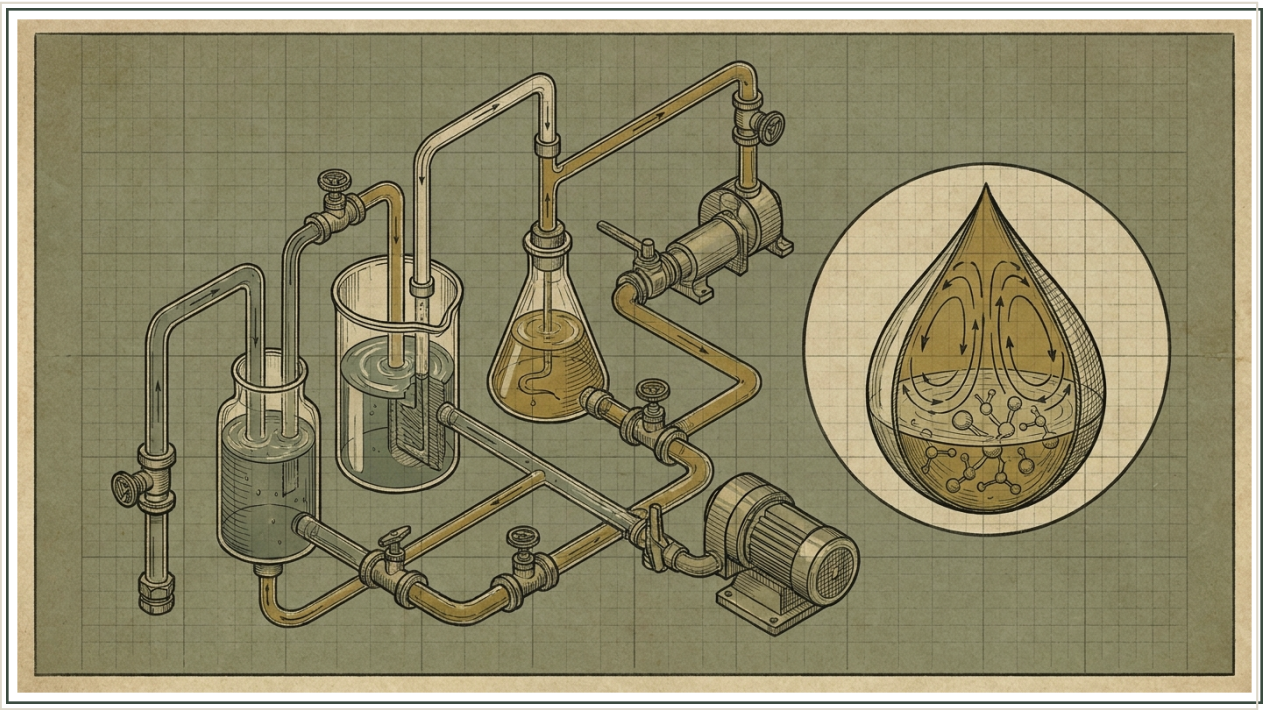
Теплопроводность материалов: справочная таблица

справочные таблицы · теплофизика

Теплопроводность материалов: медь 390, нержавейка 15, накипь 1–2, изоляция 0,03–0,05 Вт/(м·K); металлы стенки почти не мешают теплопередаче, а накипь и изоляция решают, где тепло теряется. Расчёт термического сопротивления стенки.



Теплопроводность материалов: металлы проводят, изоляция и накипь сопротивляются

Пластина теплообменника делит два потока, и вопрос «из чего она» — это вопрос о том, сколько тепла пройдёт сквозь стенку. Но парадокс в том, что в хорошем аппарате сопротивление самой стенки почти не мешает: медь, сталь, титан проводят тепло на порядки лучше, чем жидкость его отдаёт. Зато у изоляции и накипи теплопроводность мизерная — и вот они-то и решают, где тепло теряется, а где копится. Этот справочник сводит теплопроводность конструкционных металлов, изоляции и отложений в одну таблицу — от неё считают термическое сопротивление стенки.

Коротко

Металлы стенки проводят тепло в сотни-тысячи раз лучше жидкости, поэтому их сопротивление в коэффициенте теплопередачи почти незаметно. Реальные барьеры — накипь (λ ≈ 1–2) и особенно изоляция (λ ≈ 0,03–0,05 Вт/(м·K)).

1. Теплопроводность конструкционных металлов

Значения при около-комнатной температуре. Медь и алюминий — лидеры; нержавейка проводит заметно хуже углеродистой стали, а титан ещё скромнее, но это не мешает ему в пластинах.

Материал	λ, Вт/(м·K)
Медь	390

Материал	λ, Вт/(м·К)
Алюминий	220
Латунь	110
Углеродистая сталь	50
Нержавеющая сталь AISI 304/316	15
Титан	22
Чугун	50

2. Теплопроводность изоляции и строительных сред

Материал	λ, Вт/(м·К)
Минеральная вата	0,040
Пенополиуретан (ППУ)	0,028
Пенополистирол	0,038
Вспененный каучук	0,036
Воздух (неподвижный)	0,026
Вода	0,600
Бетон	1,50
Кирпич	0,70

3. Отложения — скрытый барьер теплопередачи

Накипь и биоплёнка тонки, но их теплопроводность в десятки раз ниже металла — миллиметр накипи «весит» в сопротивлении как сантиметры стали. Именно отложения, а не толщина стенки, гробят теплопередачу в эксплуатации.

Отложение	λ, Вт/(м·К)
Накипь карбонатная	1,0–2,5
Накипь сульфатная	0,5–1,0
Сажа, нагар	0,07–0,10
Биоплёнка, ил	0,5–0,7

> **Частая ошибка**
>
> Гнаться за «медной» пластиной ради теплопередачи. В воде-воде стенка из нержавейки 0,5 мм добавляет ничтожное сопротивление, а всё решает теплоотдача жидкости и чистота поверхности. Против накипи медь бессильна — работает водоподготовка, а не металл.

4. Пример расчёта: сопротивление стенки и накипи

Дано: пластина из нержавейки толщиной δ = 0,5 мм (λ = 15) и слой карбонатной накипи той же толщины 0,5 мм (λ = 1,5). Сопротивление слоя — это его толщина, делённая на теплопроводность. Рассчитаем и сравним:

```
R = δ / λ
сталь 0,5 мм: 0,0005/15 ≈ 3,3·10⁻⁵ м²·К/Вт
накипь 0,5 мм: 0,0005/1,5 ≈ 3,3·10⁻⁴ м²·К/Вт
```

δ — толщина слоя, м; λ — теплопроводность, Вт/(м·К); R — термическое сопротивление

Подставляем и получаем: полмиллиметра накипи создаёт в 10 раз большее сопротивление, чем полмиллиметра нержавеющей стенки. В общей формуле теплопередачи эти члены складываются с обратными коэффициентами теплоотдачи:

```
1/k = 1/α1 + δ_ст/λ_ст + R_загр + 1/α2
```

R_загр — термическое сопротивление отложений; растёт по мере эксплуатации и съедает мощность аппарата

5. Частые вопросы

У какого металла самая высокая теплопроводность?
Из применяемых в теплотехнике — у меди, около 390 Вт/(м·К), затем алюминий (~220). Нержавеющая сталь проводит тепло скромно (~15), но в теплообменниках это почти не мешает: стенка тонкая.

Почему нержавеющая пластина не хуже медной по теплопередаче?
Потому что сопротивление тонкой стенки ничтожно на фоне теплоотдачи жидкости. При толщине 0,4–0,6 мм разница между сталью и медью в итоговом k теряется — решают теплоотдача и чистота поверхности.

Насколько накипь снижает теплопередачу?
Сильно и непропорционально толщине: у накипи λ ≈ 1–2 Вт/(м·К), в десятки раз ниже металла. Миллиметр накипи может срезать мощность аппарата на десятки процентов — отсюда важность водоподготовки и промывок.

6. Глоссарий

Термин	Определение
Теплопроводность (λ)	Способность материала проводить тепло, Вт/(м·К); у металлов высокая, у изоляции и отложений — низкая.
Термическое сопротивление	R = δ/λ, м²·К/Вт — сопротивление слоя теплопередаче; складывается с сопротивлениями теплоотдачи.
R загрязнения	Термическое сопротивление отложений на поверхности; растёт в эксплуатации и снижает коэффициент теплопередачи.

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: теплопроводность материалов, сталь, медь, таблица, изоляция, накипь, термическое сопротивление