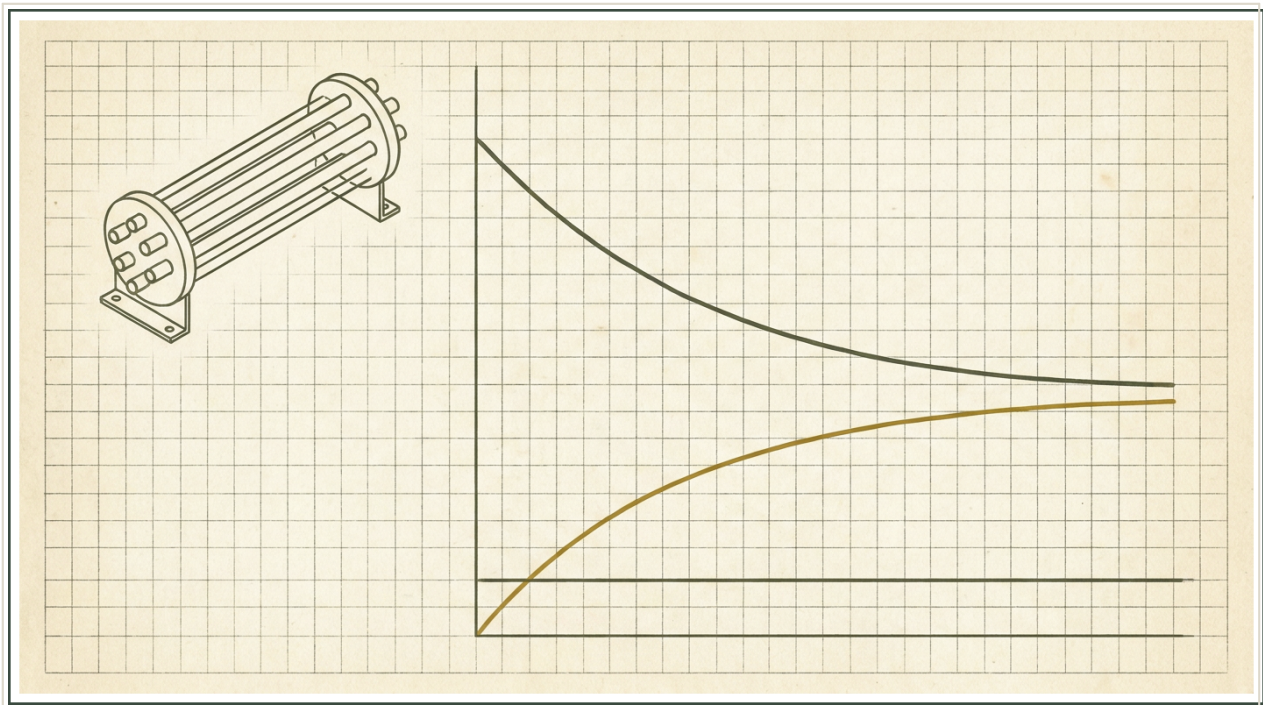


Средний температурный напор: прямоток и противоток

теория теплообмена · формулы и вывод

Средний температурный напор LMTD: формула, как считать концы для прямотока и противотока, числовой пример сравнения схем и поправка $\epsilon \Delta t$ для сложных аппаратов.



Изменение температурного напора по длине аппарата при прямотоке и противотоке

Температурный напор — движущая сила теплопередачи. Нет разности температур между средами — нет и теплового потока. Но вдоль аппарата эта разность не постоянна: среды по пути нагреваются и остывают, и напор на входе и выходе разный. Чтобы честно посчитать площадь по формуле $Q=k \cdot F \cdot \Delta t$, нужен один усреднённый напор — среднелогарифмический, LMTD. Разберём, как он считается для прямотока и противотока и почему схема так важна.

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_b - \Delta t_m) / \ln(\Delta t_b / \Delta t_m)$$

Δt_b , Δt_m — большая и меньшая разности температур на концах аппарата; результат — среднелогарифмический напор LMTD

Коротко

Всегда берут именно логарифмическое среднее, а не арифметическое. Арифметическое завышает напор, площадь выходит заниженной, и аппарат недодаёт мощность.

1. Прямоток и противоток: как считать концы

Разности температур на концах зависят от взаимного направления сред:

Схема	Δt на входе	Δt на выходе
Противоток	$t1' - t2''$	$t1'' - t2'$
Прямоток	$t1' - t2'$	$t1'' - t2''$

Обозначения: $t1$ — горячая среда, $t2$ — холодная; штрих — вход, два штриха — выход.

2. Пример: сравнение схем на одном режиме

Греющая вода 90→60 °С, нагреваемая 20→50 °С. Считаем LMTD для обеих схем.

Противоток: $\Delta t_b = 90 - 50 = 40$; $\Delta t_m = 60 - 20 = 40 \rightarrow \Delta t_{cp} = 40$ °С

при равных концах LMTD равен этой величине (предел)

Прямоток: $\Delta t_b = 90 - 20 = 70$; $\Delta t_m = 60 - 50 = 10 \rightarrow \Delta t_{cp} = (70 - 10) / \ln 7 \approx 30,8$ °С

тот же режим, но напор на 23 % меньше

Вывод прямой: при одинаковых температурах противоток даёт больший средний напор (40 против 30,8 °С), а значит меньшую площадь на ту же мощность. Поэтому теплообменники почти всегда делают противоточными.

3. Поправка на сложную схему

В многоходовых и перекрёстных аппаратах вводят поправочный коэффициент $\epsilon \Delta t < 1$:

$\Delta t_{cp} = \epsilon \Delta t \cdot \Delta t_{cp}(\text{противоток})$

$\epsilon \Delta t = 0,8 - 1,0$ учитывает отклонение реальной схемы от чистого противотока

4. Где напор в расчёте

- Прямо входит в $Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{cp}$ — без него не найти площадь.
- Определяет выбор схемы движения (противоток экономит поверхность).
- Малый напор (сближенные температуры) → резкий рост требуемой площади.

5. Частые вопросы

Почему берут логарифмический напор, а не среднее арифметическое?

Разность температур меняется по длине нелинейно, поэтому её правильное среднее — логарифмическое. Арифметическое годится лишь для грубой прикидки при $\Delta t_b / \Delta t_m < 2$.

Насколько противоток выгоднее прямотока?

При сближенных температурах — существенно: LMTD противотока может быть на 20–40 % выше, что прямо уменьшает нужную площадь. Плюс противоток позволяет охладить среду ниже выхода второй.

Что делать, если $\Delta t_b = \Delta t_m$?

Формула LMTD даёт неопределённость 0/0; в этом пределе Δt_{cp} просто равен этой общей разности. Это случай сбалансированного противотока.

6. Глоссарий

Термин	Определение
LMTD	Среднелогарифмический температурный напор — усреднённая движущая сила теплопередачи по длине аппарата.
Противоток	Среды движутся навстречу; даёт наибольший средний напор.
Прямоток	Среды движутся в одну сторону; напор ниже, выходные температуры сближаются.

**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: средний температурный напор, LMTD, прямоток, противоток, среднелогарифмический, схема движения