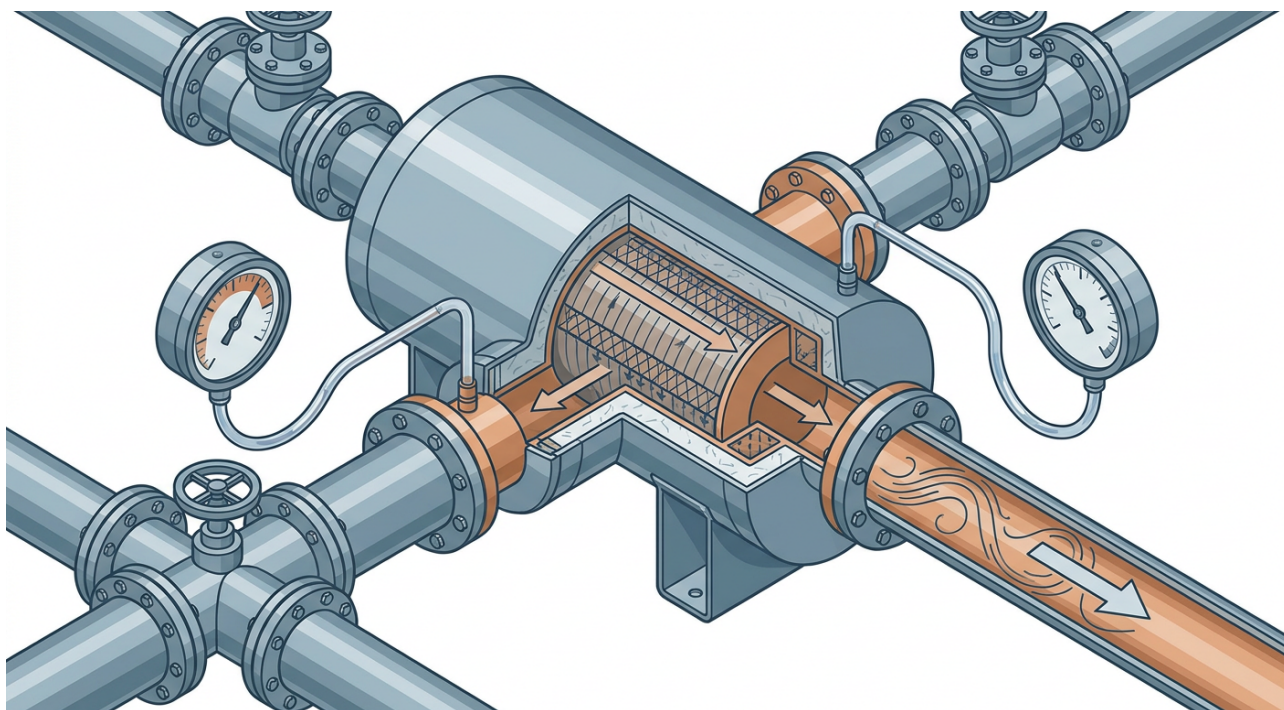


Гидравлический расчёт ТО: Дарси-Вейсбаха, ΔP

Потери давления в теплообменнике · формула Дарси-Вейсбаха, коэффициент трения по режиму, пример расчёта ΔP · sn22.ru

Потери давления в теплообменнике считают по формуле Дарси-Вейсбаха: $\Delta P = \lambda \cdot (L/d) \cdot (\rho \cdot v^2 / 2)$, где λ — коэффициент трения, L — длина канала, d — гидравлический диаметр, ρ — плотность среды, v — скорость. Коэффициент трения λ берут по режиму течения: ламинарный ($Re < 2300$) → $\lambda = 64/Re$, турбулентный в гладкой трубе → $\lambda = 0,316/Re^{0,25}$ (Блазиус), а в каналах ПТО из-за гофрирования $\lambda = 1-5$. Гидравлический расчёт нужен для подбора насоса и оценки затрат энергии на прокачку. Ниже — таблица λ по режимам, разбор формулы по членам, пример расчёта ΔP для канала ПТО и определитель причин завышенных потерь.



Коротко: потери давления считают по формуле Дарси-Вейсбаха $\Delta P = \lambda \cdot (L/d) \cdot (\rho \cdot v^2 / 2)$. Коэффициент трения λ зависит от режима: $\lambda = 64/Re$ (ламинарный, $Re < 2300$), $\lambda = 0,316/Re^{0,25}$ (турбулентный гладкий), $\lambda = 1-5$ (каналы ПТО с гофрами). Оптимум скорости в каналах ПТО — 0,3–0,8 м/с (баланс теплоотдачи и потерь). Пример: $v = 0,5$ м/с, $\rho = 1000$ кг/м³, $\lambda = 3$, $L/d = 200$ → $\Delta P \approx 75\,000$ Па $\approx 0,75$ бар.

Коэффициент трения λ по режиму течения

Режим течения	Число Рейнольдса Re	Коэффициент трения λ	Формула / значение
Ламинарный	< 2300	$64/Re$	$\lambda = 64/Re$
Переходный	2300–4000	по графику/эмпирике	неустойчив, расчёт по данным производителя

Режим течения	Число Рейнольдса Re	Коэффициент трения λ	Формула / значение
Турбулентный (гладкие каналы)	> 4000	0,02-0,04	$\lambda = 0,316/Re^{0,25}$ (Блазиус)
Турбулентный (гофры ПТО)	> 4000	1-5	высокое λ из-за гофрирования пластин

λ в каналах пластинчатого теплообменника на 1-2 порядка выше, чем в гладкой трубе: гофрирование резко повышает турбулентность. Отсюда большие потери давления при той же скорости, но и более высокая теплоотдача. Рабочий диапазон скорости в каналах ПТО — 0,3-0,8 м/с.

Скорость в каналах ПТО держат в диапазоне 0,3-0,8 м/с — это баланс между теплоотдачей и потерями давления. Ниже 0,3 м/с падает теплоотдача и растёт риск отложений, выше 0,8 м/с потери давления и износ уплотнений растут быстрее выгоды: v входит в формулу в квадрате, поэтому рост скорости вдвое увеличивает ΔP вчетверо.

Коэффициент трения по режиму: при ламинарном течении ($Re < 2300$) $\lambda = 64/Re$, при турбулентном в гладком канале ($Re > 4000$) $\lambda = 0,316/Re^{0,25}$ по Блазиусу и составляет обычно 0,02-0,04. В каналах пластинчатого теплообменника из-за гофрирования λ достигает 1-5 — на один-два порядка выше, чем в гладкой трубе.

Пример расчёта ΔP : канал ПТО, скорость $v = 0,5$ м/с, плотность $\rho = 1000$ кг/м³ (вода), $\lambda = 3$, отношение $L/d = 200$. Тогда $\Delta P = 3 \times 200 \times (1000 \times 0,25 / 2) = 75\,000$ Па $\approx 0,75$ бар. Насос подбирают с запасом по напору сверх этой величины.

Подбор насоса. Расчётные потери давления по обоим контурам аппарата — это часть требуемого напора циркуляционного насоса. К ним добавляют потери в трубопроводах и арматуре обвязки. Гидравлический расчёт делают до выбора насоса, иначе аппарат либо не прокачивается, либо перекачивается с перерасходом энергии.

Разбор формулы Дарси-Вейсбаха по членам

Формула Дарси-Вейсбаха связывает потери давления на трение со скоростью, геометрией канала и свойствами среды. Разберём каждый член на примере расчёта потерь в канале ПТО:

$$\Delta P = \lambda \cdot (L/d) \cdot (\rho \cdot v^2 / 2)$$

Часть обозначения	Что означает
ΔP	потери давления на трение, Па (искомая величина — идёт в подбор напора насоса)
λ	коэффициент трения (безразмерный): по режиму течения — $64/Re$, Блазиус или 1-5 для гофр ПТО
L	длина канала (пути потока), м; в ПТО учитывает извилистость по гофрам
d	гидравлический диаметр канала, м; для ПТО — малый, отсюда большое L/d
ρ	плотность среды, кг/м ³ (вода ≈ 1000 , гликоль/масло выше)
v	скорость среды в канале, м/с; входит в квадрате — рост v вдвое даёт рост ΔP вчетверо

Как определить причину завышенных потерь давления

Если фактические потери давления на аппарате выше расчётных или падает расход — причину находят по симптому. Сверьте признак с таблицей:

Симп том	Вер оятн ая п рич ина	Что п ровер ить / сде ла ть
ΔР рас тёт со време нем при том же ра сходе	Отло жен ия/за гряз нени е ка нало в	Пром ывка реаге нтом, ревиз ия кач ества среды
ΔР вы сокое сразу после подбо ра	Скор ость выш е 0,8 м/с / мало кана лов	Перес чёт: у велич ить число пласт ин, сн изить v
Расхо д упал, ΔР вы росло скачк ом	Забит фи льтр или кана лы на вхо де	Про ве рить с етчат ый фи льтр перед аппар атом
ΔР за метно выше, чем в гладк ой трубе	Норм а для ПТО (гоф ры, $\lambda = 1-5$)	Свери ть с р асчёт ом по Дарси -Вейсб аха для гофр
ΔР низ кое, но и т еплоо тдача слаба я	Скор ость ниж е 0,3 м/с	Подня ть рас ход или у мень шить сечен ие

Резкий рост потерь давления при неизменном расходе — почти всегда загрязнение каналов: сначала промывка, а не замена аппарата. Стабильно высокое ΔР с первого запуска — это ошибка подбора (скорость/число каналов), решается пересчётом по формуле Дарси-Вейсбаха.

Порядок гидравлического расчёта теплообменника

Гидравлический расчёт ΔР по формуле Дарси-Вейсбаха выполняют по шагам — от режима течения к напору насоса:

Часть	Назначение
1. Скорость и Re	задают скорость среды в канале (0,3–0,8 м/с для ПТО), считают число Рейнольдса Re для оценки режима
2. Режим течения	по Re определяют режим: ламинарный (< 2300), переходный (2300–4000) или турбулентный (> 4000)
3. Коэффициент трения λ	по режиму: $\lambda = 64/Re$ (ламинар), Блазиус для гладких, $\lambda = 1-5$ для гофр ПТО
4. Геометрия канала	берут длину L и гидравлический диаметр d, считают отношение L/d
5. Расчёт ΔP	подставляют в формулу $\Delta P = \lambda \cdot (L/d) \cdot (\rho \cdot v^2/2)$, получают потери давления на контур
6. Подбор насоса	суммируют ΔP аппарата с потерями обвязки, выбирают насос по требуемому напору с запасом

Из практики sn22.ru

К нам в Новосибирске обратился монтажник: пластинчатый теплообменник на ГВС «не тянет» — насос гудит, расход ниже проектного, ΔP на аппарате заметно выше расчётного. По симптому (потери выросли со временем при неизменном насосе) диагностировали загрязнение каналов, а не ошибку подбора. Проверили гидравлику по формуле Дарси-Вейсбаха под фактические параметры — расчётное ΔP укладывалось в 0,7 бар, факт был выше вдвое. После промывки каналов реагентом потери вернулись к расчётным, аппарат заработал без замены. Насос изначально был подобран верно.

Наличие и поставка: что важно

Локально: Гидравлический расчёт по Дарси-Вейсбаха универсален — он определяется параметрами сети, а не рынком. Нюанс поставки в РФ: после 2022 года подбор насосов и теплообменников идёт через параллельный импорт, поэтому расчёт ΔP делают заранее — чтобы под доступный на складе в Москве аппарат сразу подобрать насос с нужным напором. ООО «АТУ» (sn22.ru) считает гидравлику и подбирает аппарат под требуемые потери давления с учётом наличия на складе в Москве.

Часто задаваемые вопросы

Как посчитать потери давления в теплообменнике?

Потери давления считают по формуле Дарси-Вейсбаха: $\Delta P = \lambda \cdot (L/d) \cdot (\rho \cdot v^2/2)$, где λ — коэффициент трения по режиму течения, L — длина канала, d — гидравлический диаметр, ρ — плотность, v — скорость среды.

Чему равен коэффициент трения в каналах ПТО?

В каналах пластинчатого теплообменника коэффициент трения $\lambda = 1-5$ — из-за гофрирования пластин он на один-два порядка выше, чем в гладкой трубе (где $\lambda = 0,02-0,04$). Отсюда большие потери давления, но и выше теплоотдача.

Какая скорость среды в каналах теплообменника оптимальна?

Оптимум скорости в каналах ПТО — 0,3–0,8 м/с. Это баланс между теплоотдачей и потерями давления: ниже 0,3 м/с падает теплоотдача, выше 0,8 м/с потери растут быстрее выгоды (скорость входит в формулу в квадрате).

Как найти коэффициент трения λ по числу Рейнольдса?

При ламинарном режиме ($Re < 2300$) $\lambda = 64/Re$. При турбулентном в гладком канале ($Re > 4000$) $\lambda = 0,316/Re^{0,25}$ по формуле Блазиуса. Для гофрированных каналов ПТО $\lambda = 1-5$ берут эмпирически.

Пример расчёта ΔP в канале ПТО?

При $v = 0,5$ м/с, $\rho = 1000$ кг/м³, $\lambda = 3$ и $L/d = 200$: $\Delta P = 3 \times 200 \times (1000 \times 0,25 / 2) = 75\,000$ Па $\approx 0,75$ бар. Это расчётные потери на контур для подбора насоса.

Почему в пластинчатом теплообменнике большие потери давления?

Гофрирование пластин создаёт турбулентность и высокий коэффициент трения ($\lambda = 1-5$ против 0,02–0,04 в гладкой трубе). Это повышает теплоотдачу, но и увеличивает потери давления при той же скорости.

Зачем нужен гидравлический расчёт теплообменника?

Чтобы подобрать насос нужного напора и оценить затраты энергии на прокачку сред. Расчётное ΔP по обоим контурам суммируют с потерями обвязки и выбирают насос с запасом по напору.

Потери давления выросли со временем — что делать?

Рост ΔP при неизменном расходе — почти всегда загрязнение каналов. Сначала промывка реагентом, а не замена аппарата. Если ΔP высокое с первого запуска — это ошибка подбора (скорость/число каналов), решается пересчётом по Дарси-Вейсбаха.



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: гидравлический расчёт теплообменника · формула Дарси-Вейсбаха $\Delta P = \lambda \cdot (L/d) \cdot (\rho \cdot v^2 / 2)$ · коэффициент трения λ по режиму · $\lambda = 64/Re$ ламинарный · Блазиус турбулентный · $\lambda = 1-5$ гофры ПТО · скорость 0,3–0,8 м/с · пример 0,75 бар · подбор насоса