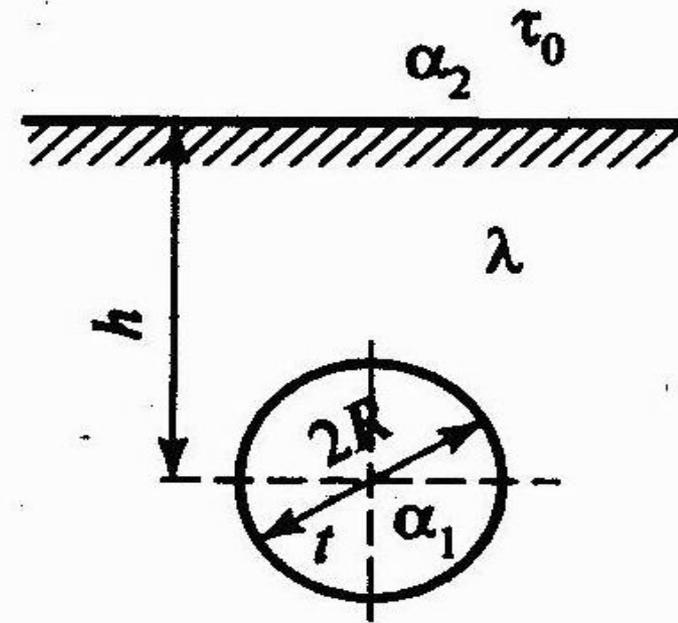
### Решение

По таблице П.1.1 приложения 1 (п.1) полное термическое сопротивление для одиночной трубы в полуограниченном пространстве, (м·К)/Вт:

$$R_{\Sigma}^* = \frac{1}{2\pi l} \left[ \frac{1}{\lambda_{\text{из}}} \ln \left( \frac{R_{\text{из}}}{R} \right) + \frac{1}{\lambda_{\text{гр}}} \ln \left( \frac{2}{R} \left( h + \frac{\lambda_{\text{гр}}}{\alpha_2} \right) \right) \right]$$

Учтём, что:

$$R = d/2 \quad R_{\text{из}} = d_{\text{из}}/2 \quad d_{\text{из}} = d + 2\delta$$



Получаем:

$$R_{\Sigma}^* = \frac{1}{2\pi l} \left[ \frac{1}{\lambda_{\text{из}}} \ln \left( \frac{d+2\delta}{d} \right) + \frac{1}{\lambda_{\text{гр}}} \ln \left( \frac{4}{d} \left( h + \frac{\lambda_{\text{гр}}}{\alpha_2} \right) \right) \right]$$

Потери теплоты трубопровода равны:

$$Q = \frac{t_1 - t_0}{R_{\Sigma}^*} = \frac{t_1 - t_0}{\frac{1}{2\pi l} \left[ \frac{1}{\lambda_{\text{из}}} \ln \left( \frac{d+2\delta}{d} \right) + \frac{1}{\lambda_{\text{гр}}} \ln \left( \frac{4}{d} \left( h + \frac{\lambda_{\text{гр}}}{\alpha_2} \right) \right) \right]}$$

$$Q = \frac{130 - 3}{\frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 100} \cdot \left[ \frac{1}{0,15} \cdot \ln \left( \frac{0,1 + 2 \cdot 0,05}{0,1} \right) + \frac{1}{0,7} \cdot \ln \left( \frac{4}{0,1} \cdot \left( 1,5 + \frac{0,7}{12} \right) \right) \right]} = 5180$$

**Задание 6.** Определить минимальную глубину  $h_0$  заложения неизолированной трубы диаметром  $d = 76$  мм, по которой течёт вода температурой  $t_{\text{тр}} = 130^\circ\text{C}$ . Учитывая, что для воды  $\alpha \rightarrow \infty$ , температуру стенки трубы можно принять равной температуре воды. Теплопроводность грунта  $\lambda_{\text{гр}} = 1,16$  Вт/(м·К), температура наружного воздуха  $t_{\text{н}} = -29^\circ\text{C}$ , теплоотдача с поверхности грунта  $\alpha_{\text{н}} = 23$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Удельные тепловые потери принять равными не более  $q_l = 310$  Вт/м. Определить температуру в точке  $M$ , расположенной над трубой на поверхности грунта.

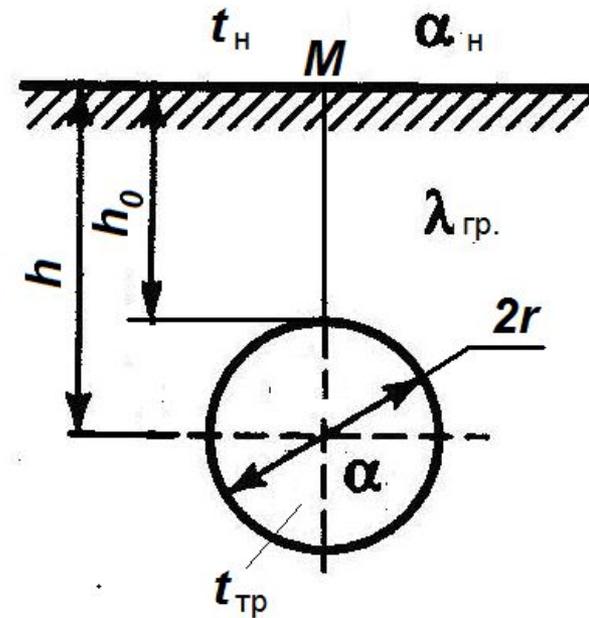
### Решение

Удельные потери теплоты трубопровода равны:

$$q_l = \frac{t_{\text{тр}} - t_{\text{н}}}{R_{\Sigma l}^*}$$

Выразим отсюда полное линейное термическое сопротивление для одиночной трубы в полуограниченном пространстве при отсутствии изоляции:

$$R_{\Sigma l}^* = \frac{t_{\text{тр}} - t_{\text{н}}}{q_l}$$



Для которого можно записать следующее выражение:

$$R_{\Sigma l}^* = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln \left[ \frac{2}{r} \left( h + \frac{\lambda_{\text{гр}}}{\alpha_{\text{н}}} \right) \right] \quad \text{или} \quad \frac{t_{\text{гр}} - t_{\text{н}}}{q_l} = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln \left[ \frac{2}{r} \left( h + \frac{\lambda_{\text{гр}}}{\alpha_{\text{н}}} \right) \right]$$

Выразим отсюда глубину закладки оси трубопровода:

$$h = \frac{r}{2} \exp \left\{ \frac{2\pi\lambda_{\text{гр}}}{q_l} (t_{\text{гр}} - t_{\text{н}}) \right\} - \frac{\lambda_{\text{гр}}}{\alpha_{\text{н}}}$$

Учитывая, что  $h = h_0 + r$   $r = d/2$  получим

$$h_{\text{оп}} = \frac{d}{4} \exp \left\{ \frac{2\pi\lambda_{\text{гр}}}{q_l} (t_{\text{гр}} - t_{\text{н}}) \right\} - \frac{\lambda_{\text{гр}}}{\alpha_{\text{н}}} - \frac{d}{2}$$

Подставим числовые значения:

$$h_0 = \frac{0,076}{4} \cdot \exp \left\{ \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,16}{310} \cdot (130 - (-29)) \right\} - \frac{1,16}{23} - \frac{0,076}{2} = 0,71$$

Температура в точке, расположенной над трубой на поверхности грунта равна:

$$t_{\text{м}} = t_{\text{тр}} - q_l R_l^*$$

$$R_l^* = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln \left[ \frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 - 1} \right] - \text{линейное термическое сопротивление грунта}$$

$$t_{\text{м}} = t_{\text{тр}} - \frac{q_l}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln \left[ \frac{2h_0 + d}{d} + \sqrt{\left(\frac{2h_0 + d}{d}\right)^2 - 1} \right]$$

Подставим числовые значения:

$$t_{\text{м}} = 130 - \frac{310}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,16} \cdot \ln \left[ \frac{2 \cdot 0,71 + 0,076}{0,076} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 0,71 + 0,076}{0,076}\right)^2 - 1} \right] = -26^{\circ}\text{C}$$

**Задание 7.** Определить линейную плотность теплового потока неизолированной трубы диаметром  $d = 76$  мм, по которой течёт вода температурой  $t_{\text{тр}} = 130^\circ\text{C}$  и температуру в точке, расположенной над трубой на поверхности грунта. Теплопроводность грунта  $\lambda_{\text{гр}} = 1,26$  Вт/(м·К), температура наружного воздуха  $t_{\text{н}} = -20^\circ\text{C}$ , теплоотдача с поверхности грунта  $\alpha_{\text{н}} = 23$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), глубина заложения трубы  $h_0 = 1,1$  м.

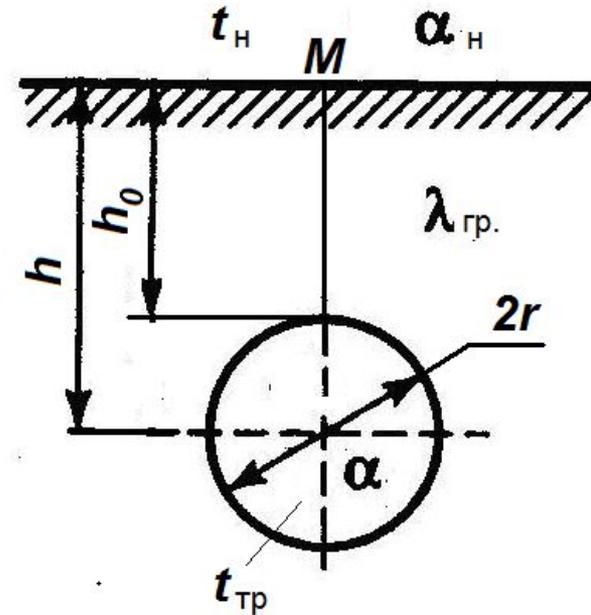
### Решение

Линейную плотность теплового потока неизолированной трубопровода равны:

$$q_l = \frac{t_{\text{тр}} - t_{\text{н}}}{R_{\Sigma l}^*}$$

Полное линейное термическое сопротивление для одиночной трубы в полуограниченном пространстве при отсутствии изоляции равно:

$$R_{\Sigma l}^* = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln \left[ \frac{2}{r} \left( h + \frac{\lambda_{\text{гр}}}{\alpha_{\text{н}}} \right) \right]$$



Учитывая, что  $h = h_0 + r$   $r = d/2$  получим

$$q_l = \frac{2\pi\lambda_{\text{гр}}(t_{\text{гр}} - t_{\text{н}})}{\ln \left[ \frac{4}{d} \left( h_0 + \frac{d}{2} + \frac{\lambda_{\text{гр}}}{\alpha_{\text{н}}} \right) \right]}$$

Подставим числовые значения:

$$q_l = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,26 \cdot (130 - (-20))}{\ln \left[ \frac{4}{0,076} \cdot \left( 1,1 + \frac{0,076}{2} + \frac{1,26}{23} \right) \right]} = 287 \text{ М}$$

Температура в точке, расположенной над трубой на поверхности грунта равна:

$$t_{\text{м}} = t_{\text{гр}} - q_l R_l^*$$

$$R_l^* = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln \left[ \frac{h}{r} + \sqrt{\left( \frac{h}{r} \right)^2 - 1} \right] \quad \text{— линейное термическое сопротивление грунта}$$

$$t_{\text{м}} = t_{\text{гр}} - \frac{q_l}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln \left[ \frac{2h_0 + d}{d} + \sqrt{\left( \frac{2h_0 + d}{d} \right)^2 - 1} \right]$$

Подставим числовые значения:

$$t_{\text{м}} = 130 - \frac{287}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,26} \cdot \ln \left[ \frac{2 \cdot 1,1 + 0,076}{0,076} + \sqrt{\left( \frac{2 \cdot 1,1 + 0,076}{0,076} \right)^2 - 1} \right] = -18^{\circ}\text{C}$$

**Задание 8.** Определить тепловые потоки от нагретой вертикальной поверхности в помещение за счет конвекции, излучения и полный тепловой поток. Найти их отношение  $\psi = Q_{\text{л}}/Q_{\text{к}}$ . Исходные данные: температура нагретой поверхности  $t_1 = 55^\circ\text{C}$ ; температура на поверхности стены  $t_2 = 15^\circ\text{C}$ ; температура воздуха в помещении  $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{C}$ ; площадь нагретой поверхности  $F_1 = 5 \text{ м}^2$ ; высота нагретой поверхности  $h_1 = 0,5 \text{ м}$ ; приведённый коэффициент теплового излучения  $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,80$ ; угловой коэффициент  $\phi_{12} = 1$ .

### Решение

Определим радиационный тепловой поток по формуле

$$Q_{\text{л}} = \varepsilon_{\text{пр}} \sigma \phi_{12} (T_1^4 - T_2^4) F_1$$

Подставим числовые значения

$$Q_{\text{л}} = 0,8 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \cdot (328^4 - 288^4) \cdot 5 = 1065$$

Найдём для воздуха коэффициент теплопроводности, кинематическую вязкость и число Прандтля при температуре воздуха [по таблице](#)

$$\lambda = 0,0257 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)} \quad \cdot \quad \nu = 14,88 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} \quad \text{Pr} = 0,703$$

Определим критерий Нуссельта по формуле

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n$$

Число Грасгофа определим по формуле

$$Gr = \frac{g\beta(t_{\text{в}} - t_{\text{г}})h^3}{\nu^2}$$

Коэффициент объёмного расширения воздуха определим по равенству

$$\beta = \frac{1}{t_{\text{в}} + 273}$$

Определим произведение числа Грасгофа на число Прандтля по выражению

$$Gr \cdot Pr = \frac{g(t_{\text{в}} - t_{\text{г}})h^3}{(t_{\text{в}} + 273)\nu^2} Pr$$

Подставим числовые значения

$$Gr \cdot Pr = \frac{9,81 \cdot (55 - 18) \cdot 0,5^3 \cdot 0,703}{(18 + 273) \cdot (14,88 \cdot 10^{-6})^2} = 4,95 \cdot 10^8$$

Постоянные  $C$  и  $n$  определим по [таблице](#)

$$C = 0,75 \quad n = 0,25$$

Подставим числовые значения в формулу для критерия Нуссельта

$$Nu = 0,75 \cdot (4,95 \cdot 10^8)^{0,25} = 111,9$$

Коэффициент теплоотдачи определим по выражению  $\alpha = Nu \frac{\lambda}{h_1}$

Рассчитаем эту величину  $\alpha = \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К} \cdot \frac{0,0257}{0,5} = 5,75$

Конвективный тепловой поток определим по формуле  $Q_k = \alpha(t_1 - t_b)F_1$

Подставим числовые значения

$$Q_k = 5,75 \cdot (55 - 18) \cdot 5 = 1064$$

Рассчитаем суммарный тепловой поток

$$Q = 1065 + 1064 = 2129$$

Вычислим отношение радиационного теплового потока к конвекционному

$$\psi = \frac{1065}{1064} = 1,001$$

Физические свойства сухого воздуха ( $p = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па} = 760 \text{ мм рт.ст.}$ )

$T, \text{K}$	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$c_p, \frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$	$\lambda \cdot 10^2, \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})}$	$\alpha \cdot 10^6, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$\mu \cdot 10^6, \frac{\text{Па} \cdot \text{с}}$	$\nu \cdot 10^6, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	Pr
223	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0,728
233	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,728
243	1,453	1,013	2,2	14,9	15,7	10,8	0,723
253	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	12,79	0,716
263	1,342	1,009	2,36	17,4	16,7	12,43	0,712
273	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
283	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
293	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
303	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16	0,701
313	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
323	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0,698
333	1,06	1,005	2,9	26,2	20,1	18,97	0,696
343	1,029	1,009	2,96	28,6	20,6	20,02	0,694
353	1,000	1,009	3,05	30,2	20,1	21,09	0,692
363	0,972	1,009	3,13	31,9	21,5	22,1	0,69
373	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13	0,688
393	0,898	1,009	3,34	36,8	22,8	25,45	0,686
413	0,854	1,013	3,49	40,3	23,7	27,80	0,684
433	0,815	1,017	3,64	43,9	24,5	30,09	0,682
453	0,779	1,022	3,78	47,5	25,3	32,49	0,681
473	0,746	1,026	3,93	51,4	26,0	34,85	0,68
523	0,674	1,038	4,27	61,0	27,4	40,61	0,677
573	0,615	1,047	4,6	71,6	29,7	48,33	0,674
623	0,566	1,059	4,91	81,9	31,4	55,46	0,676
673	0,524	1,068	5,21	93,1	33,0	63,09	0,679
773	0,456	1,093	5,74	115,3	36,2	79,38	0,687
873	0,404	1,114	6,22	138,3	39,1	96,89	0,699
973	0,362	1,135	6,71	163,4	41,8	115,4	0,706
1073	0,329	1,156	7,18	188,8	44,3	134,8	0,713
1173	0,301	1,172	7,63	216,2	46,7	155,1	0,717
1273	0,277	1,185	8,07	245,9	49,0	177,1	0,719
1373	0,257	1,197	8,5	276,2	51,2	199,3	0,722
1473	0,239	1,21	9,15	316,5	63,5	233,7	0,724



$Gr \cdot Pr$	$C$	$n$	Условия обтекания
$1 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^9$	0,5	0,25	На горизонтальной трубе
$1 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^9$	0,75	0,25	Вдоль вертикальной трубы и стенки
$> 1 \cdot 10^9$	0,15	0,33	

**Задание 9.** Определить тепловые потоки от нагретой вертикальной поверхности в помещение за счет конвекции и излучения. Найти их отношение  $\psi = Q_{\text{л}}/Q_{\text{к}}$ . Исходные данные определить по таблице по последней цифре зачётной книжки.

$$\phi_{12} = 1.$$

номер	Характеристики вертикальной нагретой поверхности				Температура, °C	
	$h_1$ , м	$F_1$ , м <sup>2</sup>	$t_1$ , °C	$\varepsilon_{\text{пр}}$	$t_2$	$t_{\text{в}}$
0	0,5	5,0	55	0,9	15	20
1	0,8	5,5	60	0,84	13	25
2	1,5	6,0	45	0,8	12	20
3	1,0	4,5	70	0,82	13	30
4	0,5	4,0	50	0,86	12	25
5	0,5	5,0	60	0,92	10	20
6	0,5	6,0	55	0,9	12	22
7	0,5	4,8	60	0,92	14	17
8	0,5	5,0	65	0,94	13	20
9	0,5	5,2	50	0,84	12	20