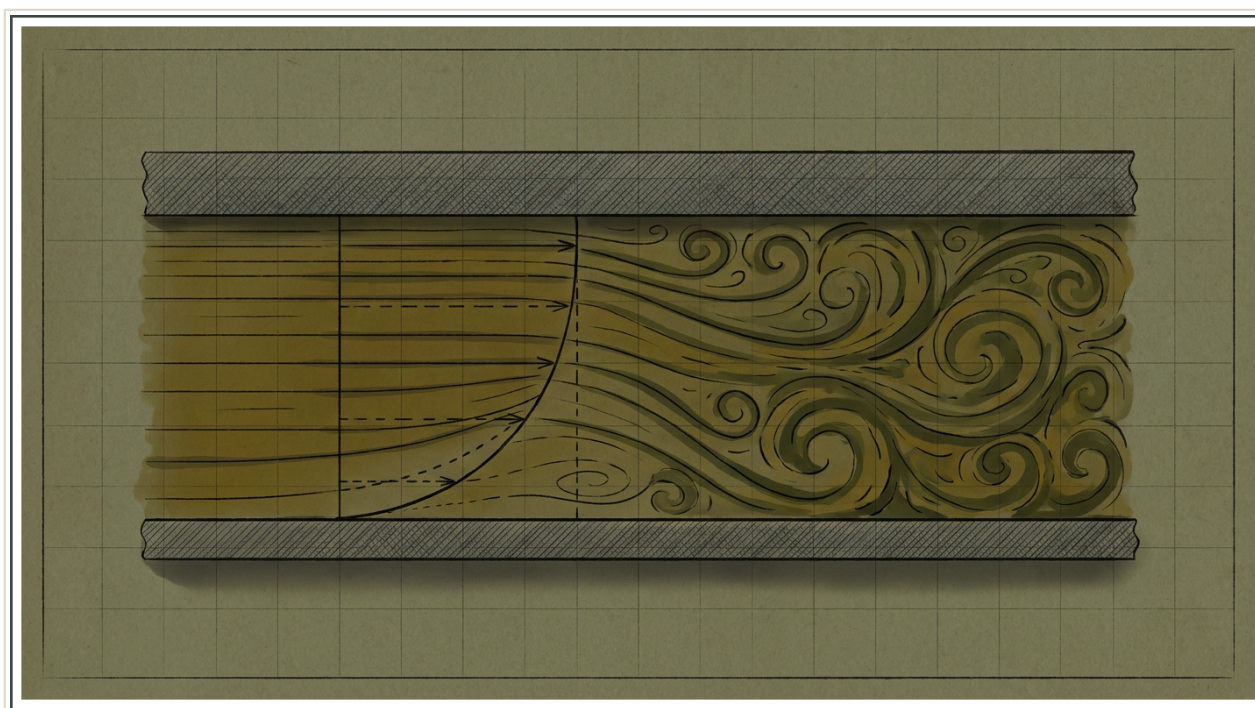


Гидравлический расчёт теплообменника

методика расчёта · пример с цифрами

Гидравлический расчёт теплообменника по шагам: от расхода и скорости в каналах через число Рейнольдса и коэффициент трения к перепаду давления по Дарси-Вейсбаху.



Течение теплоносителя в гофрированных каналах пластинчатого теплообменника

Тепловой расчёт отвечает на вопрос «сколько нужно площади», гидравлический — «какой ценой». Цена — это перепад давления, который аппарат отберёт у насоса. Набрать пластины по теплу мало: если перепад превысит располагаемый напор, теплоноситель просто не пойдёт с нужным расходом, и вся тепловая мощность останется на бумаге. Ниже — как считают гидравлику каналов от расхода до итогового ΔP .

Коротко

Гидравлический расчёт связывает скорость в канале, число Рейнольдса, коэффициент трения λ и длину пути потока в один перепад давления по формуле Дарси-Вейсбаха. Итог сравнивают с напором насоса.

1. С чего начинается гидравлика

Отправная точка — массовый расход из теплового баланса и живое сечение каналов. Для примера возьмём греющий контур: $G = 2,86$ кг/с, число каналов в пакете $n = 20$, сечение одного канала $f = 0,00035$ м² (зазор 3,8 мм × ширина ~0,09 м).

$$w = G / (\rho \cdot n \cdot f) = 2,86 / (975 \cdot 20 \cdot 0,00035) \approx 0,42 \text{ м/с}$$

w — скорость в канале; $\rho \approx 975$ кг/м³ (вода ~75 °С); n — число параллельных каналов

Скорость 0,42 м/с попадает в рабочий диапазон 0,3–0,6 м/с — уже хорошо. Если бы вышло 0,9 м/с, гидравлику пришлось бы облегчать, добавляя параллельные ходы.

2. Режим течения и коэффициент трения

Дальше — число Рейнольдса по эквивалентному диаметру канала $d_{\text{э}} \approx 2 \cdot b$ (b — зазор):

$$Re = w \cdot d_{\text{э}} / \nu = 0,42 \cdot 0,0076 / 0,39 \cdot 10^{-6} \approx 8180$$

$$d_{\text{э}} \approx 2 \cdot 0,0038 = 0,0076 \text{ м}; \nu \approx 0,39 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} \text{ — вязкость воды } \sim 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

В гофрированных каналах турбулентность наступает рано — уже при $Re \approx 150\text{--}400$, а не при 2300, как в гладкой трубе. Коэффициент трения λ для шевронной пластины описывают степенной зависимостью $\lambda = A \cdot Re^{(-m)}$, где A и m — паспортные константы гофры (типично $A \approx 1,5\text{--}6$, $m \approx 0,2\text{--}0,3$). Примем $\lambda \approx 0,7$ для нашего Re .

3. Перепад давления по Дарси-Вейсбаху

Основная формула гидросопротивления канала:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda \cdot (L / d_{\text{э}}) \cdot (\rho \cdot w^2) / 2$$

L — длина канала (высота пакета $\times$ число ходов); $\rho \cdot w^2 / 2$ — скоростной напор

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,7 \cdot (1,0 / 0,0076) \cdot (975 \cdot 0,42^2) / 2 \approx 7900 \text{ Па} \approx 0,079 \text{ бар}$$

$L \approx 1,0$ м для одноходовой компоновки

К трению добавляют местные потери в штуцерах и коллекторах — обычно 10–30 % сверху. Итоговый перепад по стороне: $\sim 0,09\text{--}0,10$ бар. Для многоходовых аппаратов ΔP растёт пропорционально числу ходов и квадрату скорости — здесь кроется главный риск.

Влияющий фактор	Как влияет на ΔP	Порядок
Скорость w	$\propto w^2$ (квадратично)	главный рычаг
Число ходов	$\propto$ числу ходов	сильный
Вязкость (t среды)	растёт на холодной воде	умеренный
Зазор пластины b	меньше зазор $\rightarrow$ больше ΔP	конструктивный
Загрязнение	сужает канал $\rightarrow \Delta P$ растёт	эксплуатационный

4. Сверка с напором насоса

Финальный шаг — сравнить сумму потерь с располагаемым напором. Если ΔP аппарата и обвязки укладывается в напор с запасом 20–30 %, подбор состоялся. Если нет — снижают скорость (больше параллельных каналов), берут пластину с бóльшим зазором или более крупный типоразмер. Гнаться за минимальным ΔP тоже вредно: падает скорость, слабеет турбулентность, растёт загрязнение.

Частая ошибка

Считают гидравлику только по номинальному расходу. А зимой на пике разбора расход выше номинала на 15–25 %, и ΔP (квадрат скорости) подскакивает в 1,3–1,5 раза. Проверять надо по максимальному режиму, не по среднему.

5. Частые вопросы

Можно ли снизить потери давления без замены аппарата?

Частично: разбить поток на большее число параллельных каналов (перекомпоновка ходов), поднять температуру среды (падает вязкость), устранить загрязнение. Радикально — только более крупный типоразмер или пластина с бóльшим зазором.

Почему ΔP растёт быстрее, чем расход?

Потому что перепад пропорционален квадрату скорости: увеличили расход в 1,3 раза — потери выросли примерно в 1,7 раза. Это ключевая нелинейность гидравлики каналов.

Какой перепад давления считается нормальным для ПТО?

Ориентир 0,2–1,0 бар на сторону для типовых задач тепловых пунктов. Меньше 0,1 бар — скорее всего аппарат переразмерен; больше 1,5 бар — насос может не потянуть.

6. Глоссарий

Термин	Определение
Дарси-Вейсбах	Формула перепада давления на трение: $\Delta P = \lambda \cdot (L/d) \cdot \rho w^2 / 2$.
Коэффициент трения λ	Безразмерный коэффициент гидросопротивления канала, зависит от Re и профиля гофры.
Эквивалентный диаметр	Условный диаметр некруглого канала, $d_{\text{э}} \approx 2 \cdot \text{зазор}$ для щели между пластинами.
Располагаемый напор	Давление, которое насос отдаёт контуру; с ним сравнивают сумму потерь.



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: гидравлический расчёт теплообменника, потери давления, скорость в канале, число Рейнольдса, Дарси-Вейсбах