

Тема 3.4 Теплопередача

План

1. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку. Коэффициент теплопередачи.
2. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку
3. Тепловая изоляция. Критический диаметр изоляции.
4. Теплопередача через ребреные поверхности

Основная литература:

1 Крестин Евгений Александрович. Основы гидравлики и теплотехники
Редактор: Смирнова Н. А. Издательство: Кнорус, 2020 г.

Серия: Среднее профессиональное образование

Подробнее: <https://www.labirint.ru/books/733774/>

2 Брюханов О. Н, Мелик-Аракелян А.Т., Коробко В.И. Основы гидравлики и теплотехники: учебник (3-е издание), - М.: Издательский центр «Академия», 2017.

3 Лашутина Н.Г. и др. Техническая термодинамика с основами теплопередачи и гидравлики: учебник- Л.: Машиностроение, 1988.

Дополнительная литература:

1 Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для среднего профессионального образования / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. -4-е изд., перераб. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2022. - 454 с. - (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12196-4. - Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. —URL: <https://urait.ru/bcode/495923> .

2 Жуховицкий Д.А. Сборник задач по технической термодинамике: учебное пособие, второе издание-г. Ульяновк, 2007

Интернет-ресурсы:

1 Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. –
Режим доступа: <http://fcior.edu.ru>

2 Электронная библиотека. Электронные учебники. - Режим доступа:
<http://subscribe.ru/group/mehanika-studentam/>

2. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку

Рассмотрим однослойную цилиндрическую стенку (трубу) с внутренним диаметром $d_{вн}$, наружным $d_{н}$ и длиной l . Стенка трубы характеризуется коэффициентом теплопроводности λ . Внутри трубы течет более нагретая среда с температурой $t_{т}$, снаружи — более холодная с температурой $t_{х}$. Суммарные коэффициенты теплоотдачи на внутренней и наружной поверхностях трубы $\alpha_{вн}$ и $\alpha_{н}$. Температуры поверхностей стенки $t_{ст1}$ и $t_{ст2}$ неизвестны (рис. 3.4.2).

Если длина трубы l во много раз превосходит ее толщину δ , то потерями теплоты с торцов трубы можно пренебречь. В установившемся тепловом режиме плотность теплового потока, переданного

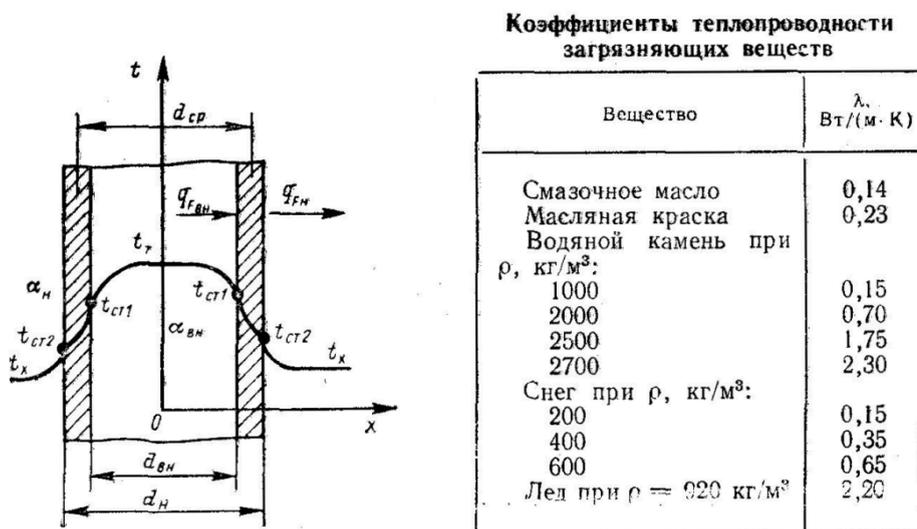


Рисунок 3.4.2 -Теплопередача через цилиндрическую стенку

от горячей среды к стенке, прошедшего через нее и переданного от стенки к холодной среде, одинакова. Следовательно, можно записать:

от горячей среды к стенке, прошедшего через нее и переданного от стенки к холодной среде, одинакова. Следовательно, можно записать:

$$\left. \begin{aligned} q_l &= Q/l = \alpha_{вн} \pi d_{вн} (t_{т} - t_{ст1}); \\ q_l &= \frac{2\pi\lambda (t_{ст1} - t_{ст2})}{\ln(d_{н}/d_{вн})}; \\ q_l &= \alpha_{н} \pi d_{н} (t_{ст2} - t_{х}). \end{aligned} \right\}$$

Решив уравнения относительно частных температурных напоров и сложив отдельно правые и левые части, получим выражение для полного температурного напора

$$t_T - t_X = \frac{q_l}{\pi} \left[\frac{1}{\alpha_{ВН} d_{ВН}} + \frac{1}{2\lambda} \ln(d_H/d_{ВН}) + \frac{1}{\alpha_H d_H} \right].$$

Отсюда находим значение линейной плотности теплового потока

$$q_l = \frac{\pi(t_T - t_X)}{\frac{1}{\alpha_{ВН} d_{ВН}} + \frac{1}{2\lambda} \ln(d_H/d_{ВН}) + \frac{1}{\alpha_H d_H}} = k_l \pi (t_T - t_X),$$

где k_l — линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м·К), показывающий, какое количество теплоты передается от одной среды к другой через цилиндрическую стенку длиной 1 м в единицу времени при разности температур сред в один градус.

Из выражения следует

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{ВН} d_{ВН}} + \frac{1}{2\lambda} \ln(d_H/d_{ВН}) + \frac{1}{\alpha_H d_H}}.$$

Величина, обратная линейному коэффициенту теплопередачи, называется линейным термическим сопротивлением теплопередачи:

$$R_l = \frac{1}{k_l} = \frac{1}{\alpha_{ВН} d_{ВН}} + \frac{1}{2\lambda} \ln(d_H/d_{ВН}) + \frac{1}{\alpha_H d_H} = R_{l_{ВН}} + R_{l_{ст}} + R_{l_H}.$$

Термические сопротивления теплоотдачи $1/(\alpha_H d_H)$ и $1/(\alpha_{ВН} d_{ВН})$ для цилиндрической стенки зависят не только от коэффициента α , но и от диаметров соответствующих поверхностей.

Тепловой поток через цилиндрическую стенку может быть отнесен к внутренней или наружной ее поверхности. Поверхностная плотность теплового потока составляет, Вт/м²:

$$q_{F_{ВН}} = Q/(\pi d_{ВН} l) = (k_l/d_{ВН}) (t_T - t_X);$$

$$q_{F_H} = Q/(\pi d_H l) = (k_l/d_H) (t_T - t_X).$$

Отсюда можно найти коэффициенты теплопередачи, отнесенные к внутренней и наружной поверхностям трубы:

$$k_{\text{вн}} = k_l/d_{\text{вн}} = \frac{1}{1/\alpha_{\text{вн}} + [d_{\text{вн}}/(2\lambda)] \ln (d_{\text{н}}/d_{\text{вн}}) + d_{\text{вн}}/(\alpha_{\text{н}}d_{\text{н}})};$$

$$k_{\text{н}} = k_l/d_{\text{н}} = \frac{1}{d_{\text{н}}/(\alpha_{\text{вн}}d_{\text{вн}}) + [d_{\text{н}}/(2\lambda)] \ln (d_{\text{н}}/d_{\text{вн}}) + 1/\alpha_{\text{н}}}.$$

Соотношения между плотностями тепловых потоков и коэффициентами теплопередачи имеют вид:

$$q_l = \pi d_{\text{вн}} q_{F \text{ вн}} = \pi d_{\text{н}} q_{F \text{ н}}; \quad k_l = \pi d_{\text{вн}} k_{\text{вн}} = \pi d_{\text{н}} k_{\text{н}}.$$

В случае передачи теплоты через многослойную цилиндрическую стенку в уравнениях должны быть учтены термические сопротивления теплопроводности всех ее слоев. Тогда линейный тепловой поток, Вт/м

$$q_l = \frac{\pi (t_{\text{т}} - t_{\text{х}})}{1/(\alpha_{\text{вн}}d_{\text{вн}}) + \sum_{i=1}^n [1/(2\lambda_i)] \ln (d_{\text{н}i}/d_{\text{вн}i}) + 1/(\alpha_{\text{н}}d_{\text{н}+1})},$$

или

$$q_l = k_l \pi (t_{\text{т}} - t_{\text{х}}),$$

а полное термическое сопротивление, (м К)/Вт

$$R_l = 1/(\alpha_{\text{вн}}d_{\text{вн}}) + \sum_{i=1}^n [1/(2\lambda_i)] \ln (d_{\text{н}i}/d_{\text{вн}i}) + 1/(\alpha_{\text{н}}d_{\text{н}+1}).$$

Неизвестные температуры поверхности однослойной цилиндрической стенки находят из соотношений :

$$t_{\text{ст}1} = t_{\text{т}} - (q_l/\pi) [1/(\alpha_{\text{вн}}d_{\text{вн}})];$$

$$t_{\text{ст}2} = t_{\text{т}} - (q_l/\pi) \{1/(\alpha_{\text{вн}}d_{\text{вн}}) + [1/(2\lambda)] \ln (d_{\text{н}}/d_{\text{вн}})\}.$$