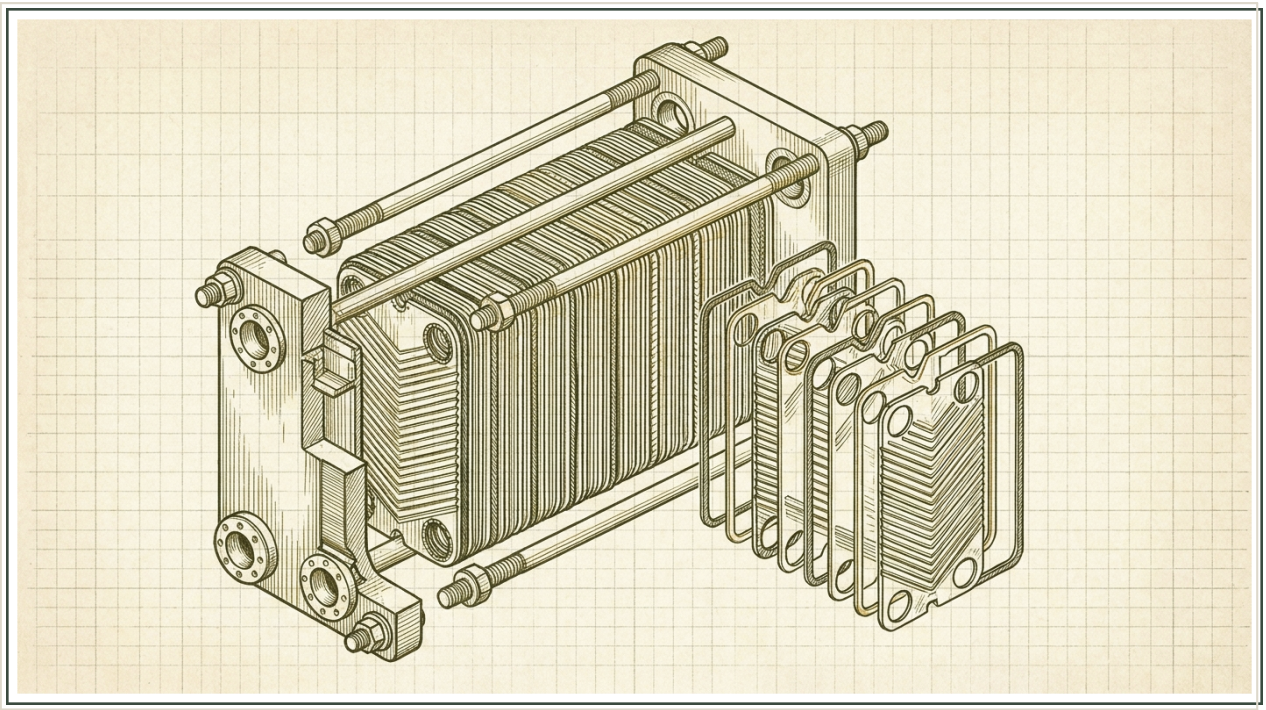
Расчёт пластинчатого теплообменника по шагам

методика расчёта · пример с цифрами

Полный ход расчёта пластинчатого теплообменника на примере ГВС 300 кВт: от температурного напора и чисел подобия до площади и числа пластин.



Разрез пластинчатого теплообменника: пакет гофрированных пластин и каналы теплоносителей

Расчёт пластинчатого теплообменника сводится к одной честной задаче: набрать нужную площадь теплопередачи, уложившись в допустимые потери давления. Всё остальное — числа Рейнольдса, критериальные уравнения, поправки на вязкость — это инструменты, чтобы посчитать площадь не наугад, а с обоснованием. Ниже — полный ход расчёта на конкретных цифрах, без пропусков.

Коротко

Площадь считается из уравнения теплопередачи F = Q / (k · Δt_ср). Сложность прячется в коэффициенте k — его собирают из теплоотдачи с обеих сторон пластины и термического сопротивления самой пластины.

1. Исходные данные

Возьмём типовую задачу ГВС: греющая вода 95→70 °C, нагреваемая 5→60 °C, тепловая нагрузка 300 кВт. Это реальный режим для дома на 60–80 квартир.

Параметр	Обозначение	Значение	Ед.
Тепловая нагрузка	Q	300	кВт
Греющий контур, вход/выход	t1′ / t1″	95 / 70	°C
Нагреваемый контур, вход/выход	t2′ / t2″	5 / 60	°C
Среда обоих контуров	—	вода	—

2. Шаг 1. Средний температурный напор

Для противоточной схемы (а пластинчатые почти всегда противоток) берём среднелогарифмический напор LMTD. Считаем разности температур на концах аппарата:

```
Δt_б = t1′ − t2″ = 95 − 60 = 35 °C
Δt_м = t1″ − t2′ = 70 − 5 = 65 °C
```

Δt_б, Δt_м — большая и меньшая разности температур на торцах аппарата

```
Δt_ср = (Δt_б − Δt_м) / ln(Δt_б / Δt_м) = (35 − 65) / ln(35/65) ≈ 48,4 °C
```

среднелогарифмический температурный напор

> **Частая ошибка**
>
> При Δt_б/Δt_м < 2 арифметическое среднее почти совпадает с LMTD и им пользуются для прикидки. Но в поверочном расчёте всегда берут логарифм — иначе площадь занижается, и аппарат не выйдет на режим.

3. Шаг 2. Расход и скорость в каналах

Массовый расход греющей воды из теплового баланса Q = G · c · Δt:

```
G1 = Q / (c · Δt1) = 300000 / (4190 · 25) ≈ 2,86 кг/с
```

c ≈ 4190 Дж/(кг·К) — теплоёмкость воды; Δt1 = 95−70 = 25 °C

Скорость в межпластинном канале задают в диапазоне 0,3–0,6 м/с — это компромисс между теплоотдачей и гидравликой. Ниже 0,2 м/с падает турбулентность и растёт загрязнение, выше 0,7 м/с потери давления улетают вверх.

4. Шаг 3. Числа подобия и коэффициент теплоотдачи

Режим течения определяет число Рейнольдса. Для узкого канала эквивалентный диаметр d_э ≈ 2·b (b — зазор между пластинами, обычно 3–4 мм):

```
Re = w · d_э / ν
```

w — скорость, м/с; d_э — эквивалентный диаметр канала; ν — кинематическая вязкость

Коэффициент теплоотдачи α находят через критериальное уравнение вида Nu = C·Re^m·Pr^0,4, где C и m зависят от профиля гофры пластины (шеврон). Затем α = Nu·λ/d_э. Производители дают эти константы в закрытых программах подбора — поэтому «ручной» расчёт даёт оценку ±15 %, а точное число берут из ПО завода.

> **Знаете ли вы**
>
> Пластина с острым углом гофры (тип H) даёт больше теплоотдачи и больше сопротивление; пологий угол (тип L) — наоборот. Смешивая H и L в одном пакете, подбирают тепловую мощность без замены рамы.

5. Шаг 4. Коэффициент теплопередачи и площадь

Коэффициент k собирается последовательно — как сопротивления в цепи:

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

α1, α2 — теплоотдача сторон; δ/λ_ст — сопротивление стенки; R_загр — запас на загрязнение

Для воды-воды в чистом пластинчатом аппарате k получается высоким — 3000–7000 Вт/(м²·К), в разы выше кожухотрубного. Приняв k = 4500 Вт/(м²·К), находим площадь:

```
F = Q / (k · Δt_ср) = 300000 / (4500 · 48,4) ≈ 1,38 м²
```

F — требуемая площадь поверхности теплопередачи

Дальше площадь делят на площадь одной пластины (например 0,1 м²) и получают число пластин, округляя вверх и добавляя запас 10–20 % на загрязнение. Итог: ~16–18 пластин.

6. Проверка по потерям давления

Набрав пластины по теплу, обязательно проверяют гидравлику: перепад давления не должен превысить располагаемый напор насоса. Если превысил — увеличивают число параллельных каналов (ходов), снижая скорость. Это вторая половина расчёта, которую нельзя пропускать.

Величина	Типовой диапазон	Комментарий
k для воды-воды	3000–7000 Вт/(м²·K)	чистый аппарат
Скорость в канале	0,3–0,6 м/с	компромисс тепло/гидравлика
Запас площади	10–25 %	на загрязнение
Потери давления	≤ 0,3–1,0 бар	в пределах напора насоса

7. Частые вопросы

Можно ли рассчитать пластинчатый теплообменник вручную?
Оценочно — да, по формулам выше получите площадь ±15 %. Но число и профиль пластин конкретной модели считают в программе завода: там зашиты точные константы для каждой гофры. Ручной расчёт хорош, чтобы проверить чужой подбор на вменяемость.

Почему у пластинчатого площадь меньше, чем у кожухотрубного?
Из-за высокого k: гофра создаёт турбулентность уже при малых скоростях, теплоотдача растёт, и той же мощности хватает меньшей поверхности. Плюс компактная упаковка каналов.

Какой запас площади закладывать?
10–15 % для чистых сред (ГВС из умягчённой воды), 20–25 % для жёсткой воды и сред с риском отложений. Избыточный запас вреден: аппарат недогружается, скорость падает, загрязнение растёт.

8. Глоссарий

Термин	Определение
LMTD	Среднелогарифмический температурный напор — усреднённая движущая сила теплопередачи по длине аппарата.
Число Рейнольдса	Безразмерный критерий режима течения: отношение сил инерции к силам вязкости.
Коэффициент k	Коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·K) — сколько тепла проходит через 1 м² при напоре 1 K.
Гофра (шеврон)	Рельеф пластины, создающий турбулентность; угол гофры задаёт баланс тепло/сопротивление.

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: расчёт пластинчатого теплообменника, площадь, число пластин, LMTD, коэффициент теплопередачи, пример