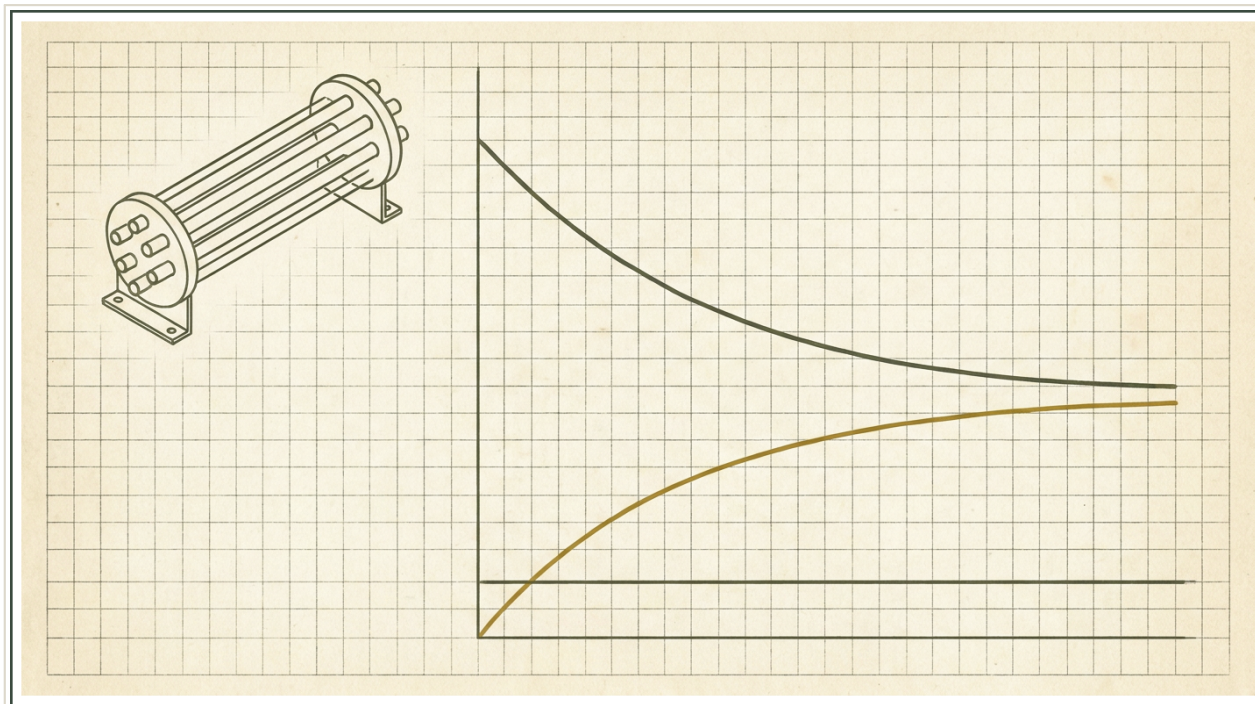


Число единиц переноса теплоты (NTU): смысл

теория теплообмена · формулы и вывод

Число единиц переноса теплоты NTU: физический смысл, формула $NTU = k \cdot F / C_{\min}$, связь с эффективностью ϵ , точка насыщения и когда метод ϵ -NTU удобнее LMTD.



Кривая эффективности ϵ в функции числа единиц переноса NTU

NTU — число единиц переноса теплоты — одна из тех величин, что звучат абстрактно, а на деле отвечают на очень практичный вопрос: «а стоит ли ещё наращивать площадь?». По сути NTU — это безразмерная тепловая мощность аппарата относительно потока, который он греет. И у неё есть точка, после которой добавлять площадь почти бесполезно.

Коротко

$NTU = k \cdot F / C_{\min}$. Чем больше NTU, тем ближе аппарат к предельной эффективности. Но зависимость $\epsilon(NTU)$ насыщается: после $NTU \approx 4-5$ каждый новый метр площади даёт мизерный прирост.

1. Определение и смысл

Формально число единиц переноса — отношение «тепловой проводимости» аппарата $k \cdot F$ к теплоёмкости расхода слабейшего потока:

$$NTU = k \cdot F / C_{\min}$$

k — коэффициент теплопередачи; F — площадь; $C_{\min} = (G \cdot c)_{\min}$ — меньший водяной эквивалент

Физически NTU показывает, на сколько «калибров» температурного напора хватает аппарата. $NTU = 1$ — поток проходит примерно одну характеристическую длину теплообмена; $NTU = 5$ — аппарат «длинный», выжимает почти весь возможный теплосъём.

2. Связь с эффективностью

Главная ценность метода NTU — прямая связь с эффективностью ϵ без итераций по температурам. Для противотока и соотношения теплоёмкостей $C_r = C_{\min}/C_{\max}$:

$$\epsilon = [1 - e^{(-NTU(1-C_r))}] / [1 - C_r \cdot e^{(-NTU(1-C_r))}]$$

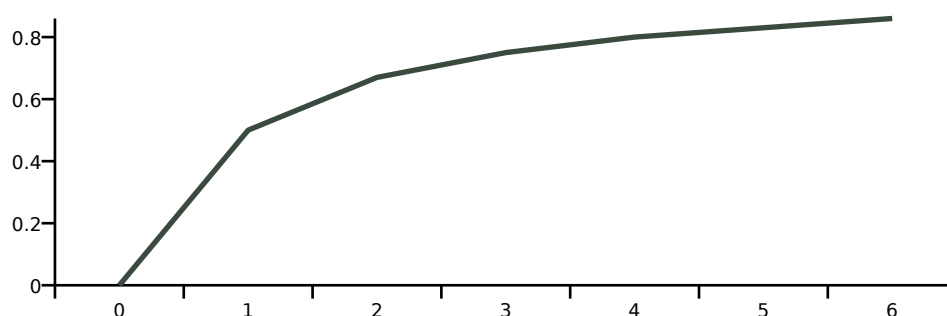
общая формула для противоточной схемы

при $C_r = 1$: $\epsilon = NTU / (1 + NTU)$; при $C_r = 0$: $\epsilon = 1 - e^{(-NTU)}$

два предельных случая: равные потоки и конденсация/кипение

3. Точка насыщения

Кривая $\epsilon(NTU)$ круто растёт вначале и выполаживается к единице. Отсюда инженерный вывод: гнаться за очень высокой эффективностью дорого и неэффективно.



Эффективность ϵ в функции NTU при равных водяных эквивалентах — насыщение после $NTU \approx 4$

NTU	ε при $C_r=1$	ε при $C_r=0$	Комментарий
0,5	0,33	0,39	мало площади
1,0	0,50	0,63	типовой минимум
2,0	0,67	0,86	рабочая зона
3,0	0,75	0,95	высокая эффективность
5,0	0,83	0,99	насыщение, дальше невыгодно

Знаете ли вы

При кипении или конденсации одна из сред меняет температуру слабо, поэтому $C_r \approx 0$, и формула упрощается до $\epsilon = 1 - e^{(-NTU)}$. Такие аппараты выходят на высокую эффективность при меньшем NTU.

4. Когда метод NTU удобнее LMTD

Метод LMTD хорош, когда известны все четыре температуры и ищут площадь. Метод ϵ -NTU незаменим в проверочной задаче: площадь уже задана (существующий аппарат), и надо найти выходные температуры без итераций. Достаточно посчитать NTU, взять ϵ по формуле или графику — и температуры находятся напрямую.

5. Частые вопросы

Что показывает число NTU?

Безразмерную тепловую мощность аппарата: $NTU = k \cdot F / C_{\min}$. Чем оно больше, тем ближе теплообменник к предельно возможной эффективности при данных потоках.

До какого NTU есть смысл наращивать площадь?

Практически до $NTU \approx 4-5$. Дальше кривая $\varepsilon(NTU)$ выходит на насыщение, и каждый добавленный метр поверхности почти не увеличивает теплосъём.

Чем метод ε -NTU лучше LMTD?

Он решает поверочную задачу без итераций: при известной площади сразу даёт эффективность и выходные температуры. LMTD же удобнее в проектной задаче поиска площади.

6. Глоссарий

Термин	Определение
NTU	Число единиц переноса теплоты, $NTU = k \cdot F / C_{\min}$ — безразмерная мощность аппарата.
C_r	Отношение меньшего водяного эквивалента к большему, $C_{\min} / C_{\max}$.
Эффективность ε	Доля переданного тепла от максимально возможного; однозначно связана с NTU и C_r .
Поверочный расчёт	Задача с известной площадью: найти выходные температуры и фактический теплосъём.



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: число единиц переноса теплоты, NTU, эффективность, эпсилон, метод NTU, поверочный расчёт