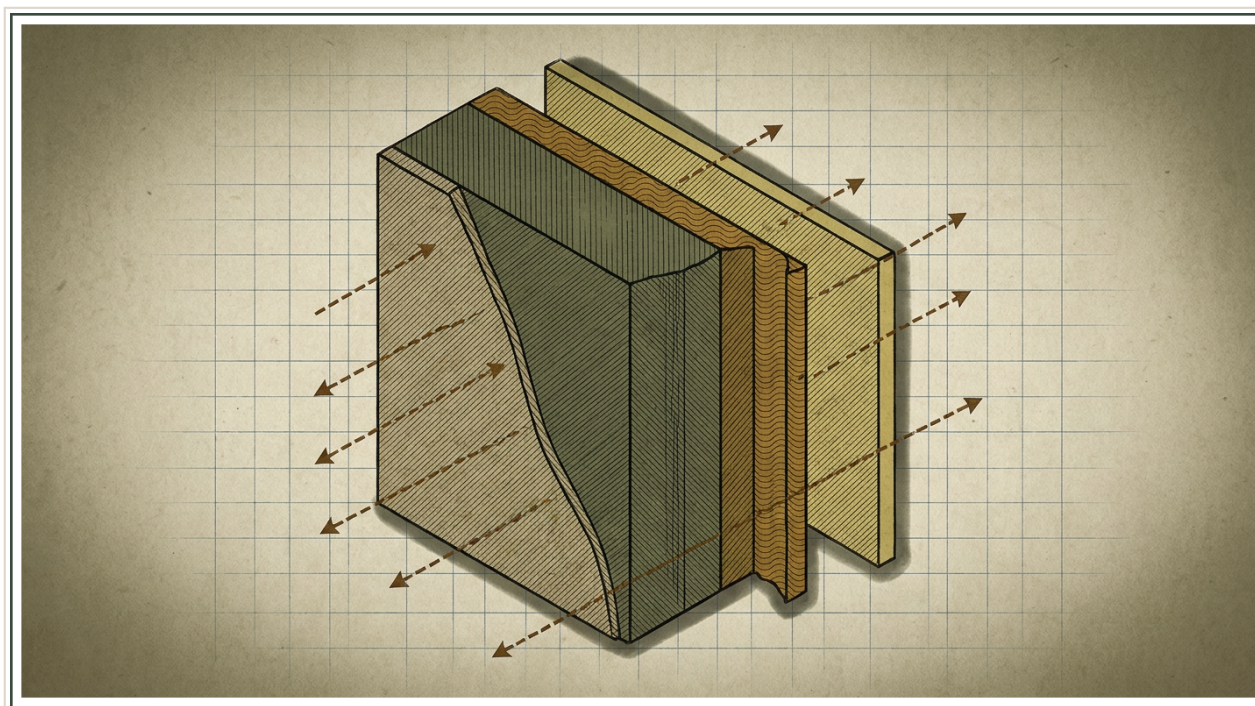


Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку

теория теплообмена · формулы и вывод

Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку: закон Фурье, формулы сопротивления, таблица теплопроводности материалов и почему тонкий слой накипи резко снижает k .



Падение температуры в плоской и цилиндрической стенке при теплопроводности

Теплопроводность — перенос тепла внутри твёрдого тела без перемещения вещества. В теплообменнике это тот участок пути, где тепло идёт сквозь стенку пластины или трубы. Описывает его закон Фурье, а расчётная формула зависит от геометрии: для плоской стенки одна, для цилиндрической (трубы) — другая, с логарифмом. Понимание этого звена нужно, чтобы правильно собрать термическое сопротивление и коэффициент теплопередачи.

$$q = -\lambda \cdot dt/dx \text{ (закон Фурье)}$$

q — плотность теплового потока, Вт/м²; λ — теплопроводность, Вт/(м·К); dt/dx — градиент температуры

Коротко

Плоская стенка: температура падает по прямой, сопротивление $R = \delta/\lambda$. Цилиндрическая: температура падает по логарифму, потому что площадь растёт с радиусом.

1. Плоская стенка

Для однослойной плоской стенки тепловой поток и сопротивление считаются просто:

$$Q = \lambda \cdot F \cdot (t_1 - t_2) / \delta; R_{ст} = \delta / \lambda$$

δ — толщина, м; F — площадь, м²; t_1, t_2 — температуры поверхностей

Для многослойной стенки сопротивления слоёв складываются — как в пластине с покрытием или слоем накипи:

$$R_{\Sigma} = \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \dots$$

каждый слой добавляет своё сопротивление последовательно

2. Цилиндрическая стенка (труба)

У трубы наружная площадь больше внутренней, поэтому поток «расходится» и температура падает нелинейно. Сопротивление на единицу длины:

$$R_{\text{ц}} = \ln(d_2/d_1) / (2\pi \cdot \lambda)$$

d_1, d_2 — внутренний и наружный диаметры; результат — сопротивление на 1 м длины трубы

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

L — длина трубы, м

Знаете ли вы

Для тонкостенной трубы (d_2/d_1 близко к 1) логарифм $\ln(d_2/d_1) \approx (d_2 - d_1)/d_1$, и формула цилиндра переходит в формулу плоской стенки. Поэтому для тонких пластин ПТО всегда пользуются плоской моделью.

3. Теплопроводность материалов

Материал	λ , Вт/(м·К)
Медь	≈ 390
Алюминий	≈ 220
Латунь	≈ 110
Углеродистая сталь	≈ 50
Титан	≈ 22
Нержавеющая сталь	≈ 17
Накипь (карбонат кальция)	$\approx 1,5$
Вода (для сравнения)	$\approx 0,6$

4. Пример: сопротивление стенки и накипи

Стальная труба $\delta=2$ мм ($\lambda=50$) с накипью 0,5 мм ($\lambda=1,5$) на плоской модели:

$$R_{\text{ст}} = 0,002/50 = 0,00004; R_{\text{нак}} = 0,0005/1,5 = 0,00033$$

накипь при вдесятеро меньшей толщине даёт в 8 раз большее сопротивление

Этот контраст объясняет, почему тонкий слой накипи так резко снижает k : у отложений теплопроводность в десятки раз ниже, чем у металла.

5. Частые вопросы

Чем отличается расчёт плоской и цилиндрической стенки?

У плоской температура падает линейно, $R=\delta/\lambda$. У цилиндрической площадь растёт с радиусом, падение логарифмическое, $R=\ln(d_2/d_1)/(2\pi\lambda)$. Для тонких труб разница пренебрежимо мала.

Почему накипь так сильно снижает теплопередачу?

У накипи $\lambda \approx 1,5$ против 17–50 у металла. Даже слой 0,5 мм даёт сопротивление больше, чем вся металлическая стенка, и роняет коэффициент k .

Влияет ли материал пластины на теплопередачу заметно?

Для тонких металлических пластин почти нет: их сопротивление на порядок меньше сопротивлений теплоотдачи. Медь и нержавейка дадут близкий k ; материал берут по коррозии и прочности.

6. Глоссарий

Термин	Определение
Закон Фурье	$q = -\lambda \cdot dt/dx$ — плотность теплового потока пропорциональна градиенту температуры.
Теплопроводность λ	Вт/(м·К) — способность материала проводить тепло.
Цилиндрическая стенка	Труба; сопротивление считается через логарифм отношения диаметров.



Не уверены в расчёте — спросите инженера

Онлайн-подбор, методики и таблицы: msmteplo.ru

Инженер-консультант онлайн: [задать вопрос](#)

Телефон: 8 (800) 302-58-75 · E-mail: zakaz@msmteplo.ru

МСМ-ТЕПЛО — устройство, расчёт и подбор теплообменного оборудования.

Наведите камеру телефона на QR — откроется онлайн-консультант.

Темы документа: теплопередача через стенку, закон Фурье, теплопроводность, плоская цилиндрическая стенка, накипь