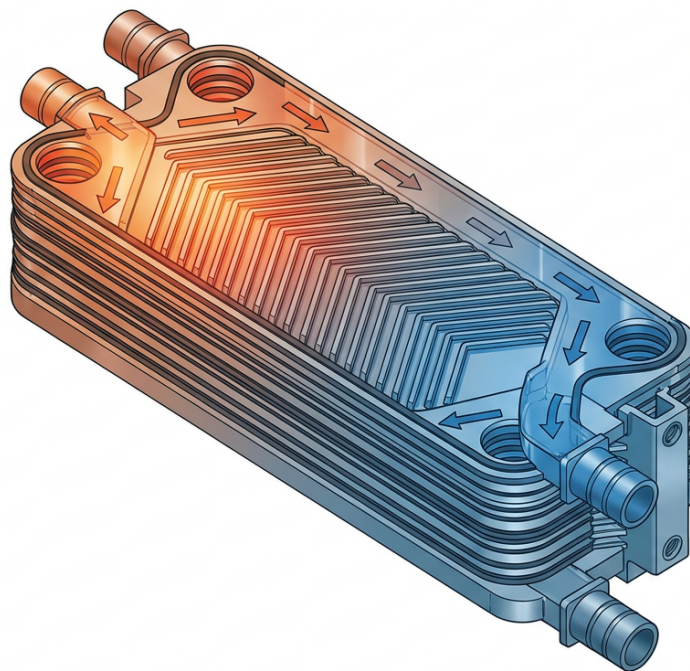


Расчёт теплообменника: LMTD и ϵ -NTU

Методы расчёта площади: среднелогарифмический напор и число единиц переноса · формулы, пример, коэффициенты K · sn22.ru

Площадь теплообменника считается по формуле $F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp})$, где Δt_{cp} — среднелогарифмический температурный напор (LMTD). Если известны все четыре температуры (входы и выходы обеих сред) — применяют метод LMTD; если выходные температуры неизвестны (обратная задача поверочного расчёта) — метод ϵ -NTU через эффективность и число единиц переноса. Оба метода дают одну и ту же площадь при одних исходных данных. Ниже — формулы, коэффициенты теплопередачи K для разных типов аппаратов, разобранный пример на 200 кВт и типовые ошибки расчёта.



Коротко: LMTD — если известны все 4 температуры (проектный расчёт площади): $F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp})$. ϵ -NTU — если выходные температуры неизвестны (поверочный расчёт готового аппарата): через $\epsilon = Q/Q_{max}$ и $NTU = K \cdot F / (G \cdot c)_{min}$. $\Delta t_{cp} = (\Delta t_b - \Delta t_m) / \ln(\Delta t_b / \Delta t_m)$. Для противотока напор всегда больше, чем для прямотока → аппарат компактнее.

LMTD и ϵ -NTU: когда какой метод, что находят, формула

Параметр	Метод LMTD	Метод ϵ -NTU
Когда применять	Известны все 4 температуры	Выходные t неизвестны
Тип задачи	Проектный (ищем площадь)	Поверочный (аппарат задан)
Что находят	Площадь F по $Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp}$	Эффективность ϵ и выходные t
Ключевая формула	$\Delta t_{cp} = (\Delta t_b - \Delta t_m) / \ln(\Delta t_b / \Delta t_m)$	$NTU = K \cdot F / (G \cdot c)_{min}$

Параметр	Метод LMTD	Метод ϵ -NTU
Итог	$F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp})$	$\epsilon = Q / Q_{max}$
Схема тока	Противоток даёт больший Δt_{cp}	$\epsilon(NTU, C_{min}/C_{max})$

Оба метода эквивалентны и дают одну площадь при одинаковых исходных данных. LMTD удобнее для проектирования под заданные температуры, ϵ -NTU — для проверки уже подобранного или существующего аппарата, когда выходные температуры заранее неизвестны.

Коэффициент теплопередачи K — главный множитель в $F = Q/(K \cdot \Delta t_{cp})$. Для пластинчатых теплообменников вода-вода K достигает 3000–7000 Вт/(м²·К), для кожухотрубных вода-вода 800–1800 Вт/(м²·К), для аппаратов с вязкими или загрязнёнными средами — в разы ниже. Чем выше K , тем меньше требуемая площадь при той же нагрузке.

Схема тока меняет площадь. При противотоке Δt_{cp} максимален, при прямотоке — минимален, поэтому один и тот же аппарат при противотоке передаёт больше тепла или требует меньшей площади. В пластинчатых теплообменниках реализуется практически чистый противоток — это и даёт эффективность ϵ до 0,90–0,95.

Пример из справочника: греющая среда 90→70 °С, нагреваемая 20→60 °С, противоток. $\Delta t_b = 90 - 60 = 30$ °С, $\Delta t_m = 70 - 20 = 50$ °С, $\Delta t_{cp} = (50 - 30) / \ln(50/30) = 39$ °С. При $Q = 200$ кВт и $K = 5000$ Вт/(м²·К) площадь $F = 200000 / (5000 \times 39) = 1,03$ м².

Расчёт под задачу — на sn22.ru. Онлайн-калькулятор и подбор аппарата по параметрам сред доступны бесплатно; готовые пластинчатые и кожухотрубные теплообменники под рассчитанную площадь — со склада в Москве или под заказ.

Проектный (LMTD) и поверочный (ϵ -NTU) расчёт: чем отличаются

Исходные данные	Проектный (LMTD)	Поверочный (ϵ -NTU)
Все 4 температуры известны	Да — метод LMTD	Можно и так
Выходные t неизвестны	Нельзя напрямую	Да — метод ϵ -NTU
Площадь F задана	Не требуется	Да, входит в NTU
Расходы и теплоёмкости $G \cdot c$	Через Q	Обязательны, ищем C_{min}/C_{max}
Результат	Площадь F , м²	ϵ и выходные температуры

Оговорка по замене: Методы не конкурируют, а покрывают два типа задач. LMTD применяют на этапе подбора аппарата под известный температурный график (проект ИТП, ГВС, отопление). ϵ -NTU применяют для проверки уже установленного или предложенного аппарата, когда заранее известны только входные температуры, расходы и площадь, а выходные надо найти. При полном наборе данных оба метода дают совпадающий результат.

Формула LMTD по частям на примере

Среднелогарифмический напор Δt_{cp} — это усреднённая по длине аппарата разность температур между средами. Разберём расчёт для противотока 90→70 / 20→60:

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

Часть обозначения	Что означает
Δt_b	большая разность температур на концах аппарата: здесь 90–60 = 30 °С

Часть обозначения	Что означает
Δt_m	малая разность на другом конце: $70 - 20 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для противотока концы считают перекрёстно)
$\Delta t_6 - \Delta t_m$	разность двух торцевых напоров: $50 - 30 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
$\ln(\Delta t_6/\Delta t_m)$	натуральный логарифм отношения напоров: $\ln(50/30) \approx 0,511$
Δt_{cp}	итог: $20 / 0,511 = 39\text{ }^{\circ}\text{C}$ — расчётный напор для формулы площади $F = Q/(K \cdot \Delta t_{cp})$

Какой метод выбрать по вашим исходным данным

Метод расчёта определяется тем, что известно на входе. Сверьтесь с таблицей:

Что известно	Что нужно найти	Метод
Все 4 температуры + Q	Площадь аппарата F	LMTD
Входные t, расходы, площадь F	Выходные t и мощность	ϵ -NTU
Все t, но нужен запас площади	F с поправкой на схему	LMTD + поправка
Аппарат по данным, проверка	Реальная эффективность	ϵ -NTU

Простое правило: считаете новый аппарат под заданный температурный график — LMTD. Проверяете, вытянет ли уже имеющийся аппарат нужный режим — ϵ -NTU. Для многоходовых и перекрёстных схем к LMTD добавляют поправочный коэффициент $F(P,R) < 1$.

Порядок расчёта площади методом LMTD

Проектный расчёт теплообменника по методу среднелогарифмического напора выполняется по шагам:

Часть	Назначение
1. Тепловая нагрузка Q	определяют по одной из сред: $Q = G \cdot c \cdot \Delta t$ (расход × теплоёмкость × перепад температур)

Часть	Назначение
2. Торцевые напоры	считают Δt_b и Δt_m на концах аппарата с учётом схемы тока (противоток/прямоток)
3. Δt_{cp} (LMTD)	среднелогарифмический напор: $\Delta t_{cp} = (\Delta t_b - \Delta t_m) / \ln(\Delta t_b / \Delta t_m)$
4. Коэффициент K	принимают по типу аппарата и средам (ПТО вода-вода ~3000–7000, кожухотруб ~800–1800)
5. Площадь F	$F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp})$ — требуемая поверхность теплообмена
6. Число пластин / трубок	F делят на площадь одной пластины (или поверхность трубного пучка) → типоразмер аппарата

Из практики sn22.ru

В Ростове-на-Дону клиент проектировал узел ГВС и не знал, какой аппарат заложить: температурный график был задан полностью (греющая 90→70, нагреваемая 5→60), а тепловая нагрузка — 200 кВт. Считали методом LMTD: Δt_{cp} вышел около 39 °С, при $K = 5000$ Вт/(м²·К) для пластинчатого требуемая площадь получилась порядка 1 м². По этой площади выбрали компактный пластинчатый теплообменник из наличия на складе в Москве — без избыточного запаса и переплаты за лишние пластины.

Наличие и поставка: что важно

Локально: Ошибка расчёта чаще всего не в формуле, а в коэффициенте K и схеме тока: если взять K как для чистой воды, а по факту среда — гликоль или загрязнённый контур, реальная площадь окажется больше расчётной и аппарат «не вытянет» режим. Поэтому под параллельный импорт (после 2022 многие ПТО в РФ идут именно так) мы пересчитываем аппарат методом ϵ -NTU уже под фактические среды и расходы, а не только под паспортный график. sn22.ru (ООО «АТУ») делает поверочный расчёт бесплатно и держит ходовые пластинчатые и кожухотрубные аппараты со склада в Москве — подбор под рассчитанную площадь без ожидания поставки.

Часто задаваемые вопросы

Как посчитать площадь теплообменника по формуле?

Площадь считается как $F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp})$, где Q — тепловая нагрузка в Вт, K — коэффициент теплопередачи в Вт/(м²·К), Δt_{cp} — среднелогарифмический напор. Пример: $Q=200$ кВт, $K=5000$, $\Delta t_{cp}=39$ °С → $F = 200000 / (5000 \times 39) = 1,03$ м².

Когда применять LMTD, а когда ϵ -NTU?

LMTD — если известны все четыре температуры (входы и выходы обеих сред), это проектный расчёт площади. ϵ -NTU — если выходные температуры неизвестны, это поверочный расчёт готового аппарата по входным t , расходам и площади.

Как считается среднелогарифмический напор Δt_{cp} ?

$\Delta t_{cp} = (\Delta t_b - \Delta t_m) / \ln(\Delta t_b / \Delta t_m)$, где Δt_b и Δt_m — большая и малая разности температур на концах аппарата. Для 90→70 / 20→60 при противотоке: $\Delta t_b=30$, $\Delta t_m=50$, $\Delta t_{cp}=(50-30)/\ln(50/30)=39$ °С.

Что такое NTU (число единиц переноса)?

$NTU = K \cdot F / (G \cdot c)_{\min}$ — безразмерная величина, характеризующая «размер» теплообменника относительно теплоёмкости меньшего потока. Чем больше NTU, тем ближе аппарат к предельной эффективности.

Что такое эффективность ϵ теплообменника?

$\epsilon = Q / Q_{\max}$ — отношение фактически переданного тепла к максимально возможному, где $Q_{\max} = (G \cdot c)_{\min} \cdot (t_{\text{гор.вх}} - t_{\text{хол.вх}})$. У пластинчатых теплообменников с чистым противотоком ϵ достигает 0,90–0,95.

Какой коэффициент теплопередачи K брать для расчёта?

Для пластинчатых вода-вода $K \approx 3000\text{--}7000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, для кожухотрубных вода-вода $\approx 800\text{--}1800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Для вязких и загрязнённых сред — существенно ниже; заниженный K даёт заниженную площадь и аппарат не выходит на режим.

Чем отличается противоток от прямотока в расчёте?

При противотоке среднелогарифмический напор $\Delta t_{\text{ср}}$ максимален, поэтому при той же нагрузке нужна меньшая площадь. В пластинчатых теплообменниках реализуется практически чистый противоток — за счёт этого эффективность выше, чем у кожухотрубных.

Дают ли LMTD и ϵ -NTU одинаковый результат?

Да, при полном наборе исходных данных оба метода приводят к одной и той же площади и мощности. Разница только в удобстве: LMTD — под заданные температуры, ϵ -NTU — когда выходные температуры неизвестны.



Подбор, цена и поставка под вашу задачу

Каталог, онлайн-расчёт и заявка: sn22.ru

Телефон: +7 (499) 322-83-83 · +7 (804) 333-71-04 · E-mail: teplo@sn22.ru

ООО «АТУ» — пластинчатые, кожухотрубные, паяные теплообменники, ЗИП, уплотнения, монтаж и промывка.

Наведите камеру телефона на QR-код — откроется сайт sn22.ru.

Ключевые темы документа: расчёт площади теплообменника $F=Q/(K \cdot \Delta t_{\text{ср}})$ · LMTD среднелогарифмический напор формула · ϵ -NTU число единиц переноса · когда LMTD когда ϵ -NTU · коэффициент теплопередачи K ПТО кожухотрубный · пример расчёта 200 кВт · поверочный расчёт теплообменника склад Москва