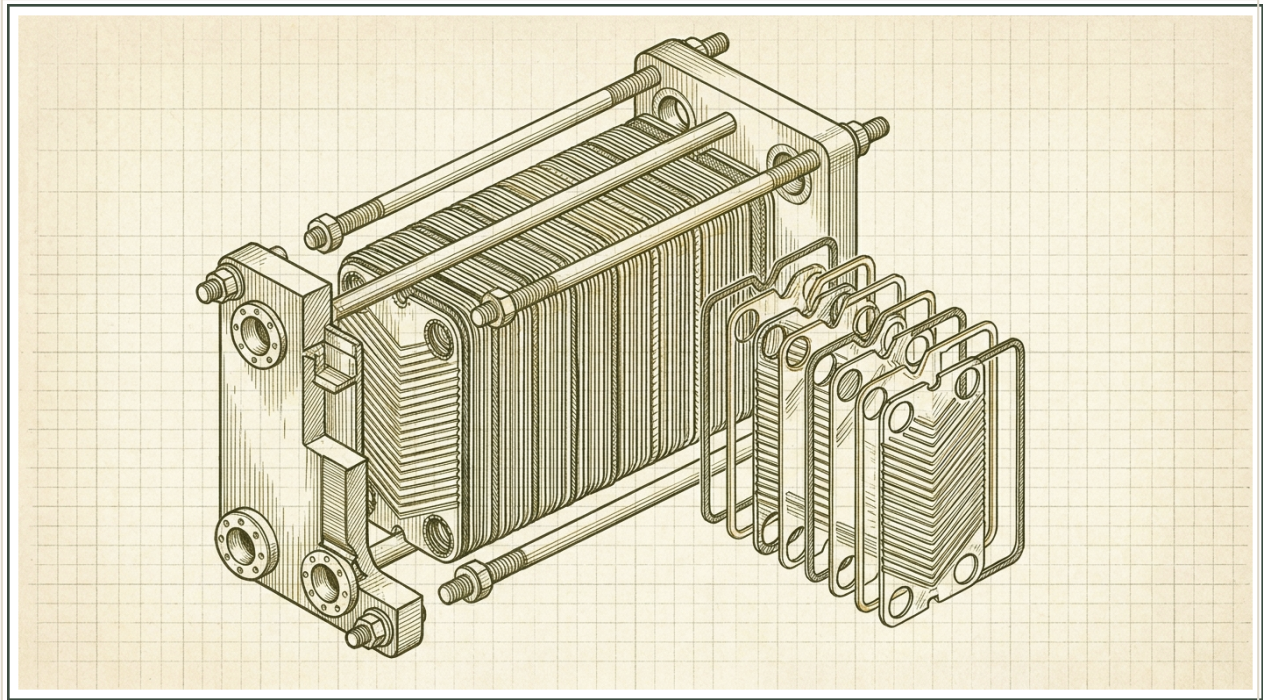


Расчёт пластинчатого теплообменника по шагам

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 $F = Q / (k \cdot \Delta t_{cp})$. 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 °С, нагреваемая 5→60 °С, 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	°С
Нагреваемый контур, вход/выход	$t2' / t2''$	5 / 60	°С
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:

$$\Delta t_6 = t1' - t2'' = 95 - 60 = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_m = t1'' - t2' = 70 - 5 = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$\Delta t_6, \Delta t_m$ — большая и меньшая разности температур на торцах аппарата

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / \ln(\Delta t_6 / \Delta t_m) = (35 - 65) / \ln(35/65) \approx 48,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

среднелогарифмический температурный напор

Частая ошибка

При $\Delta t_6/\Delta t_m < 2$ 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 $Q = G \cdot c \cdot \Delta t$:

$$G1 = Q / (c \cdot \Delta t1) = 300000 / (4190 \cdot 25) \approx 2,86 \text{ кг/с}$$

$c \approx 4190 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ — теплоёмкость воды; $\Delta t1 = 95-70 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$

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 $d_{\text{э}} \approx 2 \cdot b$ (b — зазор между пластинами, обычно 3–4 мм):

$$Re = w \cdot d_{\text{э}} / \nu$$

w — скорость, м/с; $d_{\text{э}}$ — эквивалентный диаметр канала; ν — кинематическая вязкость

Коэффициент теплоотдачи α находят через критериальное уравнение вида $Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^{0,4}$, где C и m зависят от профиля гофры пластины (шеврон). Затем $\alpha = Nu \cdot \lambda / d_{\text{э}}$. Производители дают эти константы в закрытых программах подбора — поэтому «ручной» расчёт даёт оценку $\pm 15 \%$, а точное число берут из ПО завода.

Знаете ли вы

Пластина с острым углом гофры (тип Н) даёт больше теплоотдачи и больше сопротивление; пологий угол (тип L) — наоборот. Смешивая Н 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:

$$1/k = 1/\alpha_1 + \delta/\lambda_{\text{ст}} + R_{\text{загр}} + 1/\alpha_2$$

α_1, α_2 — теплоотдача сторон; $\delta/\lambda_{\text{ст}}$ — сопротивление стенки; $R_{\text{загр}}$ — запас на загрязнение

Для воды-воды в чистом пластинчатом аппарате k получается высоким — 3000–7000 Вт/(м²·K), в разы выше кожухотрубного. Приняв $k = 4500 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$, находим площадь:

$$F = Q / (k \cdot \Delta t_{cp}) = 300000 / (4500 \cdot 48,4) \approx 1,38 \text{ м}^2$$

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 защиты 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 (шеvron)	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