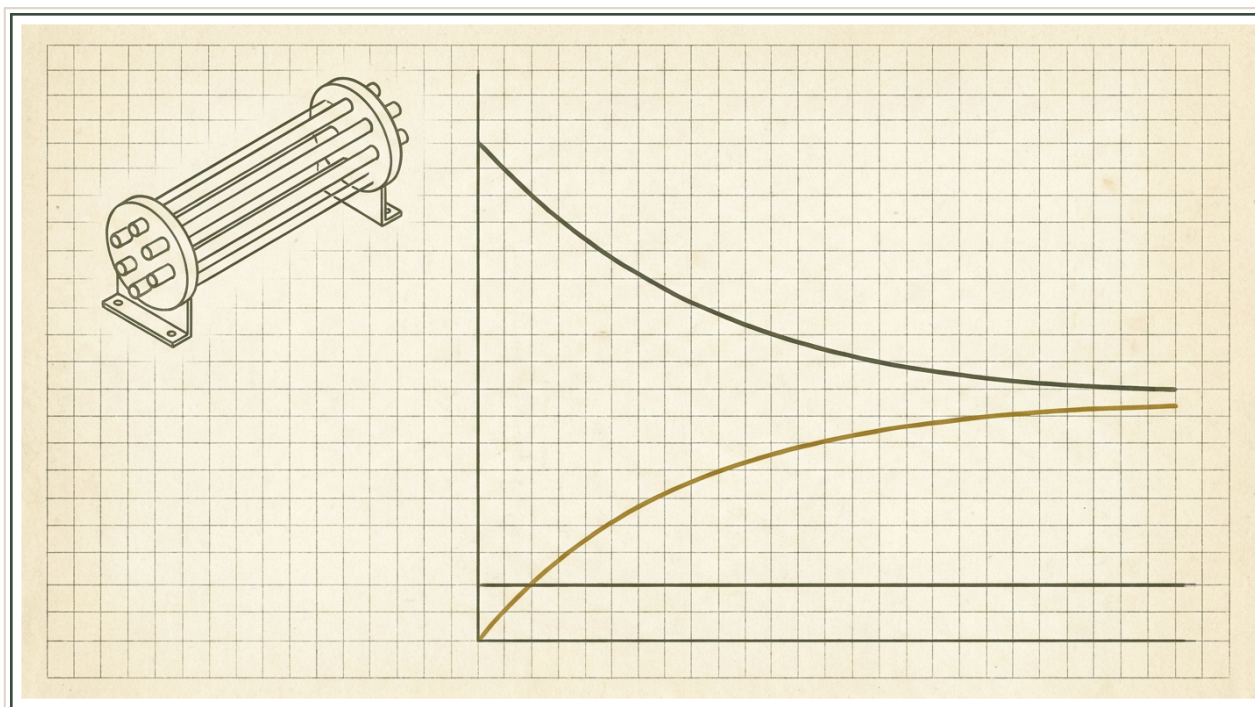


КПД теплообменника: от чего зависит

теория теплообмена · формулы и вывод

Что называют КПД теплообменника: тепловая эффективность ϵ против теплового КПД η , формулы, связь с NTU и схемой тока, таблица влияющих факторов.



Тепловая эффективность аппарата: доля переданного тепла от теоретического максимума

У теплообменника нет КПД в том смысле, в каком он есть у двигателя: аппарат не производит энергию, а перекачивает её с одного потока на другой. Поэтому «КПД теплообменника» — это на самом деле тепловая эффективность ϵ : какую долю теоретически возможного тепла аппарат реально передал. Разберём, чем ϵ отличается от потерь и от чего зависит.

Коротко

Тепловая эффективность ϵ = (фактический теплосъём) / (максимально возможный). Максимум ограничен потоком с меньшей теплоёмкостью и разностью входных температур. ϵ показывает, насколько близко аппарат подошёл к этому пределу.

1. Что такое эффективность ϵ

Строго ϵ определяют через изменение температуры потока с минимальной теплоёмкостью расхода $C = G \cdot c$:

$$\epsilon = Q_{\text{факт}} / Q_{\text{max}} = C_{\text{min}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) / [C_{\text{min}} \cdot (t_{1_вх} - t_{2_вх})]$$

C_{min} — меньшая из двух величин $G \cdot c$; $(t_{1_вх} - t_{2_вх})$ — разность входных температур

Для равных водяных эквивалентов (вода-вода, близкие расходы) формула упрощается до отношения реального перепада температуры к максимально возможному:

$$\epsilon = (t_{1_вх} - t_{1_вых}) / (t_{1_вх} - t_{2_вх})$$

пример: $(95 - 70) / (95 - 5) = 25/90 \approx 0,28$ для одного прохода

2. Тепловой КПД и потери

Иногда под КПД понимают тепловой КПД — долю тепла, дошедшую до нагреваемой среды минус потери в окружающую среду:

$$\eta = Q_{\text{полезное}} / Q_{\text{подведённое}} = 1 - Q_{\text{потерь}} / Q_{\text{подв}}$$

для изолированного ПТО потери в среду < 1-2 %, $\eta \approx 0,98-0,99$

У хорошо изолированного пластинчатого аппарата тепловой КПД близок к единице — потери через корпус ничтожны из-за малой наружной поверхности. Поэтому инженерно полезнее говорить именно об эффективности ϵ , а не об η .

3. От чего зависит эффективность

Фактор	Влияние на ϵ	Механизм
Площадь / число NTU	растёт	больше поверхности — ближе к пределу
Схема тока	противоток > прямоток	противоток даёт больший напор
Соотношение расходов	ближе к 1 — сложнее	при равных C максимум ϵ ограничен
Загрязнение	снижает	растёт $R_{\text{загр}}$, падает k
Скорость в каналах	до оптимума растёт	турбулентность повышает α

Знаете ли вы

Противоточная схема при прочих равных даёт эффективность выше прямоточной, потому что средний температурный напор больше. Именно поэтому пластинчатые аппараты почти всегда собирают на противоток — это «бесплатный» КПД.

4. Связь ϵ с числом NTU

Эффективность однозначно связана с числом единиц переноса $NTU = k \cdot F / C_{\min}$ и соотношением теплоёмкостей $C_r = C_{\min} / C_{\max}$. Для противотока:

$$\epsilon = [1 - \exp(-NTU \cdot (1 - C_r))] / [1 - C_r \cdot \exp(-NTU \cdot (1 - C_r))]$$

при $C_r = 1$ (равные потоки): $\epsilon = NTU / (1 + NTU)$

Практический вывод: наращивать площадь имеет смысл до определённого предела. После $NTU \approx 4-5$ каждый добавленный квадратный метр даёт всё меньше прироста эффективности — кривая $\epsilon(NTU)$ выходит на насыщение.

5. Частые вопросы

У теплообменника вообще есть КПД?

В классическом смысле — нет, он не преобразует энергию. Корректнее говорить о тепловой эффективности ϵ (доля переданного тепла от максимума) или, с оговорками, о тепловом КПД η как доле тепла без потерь в среду (у изолированного ПТО $\eta \approx 0,98-0,99$).

Как повысить эффективность существующего аппарата?

Устранить загрязнение (восстановить k), проверить схему на противоток, вывести скорости в оптимум. Радикально — добавить площадь (пластины), но с учётом насыщения кривой $\epsilon(NTU)$.

Почему при равных расходах эффективность падает?

При $C_{\min} = C_{\max}$ движущий напор по длине аппарата минимален, и та же площадь даёт меньший теплосъём. Чтобы поднять ϵ , нужно заметно больше NTU, то есть площади.

6. Глоссарий

Термин	Определение
Эффективность ε	Отношение фактического теплосъёма к максимально возможному при данных входных температурах.
Тепловой КПД η	Доля подведённого тепла, дошедшая до полезной среды за вычетом потерь в окружение.
NTU	Число единиц переноса теплоты, $NTU = k \cdot F / C_{\min}$ — безразмерная «мощность» аппарата.
Водяной эквивалент C	Произведение расхода на теплоёмкость, $G \cdot c$, Вт/К — теплоёмкость потока.



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: КПД теплообменника, тепловая эффективность, эппилон, NTU, противоток, тепловой баланс