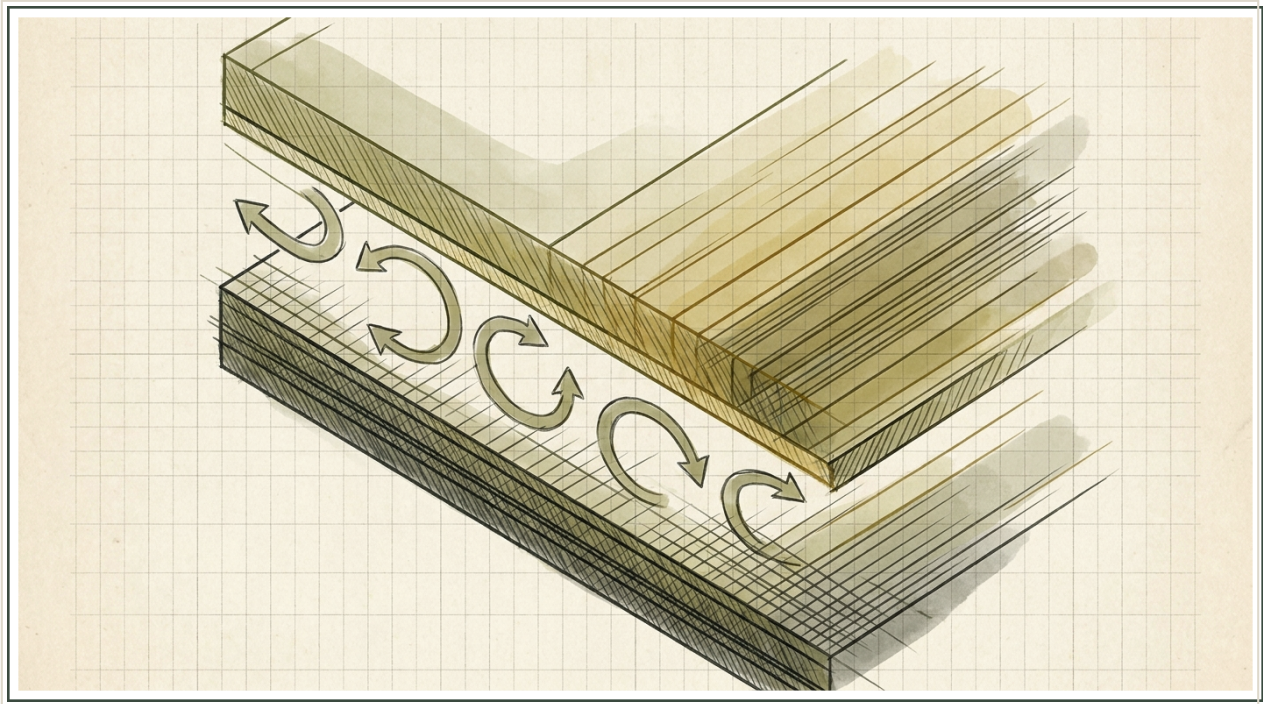


Число Нуссельта: физический смысл и расчёт

теория теплообмена · формулы и вывод

Физический смысл числа Нуссельта, его связь с коэффициентом теплоотдачи α и как через критериальное уравнение Nu получают α для расчёта площади теплообменника.



Число Нуссельта как мера интенсивности конвективной теплоотдачи у стенки

Если число Рейнольдса говорит, КАК течёт жидкость, то число Нуссельта Nu говорит, НАСКОЛЬКО хорошо она отдаёт тепло. Формально Nu — это отношение реального конвективного теплопереноса к тому, что дала бы одна теплопроводность неподвижного слоя той же толщины. $Nu = 1$ означает: конвекции нет, тепло идёт только за счёт молекулярной теплопроводности. $Nu = 100$ — конвекция усилила теплоотдачу в сто раз. Именно через Nu из расчёта достают коэффициент теплоотдачи α , а без α нельзя посчитать площадь аппарата.

Условия теплоотдачи	Типичный Nu	Комментарий
Неподвижный слой (чистая теплопроводность)	≈ 1	конвекции нет
Ламинарное течение в трубе	3,66–4,36	постоянный, от Re не зависит
Турбулентная вода в трубе	50–500	растёт с Re
Гофрированный канал ПТО	20–200	при малых Re за счёт гофры

Знаете ли вы

При ламинарном течении в трубе с постоянной температурой стенки $Nu = 3,66$ и не зависит ни от Re , ни от Pr . Это фундаментальный предел: пока нет вихрей, теплоотдачу скоростью не разгонишь — только геометрией.

1. Определение и связь с α

Число Нуссельта вводится так:

$$Nu = (\alpha \cdot d) / \lambda$$

α — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); d — характерный размер, м; λ — теплопроводность жидкости, Вт/(м·К)

Отсюда и главная практическая ценность: зная Nu из критериального уравнения, находят α — величину, которая прямо входит в коэффициент теплопередачи k :

$$\alpha = Nu \cdot \lambda / d$$

обратный ход: из безразмерного Nu получаем размерный коэффициент теплоотдачи

2. Как считают Nu

Nu не измеряют напрямую — его вычисляют из критериального уравнения, которое связывает его с режимом течения (Re) и теплофизикой среды (Pr). Классический вид для турбулентного течения в трубе — уравнение Михеева:

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr/Pr_{ст})^{0,25}$$

последний множитель — поправка на направление теплового потока (нагрев/охлаждение)

Показатель степени при Re около 0,8 — вот почему турбулизация потока так эффективна: удвоив Re , теплоотдачу поднимают почти вдвое ($2^{0,8} \approx 1,74$).

3. Пример

Вода 50 °С, труба $d = 20$ мм, $Re = 20000$, $Pr = 3,55$, $\lambda = 0,64$ Вт/(м·К). Без поправки на стенку:

$$Nu = 0,021 \cdot 20000^{0,8} \cdot 3,55^{0,43} \approx 0,021 \cdot 2716 \cdot 1,72 \approx 98$$

получено число Нуссельта для заданного режима

$$\alpha = 98 \cdot 0,64 / 0,020 \approx 3140 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}$$

рабочий коэффициент теплоотдачи со стороны воды

4. Где Nu в расчёте теплообменника

- Мост между гидродинамикой (Re , Pr) и теплотехникой (α): без Nu не перейти от режима к теплоотдаче.
- Считается отдельно для каждой стороны пластины/трубы — среды и скорости разные.
- Через α входит в $1/k = 1/\alpha_1 + \delta/\lambda_{ст} + 1/\alpha_2$ — и определяет площадь аппарата.

5. Частые вопросы

Чем число Нуссельта отличается от коэффициента теплоотдачи?

Nu безразмерно и универсально: одно уравнение работает для воды, масла, воздуха. α — размерная величина Вт/(м²·К) под конкретную среду и размер. α получают из Nu по формуле $\alpha = Nu \cdot \lambda / d$.

Может ли Nu быть меньше единицы?

На практике нет. $Nu < 1$ означал бы, что конвекция мешает теплопроводности, чего не бывает. Минимум $Nu \approx 1$ — режим чистой теплопроводности без движения.

Почему в разных источниках коэффициенты в формуле Nu отличаются?

Константы C и показатели степени зависят от геометрии и режима. Для гофрированных пластин заводы определяют их экспериментально и держат в закрытых программах

подбора.

6. Глоссарий

Термин	Определение
Число Нуссельта	Отношение конвективной теплоотдачи к чисто кондуктивной — «во сколько раз движение усилило теплопередачу».
Коэффициент теплоотдачи α	Вт/(м²·К) — сколько тепла среда отдаёт стенке с 1 м² при перепаде 1 К.
Уравнение Михеева	Критериальная зависимость $Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43}$ для турбулентного течения в трубах.



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 Нуссельта, Nu, коэффициент теплоотдачи, критериальное уравнение, уравнение Михеева, конвекция