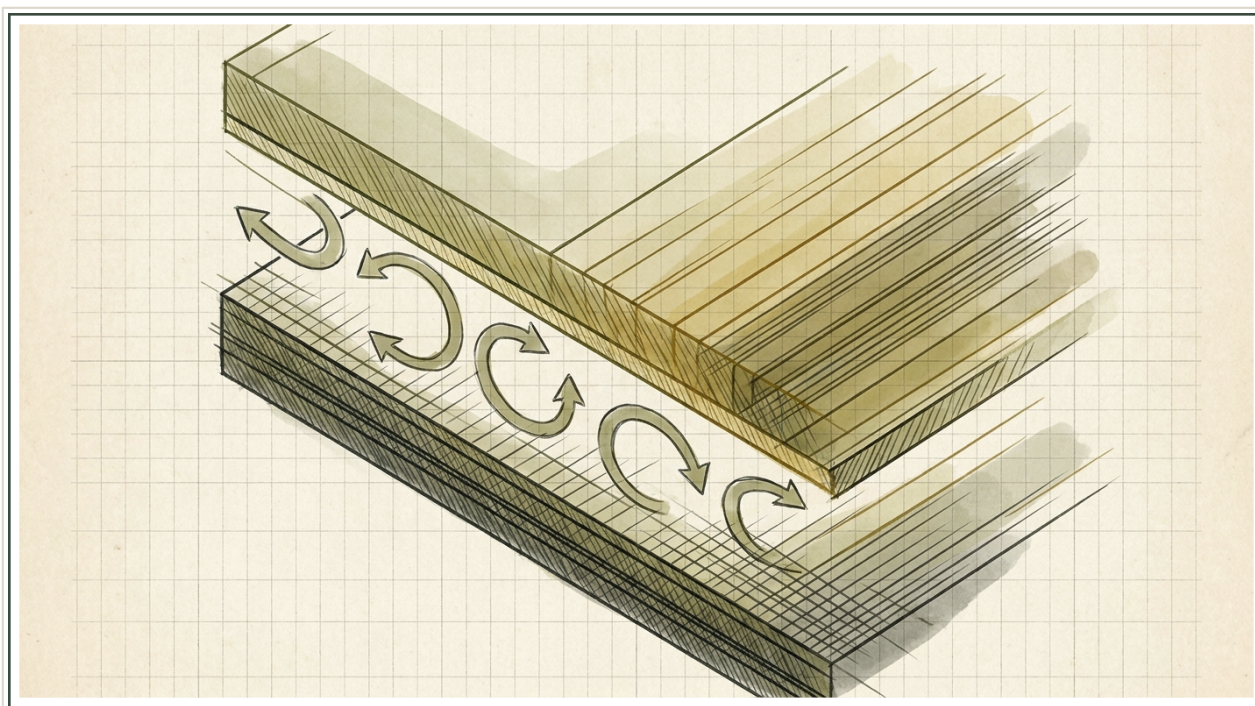


Число Рейнольдса в расчёте теплообмена

теория теплообмена · формулы и вывод

Что такое число Рейнольдса, как оно делит поток на ламинарный и турбулентный, и почему в гофрированных каналах ПТО турбулентность наступает при Re в десятки раз меньших, чем в трубе.



Переход от ламинарного к турбулентному течению в канале теплообменника

Число Рейнольдса Re — первое, что смотрит расчётчик, когда открывает канал теплообменника. Оно отвечает на прямой вопрос: как течёт жидкость — спокойными слоями или с вихрями? От ответа зависит вся теплоотдача: в турбулентном потоке тепло с поверхности снимается в разы интенсивнее, чем в ламинарном. Поэтому Re — не абстракция из учебника, а рабочий переключатель режима, который стоит в начале любого поверочного расчёта.

Режим	Диапазон Re (трубы)	Диапазон Re (каналы ПТО)	Характер потока
Ламинарный	$Re < 2300$	$Re < 100-400$	слоистый, вихрей нет
Переходный	2300-10000	100-1000	неустойчивый
Турбулентный	$Re > 10000$	$Re > 400-1000$	развитые вихри

Важно

В гофрированных каналах пластинчатого теплообменника турбулентность наступает при Re всего 100-400 — на порядок раньше, чем в гладкой трубе. Это и есть главный секрет компактности ПТО: гофра «взбивает» поток заранее.

1. Формула и физический смысл

Re — это безразмерное отношение сил инерции к силам вязкости в потоке:

$$Re = (w \cdot d) / \nu = (w \cdot d \cdot \rho) / \mu$$

w — скорость потока, м/с; d — характерный размер, м; ν — кинематическая вязкость, м²/с; ρ — плотность, кг/м³; μ — динамическая вязкость, Па·с

Числитель $w \cdot d \cdot \rho$ отражает инерцию движущейся массы, знаменатель μ — вязкое трение, которое инерцию гасит. Когда инерция побеждает (большое Re), поток срывается в вихри. Когда вязкость держит (малое Re), течение остаётся слоистым.

2. Характерный размер для разных геометрий

Под «d» подставляют не что попало, а эквивалентный (гидравлический) диаметр канала:

$$d_{\text{э}} = 4 \cdot S / P$$

S — площадь живого сечения канала, м²; P — смоченный периметр, м

Для круглой трубы $d_{\text{э}}$ совпадает с внутренним диаметром. Для узкого щелевого канала пластинчатого аппарата $d_{\text{э}} \approx 2 \cdot b$, где b — зазор между пластинами (обычно 2–4 мм).

3. Пример расчёта

Вода 40 °С течёт по каналу ПТО с зазором $b = 3$ мм со скоростью $w = 0,4$ м/с.

Кинематическая вязкость воды при 40 °С $\nu \approx 0,66 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Тогда $d_{\text{э}} \approx 6$ мм:

$$Re = 0,4 \cdot 0,006 / (0,66 \cdot 10^{-6}) \approx 3640$$

поток заведомо турбулентный для гофрированного канала

Тот же расчёт для масла ($\nu \approx 40 \cdot 10^{-6}$ м²/с при 40 °С) даст $Re \approx 60$ — ламинарный режим. Отсюда правило: вязкие среды всегда идут в ламинаре, и теплоотдачу с ними приходится поднимать скоростью или температурой.

Среда (40 °С)	$\nu, \cdot 10^{-6}$ м ² /с	Re при $w=0,4$ м/с, $d=6$ мм
Вода	0,66	≈ 3640
Этиленгликоль 40 %	3,5	≈ 690
Трансформаторное масло	28	≈ 86
Воздух	16,9	≈ 142

4. Где Re нужен в расчёте теплообменника

- Выбор критериального уравнения: для ламинара и турбулента формулы Nu разные.
- Оценка теплоотдачи α — через Nu, которое считается от Re.
- Проверка на загрязнение: при Re ниже рабочего растут отложения на стенке.
- Гидравлика: коэффициент трения ξ тоже функция Re.

5. Частые вопросы

При каком Re поток становится турбулентным?

В гладкой трубе граница около $Re = 2300$, устойчивая турбулентность — от 10000. В гофрированных каналах пластинчатого теплообменника переход происходит уже при $Re = 100$ –400 благодаря рельефу пластин.

Почему в турбулентном режиме теплоотдача выше?

Вихри разрушают пристеночный тепловой слой — главное сопротивление теплопередаче. Свежая жидкость постоянно подходит к стенке, и тепло снимается интенсивнее.

Что подставлять вместо диаметра в некруглом канале?

Эквивалентный диаметр $d_{\text{э}} = 4S/P$. Для щели пластинчатого аппарата это примерно удвоенный зазор между пластинами.

6. Глоссарий

Термин	Определение
Число Рейнольдса	Безразмерный критерий режима течения — отношение сил инерции к силам вязкости.
Кинематическая вязкость	$\nu = \mu/\rho$, м ² /с — мера «густоты» жидкости, сильно зависит от температуры.
Эквивалентный диаметр	$d_{\text{э}} = 4S/P$ — приведённый размер некруглого канала для расчёта Re.

**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: число Рейнольдса, Re, ламинарный турбулентный режим, эквивалентный диаметр, вязкость, теплоотдача