Задание 1. Определить радиационный тепловой поток, испускаемый в пространство верхней поверхностью горизонтальной квадратной плоской пластины размерами 2х2 м с температурой T = 450 К и степенью черноты тела ε= 0,65.

Решение

Находим радиационный тепловой поток от абсолютно черного тела с температурой 450 К:

$$Q_0 = \sigma T^4 F$$

Определим действительный радиационный тепловой поток от тела со степенью черноты тела ε = 0,65:

$$Q = \varepsilon \sigma T^4 F$$

Подставим числовые значения:

$$Q = 0{,}65 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 450^4 \cdot 2 \cdot 2 = 6045 \text{ Вт}$$

Задание 2. Как изменится радиационный тепловой поток, испускаемый в пространство нагретой поверхностью, если ее температура увеличится в 2 раза?

Решение

Радиационный тепловой поток от тела с температурой T_1:

$$Q_1 = \varepsilon\sigma T_1^4 F$$

И соответственно от тела с температурой T_2:

$$Q_2 = \varepsilon\sigma T_2^4 F$$

Найдём отношение радиационных тепловых потоков:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\varepsilon\sigma T_2^4 F}{\varepsilon\sigma T_1^4 F} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4$$

Подставим числовые значения:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{2T_1}{T_1}\right)^4 = 16$$

Задание 3. Определить степень черноты нагретой поверхности, если известно, что при равных тепловых потоках температура абсолютно черного тела такой же площади на 20% меньше?

Решение

Находим радиационный тепловой поток от абсолютно черного тела с температурой $T_{\text{ачт}}$:

$$Q = \sigma T_{\text{ачт}}^4 F$$

Определим температуру абсолютно чёрного тела через температуру нагретой поверхности T: $T_{\text{ачт}} = 0{,}8T$

Так как тепловой поток реальной нагретой поверхности:

$$Q = \varepsilon \sigma T^4 F$$

Отсюда определим степень черноты тела:

$$\varepsilon = \frac{\sigma T_{\text{ачт}}^4 F}{\sigma T^4 F} = \left(\frac{T_{\text{ачт}}}{T}\right)^4$$

Подставим числовые значения:

$$\varepsilon = \left(\frac{0{,}8T}{T}\right)^4 = 0{,}410$$

Задание 4. Определить температуру электрического излучателя t_1, если его длина l = 3 м и диаметр d = 0,5 мм. Степень черноты поверхности провода ε = 0,9. Температура ограждающей арматуры t_2 = 20°С. Потребляемая мощность составляет 0,5 кВт. Учесть только радиационный тепловой поток.

Решение

Определим площадь поверхности провода:

$$F = \pi dl$$

По условию вся потребляемая мощность затрачивается на излучение:

$$Q = qF = \varepsilon\sigma(T_1^4 - T_2^4)\pi dl$$

Определим температуру t_1:

$$\frac{Q}{\varepsilon\sigma\pi dl} = (T_1^4 - T_2^4) \qquad T_1^4 = \frac{Q}{\varepsilon\sigma\pi dl} + T_2^4 \qquad t_1 = \sqrt[4]{\frac{Q}{\varepsilon\sigma\pi dl} + T_2^4} - 273$$

Подставим числовые значения:

$$t_1 = \sqrt[4]{\frac{500}{0{,}9 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 3{,}14 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 3} + 293^4} - 273 = 929°\mathrm{C}$$

Задание 5. Определить температуру электрической спирали t, если её длина $l = 5$ см и диаметр $d = 0{,}3$ мм. Степень черноты поверхности спирали $\varepsilon = 0{,}3$. При напряжении $U = 220$ В величина тока в цепи $I = 0{,}3$ А. Считать, что вся теплота теряется в результате излучения.

$t = 2740°C$

Задание 6. Определить истинную температуру тела, если показания пирометра составляют t_0 = 1100°С (T_0 = 1373К) при применении красного фильтра (λ = 0,7 мкм = $0{,}7\cdot10^{-6}$ м). Степень черноты тела при указанной длине волны ε_λ = 0,65.

Решение

Находим яркость тела:

$$E_n = \frac{E_\lambda}{\pi} \qquad E_\lambda = \varepsilon_\lambda E_{0\lambda} \qquad E_{0\lambda} = \frac{c_1\lambda^{-5}}{e^{c_2/\lambda T} - 1}$$

$$E_n = \frac{\varepsilon_\lambda c_1\lambda^{-5}}{\pi(e^{c_2/\lambda T} - 1)} \qquad c_1 = 3{,}74\cdot10^{-16}\ \text{Вт}\cdot\text{м}^2 \qquad c_2 = 1{,}44\cdot10^{-2}\ \text{м}\cdot\text{К}$$

Определим интенсивность (яркость) абсолютно черного тела:

$$E_{0n} = \frac{E_{0\lambda}}{\pi} = \frac{c_1\lambda^{-5}}{\pi(e^{c_2/\lambda T_0} - 1)}$$

Из условия $E_n = E_{0n}$ получим:

$$\frac{\varepsilon_\lambda}{e^{c_2/\lambda T} - 1} = \frac{1}{e^{c_2/\lambda T_0} - 1} \qquad e^{c_2/\lambda T} >> 1 \qquad e^{c_2/\lambda T_0} >> 1$$

$$\varepsilon_\lambda e^{c_2/\lambda T_0} = e^{c_2/\lambda T}$$

$$\ln \varepsilon_\lambda + \frac{c_2}{\lambda T_0} = \frac{c_2}{\lambda T}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{\lambda}{c_2} \ln \varepsilon_\lambda$$

$$t = \frac{1}{\frac{1}{T_0} + \frac{\lambda}{c_2} \ln \varepsilon_\lambda} - 273$$

$$t = \frac{1}{\frac{1}{1373} + \frac{7 \cdot 10^{-7}}{1{,}44 \cdot 10^{-2}} \cdot \ln 0{,}65} - 273 = 1140°\mathrm{C}$$

Задание 7. Определить потерю теплоты путём излучения с поверхности стальной трубы диаметром 70 мм и длиной 3 м при температуре поверхности 227°С, если труба находится: а) в большом кирпичном помещении, температура стенок которого 27°С; б) в кирпичном канале, площадь которого равна 0,3×0,3 м^2 при температуре стенок 27 °С.

Решение

а) Согласно условию $F_1 \ll F_2$, поэтому $\varepsilon_п = \varepsilon_1$.

По таблице для окиси стали определяем коэффициент черноты: $\varepsilon_1 = 0,80$

Тогда потери теплоты определим по формуле:

$$Q_{12} = \varepsilon_1 c_0 F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \qquad F_1 = \pi d l$$

Подставим числовые значения:

$$F_1 = 3,14 \cdot 0,07 \cdot 3 = 0,66 \text{ м}^2$$

$$Q_{12} = 0,80 \cdot 5,67 \cdot 0,66 \cdot \left[\left(\frac{500}{100} \right)^4 - \left(\frac{300}{100} \right)^4 \right] = 1630 \text{ Вт}$$

Степень черноты полного нормального излучения для различных материалов

Наименование материала	t, °C	ε
Алюминий полированный	225—575	0,039—0,057
То же шероховатый	26	0,055
Алюминий, окисленный при 600°C	200—600	0,11—0,19
Железо полированное	425—1020	0,144—0,377
Железо, свежеобработанное наждаком . . .	20	0,242
Железо окисленное	100	0,736
Железо окисленное гладкое	125—525	0,78—0,82
Железо литое необработанное	925—1115	0,87—0,95
Стальное литье полированное	770—1040	0,52—0,56
Сталь листовая шлифованная	940—1100	0,55—0,61
Сталь окисленная при 600°C	200—600	0,80
Сталь листовая с плотным блестящим слоем окиси	25	0,82
Чугун обточенный	830—990	0,60—0,70
Чугун, окисленный при 600°C	200—600	0,64—0,78
Окись железа	500—1200	0,85—0,95

Определим площадь поверхности кирпичной стенки:

$$F_2 = 0,3 \cdot 4 \cdot 3 = 3,6 \ \text{м}^2$$

Определим по таблице ε_2 для кирпича: $\varepsilon_2 = 0,93$

Определим приведённый коэффициент черноты $\varepsilon_п$:

$$\varepsilon_п = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + F_1/F_2\,(1/\varepsilon_2 - 1)} \qquad \varepsilon_п = \frac{1}{1/0,80 + (0,66/3,6)\cdot(1/0,93 - 1)} = 0,79$$

Тогда потери теплоты определим по формуле:

$$Q_{12} = \varepsilon_п c_0 F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

$$Q_{12} = 0,79 \cdot 5,67 \cdot 0,66 \cdot \left[\left(\frac{500}{100} \right)^4 - \left(\frac{300}{100} \right)^4 \right] = 1610 \ \text{Вт}$$

Наименование материала	t, °C	ε
Оцинкованное листовое железо серое, окисленное	24	0,276
Асбестовый картон	24	0,96
Асбестовая бумага	40—370	0,93—0,945
Бумага тонкая, наклеенная на металлическую пластину	19	0,924
Вода	0—100	0,95—0,963
Гипс	20	0,903
Дуб строганый	20	0,895
Кварц плавленый, шероховатый	20	0,932
Кирпич красный, шероховатый, но без больших неровностей	20	0,93
Кирпич динасовый, неглазурованный, шероховатый	100	0,80
Кирпич динасовый, глазурованный, шероховатый	1100	0,85
Кирпич шамотный, глазурованный	1100	0,75
Кирпич огнеупорный	—	0,8—0,9

Задача 8. Определить средний угловой коэффициент и плотность теплового потока при теплообмене излучением между двумя бесконечными параллельными пластинами. Расстояние между пластинами h = 4 м, ширина пластин $a_1 = a_2 = 1{,}5$ м. Степень черноты пластин одинаковая $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0{,}75$. Температуры пластин $t_1 = 450$°C и $t_2 = 150$°C.

Решение

Используя метод эффективных потоков, имеем:

$$Q_{л12} = Q_{12} = \varphi_{12} E_{эф1} F_1 - \varphi_{21} E_{эф2} F_2$$

Учитывая, что:

$$E_{эф1} = E_{р1}\left(1 - \frac{1}{A_1}\right) + \frac{E_{с1}}{A_1} \qquad E_{с1} = \varepsilon_1 \sigma T_1^4$$

$$E_{эф2} = E_{р2}\left(1 - \frac{1}{A_2}\right) + \frac{E_{с2}}{A_2} \qquad E_{с2} = \varepsilon_2 \sigma T_2^4$$

Получим:

$$Q_{р12} = \varphi_{12} E_{р1}\left(1 - \frac{1}{A_1}\right) F_1 + \varphi_{12} \frac{\varepsilon_1 \sigma T_1^4}{A_1} F_1 - \varphi_{21} E_{р2}\left(1 - \frac{1}{A_2}\right) F_2 - \varphi_{21} \frac{\varepsilon_2 \sigma T_2^4}{A_2} F_2$$

Учитывая, что для серого тела коэффициенты поглощения $A_1 = \varepsilon_1$ и $A_2 = \varepsilon_2$, а также принимая во внимание выражения:

$$Q_{р1} = E_{12}\;F \qquad\qquad Q_{р2} = E_{21}\;F \qquad\qquad Q_{12} = -Q_{21}$$

Получим:

$$Q_{12} = \varphi_{12} Q_{12}\left(1 - \frac{1}{\varepsilon_1}\right) + \varphi_{12}\sigma T_1^{\,4} F_1 + \varphi_{21} Q_{12}\left(1 - \frac{1}{\varepsilon_2}\right) - \varphi_{21}\sigma T_2^{\,4} F_2$$

Преобразуя данное выражение, получим:

$$Q_{12} = \frac{\varphi_{12}\sigma T_1^{\,4} F_1 - \varphi_{21}\sigma T_2^{\,4} F_2}{1 - \varphi_{12}\left(1 - \dfrac{1}{\varepsilon_1}\right) - \varphi_{21}\left(1 - \dfrac{1}{\varepsilon_2}\right)}$$

Учитывая, что $\phi_{12} F_1 = \phi_{21} F_2$, тогда для двух бесконечных параллельных пластин одинаковой ширины согласно справочным данным табл.П.3.1 Приложения 3 средние угловые коэффициенты $\phi_{12} = \phi_{21}$ равны:

$$\varphi_{12} = \sqrt{1 + \left(\frac{h}{a}\right)^2} - \frac{h}{a} \qquad\qquad \varphi_{12} = \sqrt{1 + \left(\frac{4}{1,5}\right)^2} - \frac{4}{1,5} = 0,181$$

Преобразуя данное выражение, получим:

$$q_{12} = \frac{\sigma(T_1^{\,4} - T_2^{\,4})\varphi_{12}}{1 + \varphi_{12}\left(\dfrac{1}{\varepsilon_1} - 1\right) + \varphi_{21}\left(\dfrac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)}$$

Подставим числовые значения:

$$Q_{12} = \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (723^4 - 423^4) \cdot 0,181 \cdot 4 \cdot 1,5}{1 + 0,181 \cdot \left(\dfrac{1}{0,75} - 1\right) + 0,181 \cdot \left(\dfrac{1}{0,75} - 1\right)} = 3210\ \text{Вт/м}^2$$

Задача 9. Определить тепловой поток при теплообмене излучением между двумя дисками диаметрами d = 0,1 м. Расстояние между дисками h = 0,4 м. Степень черноты дисков $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0{,}8$. Температуры дисков t_1 = 400°С и t_2 = 100°С.

Решение

Тепловой поток определим по выражению

$$Q_{12} = \frac{\varphi_{12}\sigma T_1^4 F_1 - \varphi_{21}\sigma T_2^4 F_2}{1-\varphi_{12}\left(1-\frac{1}{\varepsilon_1}\right)-\varphi_{21}\left(1-\frac{1}{\varepsilon_2}\right)}$$

Учитывая, что $\phi_{12}F_1 = \phi_{21}F_2$, тогда для двух бесконечных параллельных пластин одинаковой ширины согласно справочным данным табл.П.3.1 Приложения 3 средние угловые коэффициенты $\phi_{12} = \phi_{21}$ равны:

$$\varphi_{12} = \varphi_{21} = \left[\frac{h}{d} - \sqrt{1+\left(\frac{h}{d}\right)^2}\right]^2$$

Подставим числовые значения:

$$\varphi_{12} = \left[\frac{0,4}{0,1} - \sqrt{1+\left(\frac{0,4}{0,1}\right)^2}\right]^2 = 0,015$$

Преобразуя данное выражение, получим:

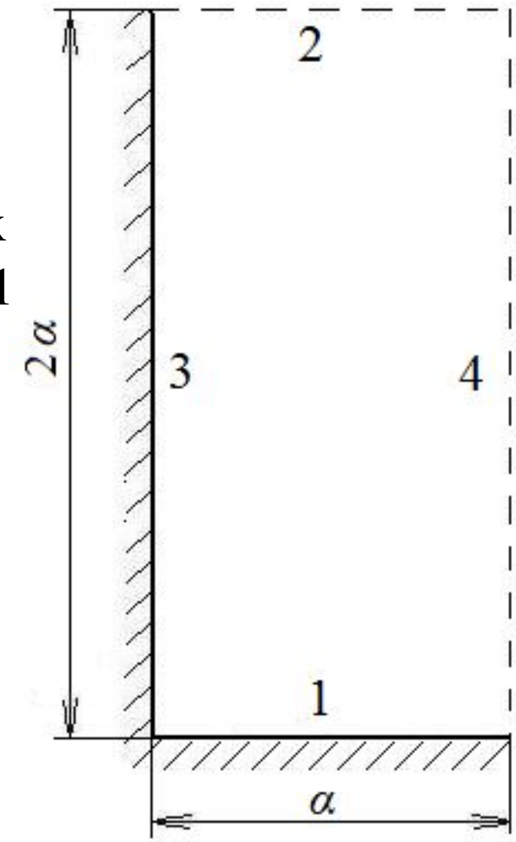
$$Q_{12} = \frac{\sigma(T_1^{\,4} - T_2^{\,4})\varphi_{12}F_1}{1 + \varphi_{12}\left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1\right) + \varphi_{21}\left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)} \qquad F_1 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$Q_{12} = \frac{\sigma(T_1^{\,4} - T_2^{\,4})\varphi_{12}\pi d^2}{4\left[1 + \varphi_{12}\left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1\right) + \varphi_{21}\left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)\right]}$$

Подставим числовые значения:

$$Q_{12} = \frac{5,67\cdot 10^{-8}\cdot(673^4 - 373^4)\cdot 0,015\cdot 3,14\cdot 0,1^2}{4\cdot\left[1 + 0,015\cdot\left(\frac{1}{0,8} - 1\right) + 0,015\cdot\left(\frac{1}{0,8} - 1\right)\right]} = 1,23\ \text{Вт}$$

Задача 10. Определить средний угловой коэффициент излучения с меньшей пластины на большую при теплообмене излучением между двумя длинными перпендикулярными пластинами (см. рис.).



Решение

Замкнем расчетную схему условными поверхностями 2 и 4.

Тогда средний угловой коэффициент для параллельных поверхностей 1 и 2 согласно справочным данным табл.П.3.1 Приложения 3 найдем из выражения:

$$\varphi_{12} = \sqrt{1+\left(\frac{h}{a}\right)^2} - \frac{h}{a}$$

где h − расстояние между поверхностями 1 и 2 или ширина поверхности 3, $h = 2a$; a − ширина поверхности 1.

Отсюда имеем

$$\varphi_{12} = \sqrt{1+\left(\frac{2a}{a}\right)^2} - \frac{2a}{a} \qquad \varphi_{12} = \sqrt{1+2^2} - 2 = 0,236$$

Исходя из условий:

$$\varphi_{11} + \varphi_{12} + \varphi_{13} + \varphi_{14} = 1 \qquad \varphi_{14} = \varphi_{13} \qquad \varphi_{11} = 0$$

Получим:

$$2\varphi_{13} = 1 - \varphi_{12}$$

$$\varphi_{13} = \frac{1 - \varphi_{12}}{2}$$

$$\varphi_{13} = \frac{1 - 0,236}{2} = 0,382$$

Задача 11. Определить тепловой поток между двумя плоскими поверхностями, если между ними помещено два тонких экрана. Исходные данные: температуры тел $t_1 = 300°C$ и $t_2 = 30°C$; площади тел и экрана $F_1 = F_2 = F = 5$ м^2; ширина тел и экрана $a_1 = a_2 = a = 1$ м; расстояние между телами $h = 0{,}4$ м; степень черноты тел $\varepsilon_1 = 0{,}8$ и $\varepsilon_2 = 0{,}95$; степень черноты экранов $\varepsilon = 0{,}9$.

Решение

Используя данные табл. П.3.2 Приложения 3, получим выражение для определения теплового потока:

$$Q = \varepsilon_{\text{пр}} \sigma \left(T_1^4 - T_2^4 \right) \varphi_{12} F_1 \qquad \varphi_{12} = \sqrt{1 + \left(\frac{h}{a} \right)^2} - \frac{h}{a}$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\left[\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + 2\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\varepsilon_i} - (n+1) \right]} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{4}{\varepsilon} - 3}$$

Подставим числовые значения:

$$\varphi_{12} = \sqrt{1 + \left(\frac{0{,}4}{1} \right)^2} - \frac{0{,}4}{1} = 0{,}677$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\dfrac{1}{0{,}8} + \dfrac{1}{0{,}95} + \dfrac{4}{0{,}9} - 3} = 0{,}267$$

$$Q = 0{,}267 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (573^4 - 303^4) \cdot 0{,}677 \cdot 5 = 5090 \text{ Вт}$$

Задача 12. Определить тепловой поток в результате теплообмена излучением между поверхностями внутренних стен, пола и потолка с внутренней поверхностью наружной стены. Исходные данные: размеры и высота помещения соответственно aхb = 4,4х5 м и h = 2,7 м; размеры наружной стены aхh = 4,4х2,7 м; температура поверхности наружной стены $t_н$ = 14°С; температура воздуха в помещении $t_в$ = 20°С; степень черноты всех поверхностей ε = 0,95; температура поверхности внутренних стен при отсутствии теплообмена со смежными помещениями $t_{вн}$ = 20°С.

Решение

Определяем суммарную площадь излучающих поверхностей:

$$F_1 = 2ab + (a + 2b)h$$

Известно, что в замкнутых системах лучистого теплообмена, когда излучающая поверхность (без самооблученных участков типа сферы) полностью окружена облученными поверхностями, суммарная взаимная площадь излучения равна площади меньшей из излучающей и облученной поверхностей. Так как участвующие в лучистом теплообмене поверхности образуют замкнутую систему, то суммарная взаимная площадь излучения равна:

$$F_\Sigma = F_2 = ah$$

Используя метод эффективных потоков, определим плотность результирующего теплового потока:

$$E_{\text{р}12} = \frac{\sigma\left(T_1^4 - T_2^4\right)}{\dfrac{1}{\varepsilon_1} + \left(\dfrac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)}$$

Используя метод эффективных потоков, определим результирующий тепловой поток:

$$Q_{\text{р}12} = E_{\text{р}12} F_2 \qquad T_1 = T_{\text{вн}} \qquad T_2 = T_{\text{н}} \qquad \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$$

$$Q_{\text{р}12} = \frac{\sigma\left(T_{\text{вн}}^4 - T_{\text{н}}^4\right)}{\dfrac{2}{\varepsilon} - 1} ah$$

Подставим числовые значения:

$$Q_{\text{р}12} = \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \left(293^4 - 287^4\right)}{\dfrac{2}{0,95} - 1} \cdot 4,4 \cdot 2,7 = 357 \text{ Вт}$$

Задача 13. Определить коэффициент ослабления луча слоем диоксида углерода толщиной 40 мм, если после прохождения этого слоя интенсивность луча уменьшилась на 80%.

Решение

Коэффициент ослабления луча в поглощающей среде α_λ можно найти по закону Бугера:

$$I_{\lambda,l} = I_{\lambda,l=0}e^{-\alpha_\lambda l}$$

Из этого закона выразим α_λ: $\alpha_\lambda = -\frac{1}{l}\ln\left(\frac{I_{\lambda,l}}{I_{\lambda,l=0}}\right)$

По условию задачи: $\frac{I_{\lambda,l}}{I_{\lambda,l=0}} = 1 - 0,8$

Подставим числовые значения:

$$\alpha_\lambda = -\frac{1}{0,04}\cdot\ln\left(1-0,8\right) = 40 \qquad ^{-1}$$

Задача 14. Определить удельный тепловой поток излучением от дымовых газов к стенкам газохода при атмосферном давлении при следующих условиях: размеры газохода 800х800 мм, температура стенки $T_с$ = 350°C, степень черноты поверхности $ε_с$ = 0,95; газы имеют среднюю температуру $T_г$ = 650°C, содержат 15% диоксида углерода и 6% водяных паров, парциальное давление которых соответственно равно p_{CO2} = 15 кПа и p_{H2O} = 6 кПа.

Решение

Эффективную длину пути луча на 1 м длины газохода определим по приближенному соотношению:

$$l = m\frac{4V}{F}$$

где V − объём газового тела; m = 0,9 − поправочный коэффициент; F − площадь поверхности оболочки.

$$V = 1\cdot 0,8\cdot 0,8 = 0,64 \text{ м}^3 \qquad F = 4\cdot 1\cdot 0,8 + 2\cdot 0,8\cdot 0,8 = 4,48 \text{ м}^2$$

$$l = 0,9\cdot\frac{4\cdot 0,64}{4,48} = 0,51 \text{ м}$$

Определим произведения эффективной длины на парциальные давления:

$$p_{CO_2} l = 15000 \cdot 0,51 = 7650 \text{ Па} \cdot \text{м} = 0,0765 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot \text{м}$$

$$p_{H_2O} l = 6000 \cdot 0,51 = 3060 \text{ Па} \cdot \text{м} = 0,0306 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot \text{м}$$

По графикам определяем значения коэффициентов теплового излучения ε_{CO2}, $\varepsilon_{H2\,O}$ и поправочного коэффициента β.

$$\varepsilon_{CO_2} = 0,11 \qquad \varepsilon_{H_2O} = 0,066 \qquad \beta = 1,04$$

Степень черноты дымовых газов определим по формуле:

$$\varepsilon_{\text{г}} = \varepsilon_{CO_2} + \beta \varepsilon_{H_2O} \qquad \varepsilon_{\text{г}} = 0,11 + 1,04 \cdot 0,066 = 0,179$$

Находим эффективный коэффициент черноты стенок канала:

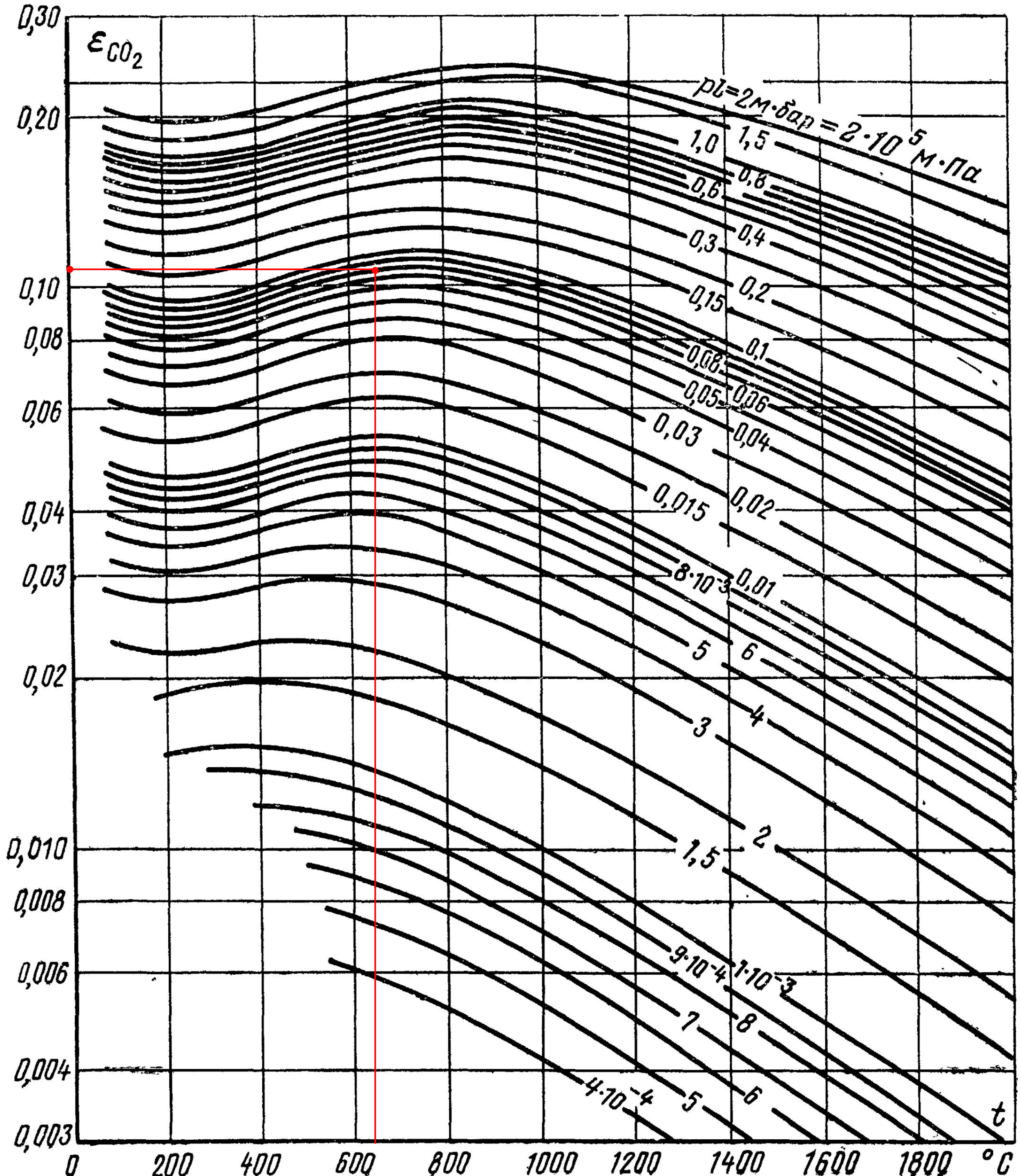
$$\varepsilon'_{\text{с}} = 0,5(1 + \varepsilon_{\text{с}}) \qquad \varepsilon'_{\text{с}} = 0,5 \cdot (1 + 0,95) = 0,975$$

Отсюда удельный тепловой поток излучением от дымовых газов к стенкам газохода при атмосферном давлении найдем по формуле:

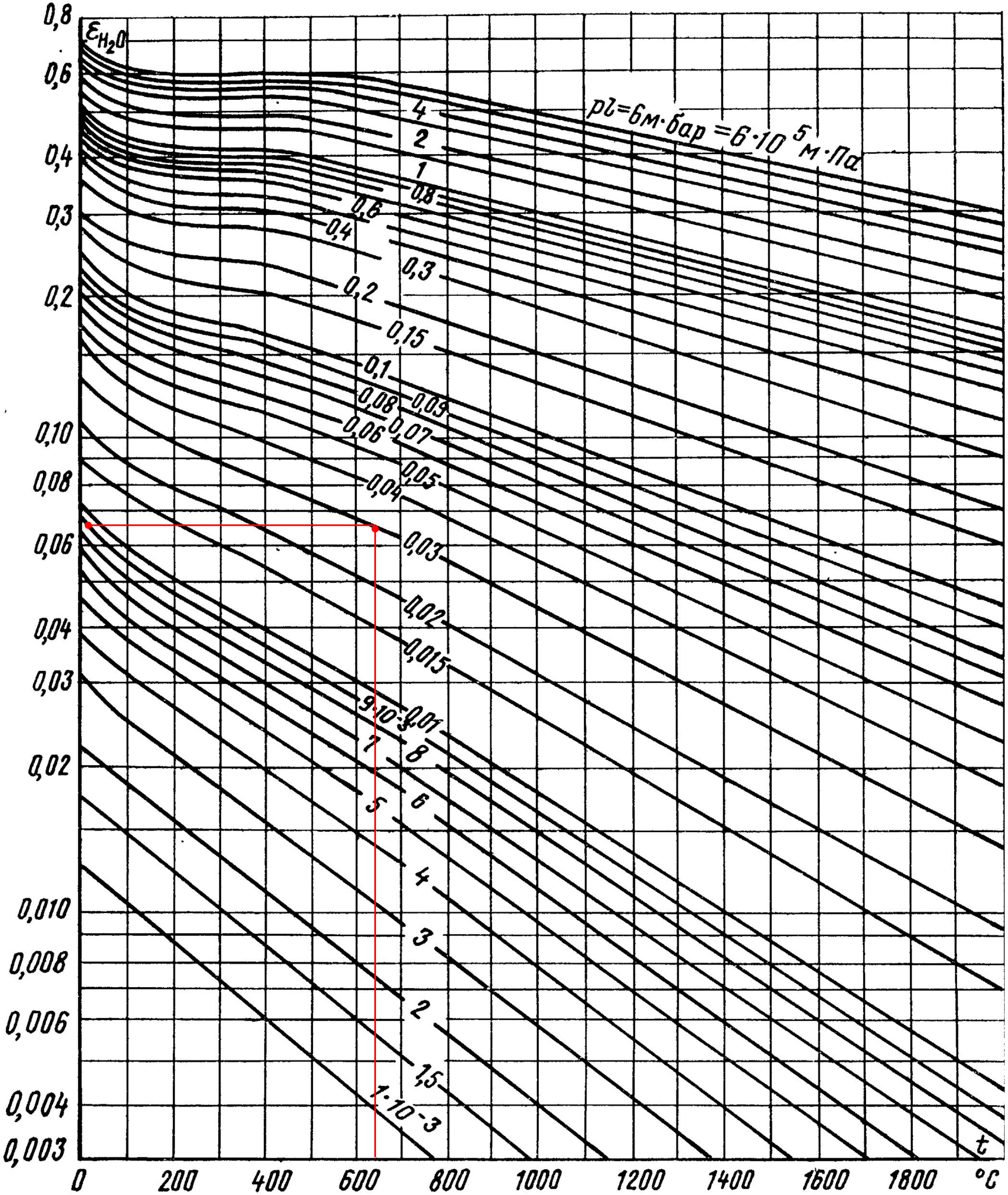
$$q_l = \varepsilon'_{\text{с}} \varepsilon_{\text{г}} \sigma (T_{\text{г}}^{\,4} - T_{\text{с}}^{\,4})$$

Подставим числовые значения:

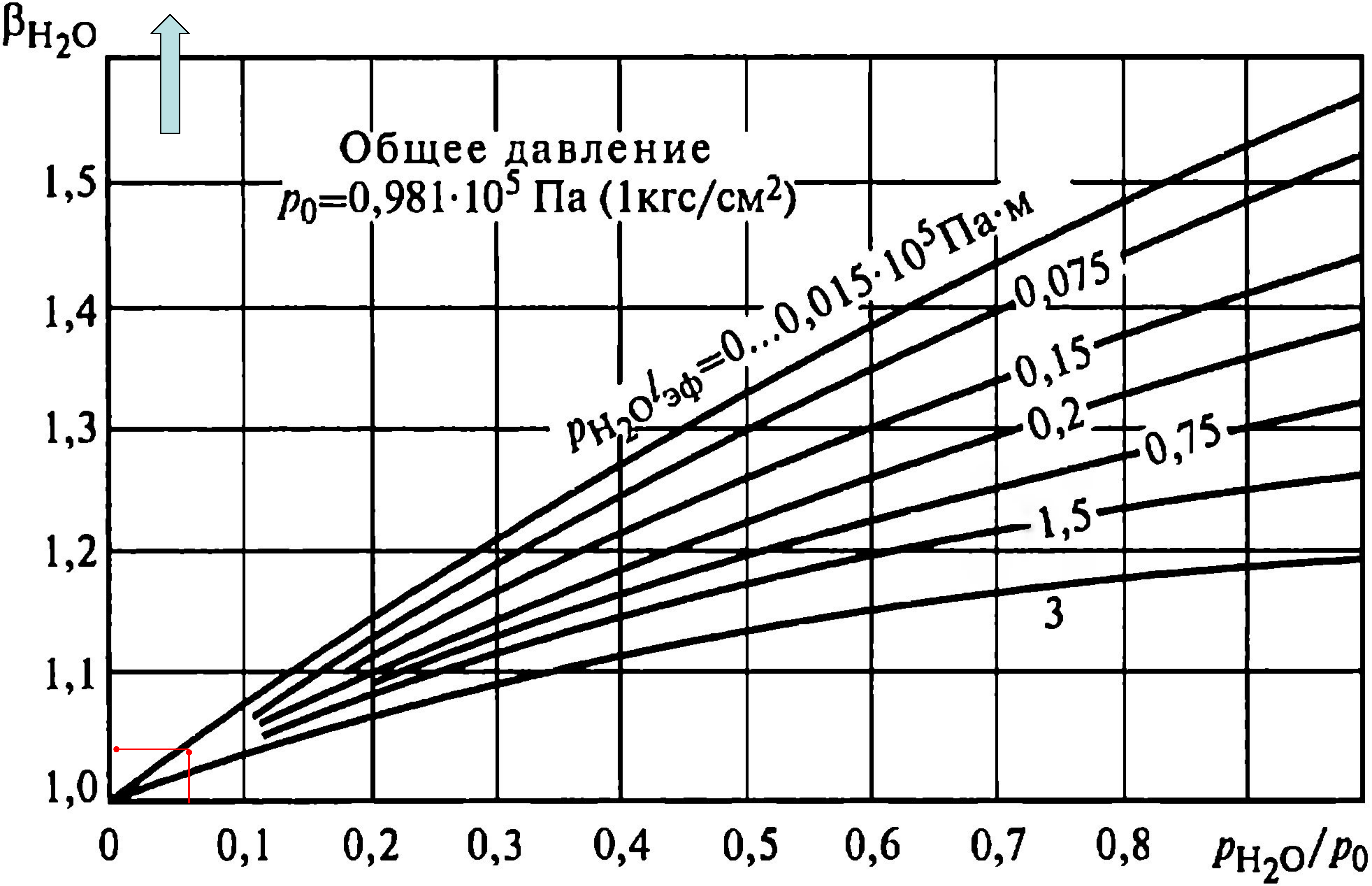
$$q = 0,975 \cdot 0,179 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (923^4 - 623^4) = 5690 \text{ Вт/м}^2$$



ε_{CO_2}
0,30
0,20
0,10
0,08
0,06
0,04
0,03
0,02
0,010
0,008
0,006
0,004
0,003
$pl = 2$ м·бар $= 2\cdot10^5$ м·Па
1,5
1,0
0,8
0,6
0,4
0,3
0,2
0,15
0,1
0,08
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,015
0,01
$8\cdot10^{-3}$
6
5
4
3
2
1,5
$1\cdot10^{-3}$
$9\cdot10^{-4}$
8
7
6
5
$4\cdot10^{-4}$
t
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
°C



ε_{H_2O}
0,8
0,6
0,4
0,3
0,2
0,10
0,08
0,06
0,04
0,03
0,02
0,010
0,008
0,006
0,004
0,003
$pl = 6$ м·бар $= 6 \cdot 10^5$ м·Па
4
2
1
0,8
0,6
0,4
0,3
0,2
0,15
0,1
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,015
0,01
$9 \cdot 10^{-3}$
8
7
6
5
4
3
2
1,5
$1 \cdot 10^{-3}$
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
t
°C



β_{H_2O}
Общее давление
$p_0=0{,}981\cdot10^5$ Па (1кгс/см^2)
$p_{H_2O}l_{эф}=0\ldots0{,}015\cdot10^5$ Па·м
0,075
0,15
0,2
0,75
1,5
3
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1,0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
p_{H_2O}/p_0

Задача 15. Известно, что спектр излучения Солнца близок к спектру излучения абсолютно чёрного тела. Найти температуру поверхности Солнца, если максимальное значение спектральной плотности потока его излучения приходится на длину волны $\lambda_{max} = 0{,}5$ мкм. Найти также интегральную плотность потока и интегральную интенсивность излучения Солнца.

Решение

Температуру поверхности Солнца определим из закона смещения Вина

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T} \qquad T = \frac{b}{\lambda_{max}}$$

Подставим числовые значения $\quad T = \dfrac{2{,}9 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-7}} = 5800$ К

Интегральную плотность потока определим по закону Стефана-Больцмана

$$E_0 = \sigma T^4 \qquad E_0 = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 5800^4 = 64{,}2 \cdot 10^6 \text{ Вт/м}^2 = 64{,}2 \text{ МВт/м}^2$$

Интегральную интенсивность (яркость) излучения определим по формуле

$$I_0 = \frac{E_0}{\pi} \qquad I_0 = \frac{64{,}2}{3{,}14} = 20{,}4 \text{ МВт/(м}^2 \cdot \text{ср)}$$

Задача 16. Для серого тела известно: $E_{пад}$ = 62,5 кВт/м^2, $E_{погл}$ = 46,9 кВт/м^2, T = =1000 К. Найти $E_{соб}$.

Решение

Собственную интегральную плотность потока серого тела определим по формуле

$$E_{соб} = \varepsilon\sigma T^4$$

Степень черноты серого тела определим из выражения $E_{погл} = \varepsilon E_{пад}$

$$\varepsilon = \frac{E_{погл}}{E_{пад}}$$

Подставим это выражение в формулу собственной интегральной плотности потока излучения

$$E_{соб} = \frac{E_{погл}}{E_{пад}}\sigma T^4$$

Подставим числовые значения

$$E_{соб} = \frac{46,9}{62,5}\cdot 5,67\cdot 10^{-8}\cdot 1000^4 = 42500\ \text{Вт/м}^2 = 42,5\ \text{кВт/м}^2$$

Задача 17. Чему равно значение ε_λ для серого тела, если T = 1350 К, а $E_{соб}$ = 150,7 кВт/м^2.

Решение

Собственную интегральную плотность потока серого тела определим по формуле

$$E_{соб} = \varepsilon_\lambda \sigma T^4$$

Выразим коэффициент черноты серого тела

$$\varepsilon_\lambda = \frac{E_{соб}}{\sigma T^4}$$

Подставим числовые значения

$$\varepsilon_\lambda = \frac{150700}{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1350^4} = 0,80$$

Задача 18. Чему равны степень черноты серого тела и значение $E_{соб}$ при температуре $T = 800$ К, если $E_{пад} = 60$ кВт/м^2, $E_{погл} = 48$ кВт/м^2?

Решение

Степень черноты серого тела определим по формуле

$$\varepsilon = \frac{E_{погл}}{E_{пад}}$$

Подставим числовые значения $\varepsilon = \dfrac{48}{60} = 0{,}80$

Собственную интегральную плотность потока серого тела определим по формуле

$$E_{соб} = \varepsilon \sigma T^4$$

$$E_{соб} = 0{,}8 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 800^4 = 18600 \text{ Вт/м}^2 = 18{,}6 \text{ кВт/м}^2$$