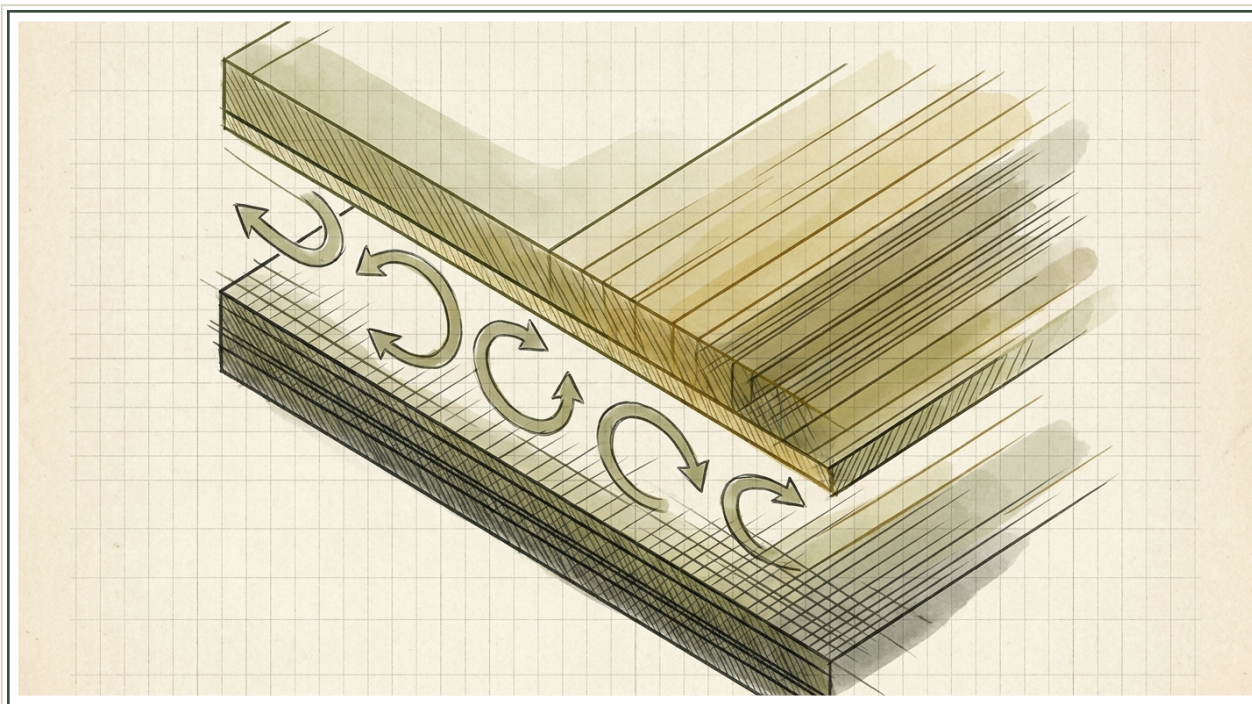


Безразмерные комплексы теории теплообмена

теория теплообмена · формулы и вывод

Справочная карта безразмерных чисел теплообмена: Re, Nu, Pr, Gr, Pe, Ra, St, Bi, Fo — формулы, назначение и деление на определяющие и определяемые критерии.



Карта основных безразмерных критериев теории теплообмена и их назначение

Вся теория конвективного теплообмена держится на десятке безразмерных комплексов. Каждый отвечает за свой кусочек физики: один — за режим течения, другой — за свойства среды, третий — за интенсивность теплоотдачи. Собрали их в одну справочную карту с формулами и назначением, чтобы не путаться, что от чего зависит и куда какое число подставлять. Держите её под рукой при чтении критериальных уравнений.

Число	Формула	Что характеризует
Рейнольдса Re	$w \cdot d / \nu$	режим течения (инерция/вязкость)
Нуссельта Nu	$\alpha \cdot d / \lambda$	интенсивность теплоотдачи
Прандтля Pr	ν / a	свойства среды (импульс/тепло)
Грасгофа Gr	$g \beta \Delta t L^3 / \nu^2$	свободная конвекция
Пекле Pe	$w \cdot L / a = Re \cdot Pr$	конвекция/теплопроводность
Рэля Ra	$Gr \cdot Pr$	режим свободной конвекции
Стантона St	$\alpha / (\rho \cdot w \cdot c_p)$	теплоотдача/теплоёмкость потока
Био Bi	$\alpha \cdot L / \lambda_{\text{тв}}$	внутр./внешн. сопротивление тела
Фурье Fo	$a \cdot \tau / L^2$	безразмерное время нестационарного процесса

Важно

Числа делятся на два сорта. Определяющие (Re, Pr, Gr) составлены из ИЗВЕСТНЫХ величин — их считают на входе. Определяемое Nu содержит ИСКОМОЕ α — его получают из уравнения. В этом вся логика: из известных чисел находят Nu, из Nu — α .

1. Определяющие и определяемые

Разделение принципиально для расчёта. В критериальном уравнении $Nu=f(Re,Pr)$ слева неизвестное, справа известное:

$$Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^n$$

Re, Pr — определяющие (входные); Nu — определяемое (искомое), содержит α

2. Число Стантона — удобная замена

St связывает теплоотдачу с теплоёмкостью потока и удобно для аналогии Рейнольдса (тепло↔трение):

$$St = Nu / (Re \cdot Pr) = \alpha / (\rho \cdot w \cdot c_p)$$

показывает долю теплоты потока, отдаваемую стенке

3. Числа нестационарных задач

Для прогрева и остывания тел вводят два критерия:

$$Bi = \alpha \cdot L / \lambda_{\text{тв}}; Fo = a \cdot \tau / L^2$$

Bi — отношение внешнего теплообмена к внутренней теплопроводности; Fo — безразмерное время

- $Bi < 0,1$ — тело прогревается почти равномерно (можно считать одной температурой).
- $Bi > 0,1$ — важен градиент внутри тела.
- Fo — «сколько прошло времени» в безразмерном виде для расчёта прогрева.

4. Как это работает вместе

Типовая цепочка расчёта теплоотдачи: посчитали Re (режим) и Pr (среда) → подставили в критериальное уравнение → получили Nu → извлекли $\alpha = Nu \cdot \lambda / d$ → собрали k → нашли площадь. Каждое число — звено этой цепи, и пропуск любого рвёт расчёт.

5. Частые вопросы

Чем определяющие числа отличаются от определяемых?

Определяющие (Re, Pr, Gr) составлены из известных величин и вычисляются на входе. Определяемое Nu содержит искомый α и находится ИЗ критериального уравнения. Логика: из известных чисел → Nu → α .

Зачем столько разных чисел?

Каждое отвечает за свою физику: режим течения, свойства среды, свободную конвекцию, нестационарность. Вместе они позволяют описать теплоотдачу короткими степенными формулами.

Какие числа главные для пластинчатого теплообменника?

Re (режим в канале), Pr (среда), Nu (теплоотдача). Через них считают α и коэффициент k. Gr и Fo нужны для смежных задач — теплотеря и прогрева.

6. Глоссарий

Термин	Определение
Определяющие критерии	Числа из известных величин (Re , Pr , Gr), вычисляемые на входе расчёта.
Определяемый критерий	Nu — содержит искомый α , находится из критериального уравнения.
Число Стантона	$St = Nu/(Re \cdot Pr)$ — доля теплоты потока, передаваемая стенке.

**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: безразмерные числа теплообмена, критерии подобия, Re Nu Pr Gr Pe , определяющие определяемые