

07.02.2023, 09.02.2023 (4 час.) ХКМ2/1 КУРС II

ОП.05 Термодинамика, теплотехника и гидравлика

Специальность: 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)»

Фотографии работы прислать в личном сообщении

ВК или на эл.почту: **tbraznik59@mail.ru**

На фотографиях вверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 04.02.2023, группа ХКМ

Практическая работа №11

Тема: Определение теплового потока и температур поверхностей стенок в случае теплообмена теплопроводностью. Определение толщины изоляционного слоя.

Цель: Получить практические навыки в определении теплового потока и температур поверхностей стенок, толщины изоляционного слоя. в случае теплообмена теплопроводностью.

Методические пояснения и рекомендации

Однослойная и многослойная плоские стенки

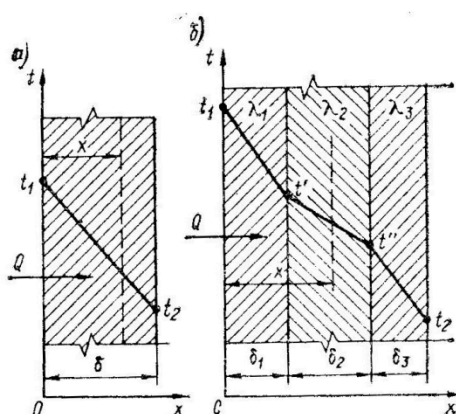


Рисунок 11.1 - Передача теплоты теплопроводностью через плоскую стенку: а — однослойную; б — многослойную

Распределение температур по толщине стенки подчиняется закону прямой линии.

$$q = (t_1 - t_2)/(\delta/\lambda),$$

где $t_1 - t_2$ — температурный напор; δ/λ — термическое сопротивление стенки; λ/δ — тепловая проводимость материала.

Таким образом, количество теплоты, проходящей через единицу поверхности стенки в единицу времени, прямо пропорционально температурному напору и обратно пропорционально термическому сопротивлению.

В расчетной практике чаще оперируют не общим количеством теплоты (Дж), а тепловым потоком (количеством теплоты в единицу времени, Вт), тогда формула примет вид

$$Q = [(t_1 - t_2)/(\delta/\lambda)] F.$$

Температура на поверхности стенки:

$$t_1 = t_2 + q\delta/\lambda \text{ или } t_2 = t_1 - q\delta/\lambda.$$

В общем случае температура в любом сечении стенки

$$t_x = t_1 - qx/\lambda.$$

Многослойная стенка. В практике часто встречаются стенки, состоящие из нескольких слоев различных материалов (рис. 11.2,6).

Тепловой поток через стенку, содержащую n слоев,

$$Q = (t_1 - t_{n+1}) F / \sum_{i=1}^n (\delta_i / \lambda_i),$$

где стоящая в знаменателе сумма представляет собой полное термическое сопротивление многослойной стенки.

Цилиндрическая однослойная и многослойная стенки.

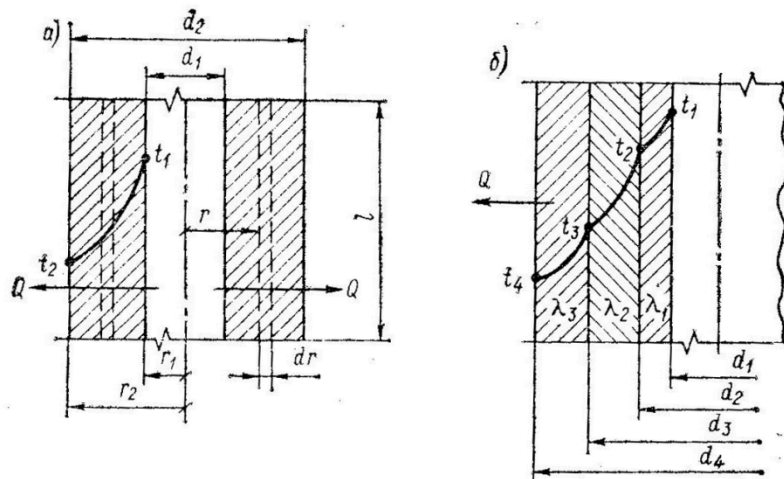


Рисунок 11.2 - Передача теплоты теплопроводностью через цилиндрическую стенку: а — однослойную; б — многослойную

Распределение температур в стенке цилиндрической трубы подчиняется закону логарифмической кривой.

Тепловой поток через стенку определится из выражения :

$$Q = 2\pi\lambda l (t_1 - t_2) / \ln (d_2/d_1).$$

Тепловой поток, проходящий через цилиндрическую стенку, может быть отнесен к единице площади внутренней (q_1) или внешней (q_2) поверхности либо к единице длины трубы (q_l). В последнем случае он

называется *линейной плотностью теплового потока* (Вт/м), в отличие от общепринятой плотности теплового потока (Вт/м²). Расчетные формулы принимают вид :

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{Q}{\pi d_1 l} = \frac{2\lambda (t_1 - t_2)}{d_1 \ln (d_2/d_1)}; \\ q_2 &= \frac{Q}{\pi d_2 l} = \frac{2\lambda (t_1 - t_2)}{d_2 \ln (d_2/d_1)}; \\ q_l &= \frac{Q}{l} = \frac{2\pi\lambda (t_1 - t_2)}{\ln (d_2/d_1)} = \frac{\pi (t_1 - t_2)}{[1/(2\lambda)] \ln (d_2/d_1)}. \end{aligned}$$

Температуры на границах промежуточных слоев (рис. 11.2, б) находят из уравнений:

$$\left. \begin{aligned} t_2 &= t_1 - Q \ln (d_2/d_1)/(2\pi\lambda_1 l); \\ t_3 &= t_2 - Q \ln (d_3/d_2)/(2\pi\lambda_2 l), \end{aligned} \right\}$$

или

$$t_{i+1} = t_1 - \frac{1}{2\pi l} Q \sum_{i=1}^i \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}.$$

Шаровая стенка

$$Q = \frac{4\pi\lambda (t_1 - t_2)}{1/r_1 - 1/r_2} = \frac{2\pi\lambda \Delta t}{1/d_1 - 1/d_2} = \pi\lambda \frac{d_1 d_2}{\delta} \Delta t.$$

Исходные данные (задание):

1. По условиям задач 1 -3 рассчитать требуемые величины.

Вариант 1

1. Через плоскую стенку топки паровозного котла толщиной $\delta = 14$ мм от газов к кипящей воде проходит удельный тепловой поток $q = 25000$ Вт/м².

Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ст}=50$ Вт/ (м ·°С). Определить перепад температуры на поверхностях стенки.

2. Стенка нагревательной печи имеет два слоя кирпича. Внутренний слой выполнен из огнеупорного кирпича толщиной $\delta = 350$ мм, а наружный из красного толщиной $\delta = 250$ мм. Определить температуру на внутренней поверхности стенки и на внутренней стороне красного кирпича, если на наружной стороне температура стенки 90°C , а потеря тепла через 1 м^2 стенки равна 1 кВт. Коэффициенты теплопроводности огнеупорного и красного кирпича соответственно равны $\lambda_{о.к.}=1.4$ Вт/ (м ·°С) и $\lambda_{к.к.}=0,58$ Вт/ (м ·°С).

3. Определить необходимую толщину изоляции, если допустимые температуры ее поверхностей $t_1 = 350^\circ\text{C}$ и $t_2 = 50^\circ\text{C}$, а удельный тепловой поток через изоляцию не должен превосходить 450 Вт/м². Коэффициент теплопроводности изоляции $\lambda=0.12$ Вт/ (м ·°С). Решить задачу для плоской стенки и трубы с наружным диаметром 102 мм.

Вариант 2

1. Слой льда на поверхности воды имеет толщину 400 мм, а температуры на нижней и верхней поверхностях 0°C и -15°C . Определить тепловой поток через 1 м^2 поверхности льда, если коэффициент теплопроводности льда $\lambda_{л.}=2,25$ Вт/ (м ·°С). Как изменится тепловой поток, если лед покроется слоем снега толщиной 350 мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{с.}=0,465$ Вт/ (м ·°С), а температура на поверхности снега будет $t_{с.}=-20^\circ\text{C}$.

2. Температура на одной из поверхностей кирпичной стенки $t_1=20^\circ\text{C}$, а на другой – $t_2=-30^\circ\text{C}$. Определить удельный тепловой поток через стену и глубину ее промерзания до температуры $t_1 \leq 0^\circ\text{C}$, если толщина стенки $\delta=250$ мм. Принять коэффициент теплопроводности кирпича $\lambda=0,55$ Вт/ (м ·°С).

3. Определить необходимую толщину изоляции, если допустимые температуры ее поверхностей $t_1 = 400^\circ\text{C}$ и $t_2 = 100^\circ\text{C}$, а удельный тепловой поток через изоляцию не должен превосходить 550 Вт/м². Коэффициент теплопроводности изоляции $\lambda=0.12$ Вт/ (м ·°С). Решить задачу для плоской стенки и трубы с наружным диаметром 100 мм.

Порядок выполнения работы:

1. Выполнить задание в соответствии с данными своего варианта (чет., нечет.)

2. Ответить письменно на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что называется теплообменом?
2. Что такое тепловой поток?
3. Что такое поверхностная плотность теплового потока?
4. Какие величины влияют на теплопроводность?
5. Что такое термическое сопротивление стенки?
6. Где поверхностная плотность теплового потока, проходящего через цилиндрическую стенку, больше: на внутренней или на внешней ее поверхности?