

Основные законы теплообмена



Жан Батист Жозеф Фурье



(1768-1830) — французский математик и физик, иностранный почетный член Петербургской АН (1829). Жан Фурье родился в Осере в семье портного. В 9 лет потерял обоих родителей. Сироту устроили в Военную школу при бенедиктинском монастыре.

- В 1789 году приехал в Париж, чтобы представить работу о численном решении уравнений любой степени, но она затерялась во время революции. Революция пришла раньше, чем он смог решить, кем ему стать — монахом, военным или математиком. Фурье вернулся в Осер и стал преподавать в школе, где прежде учился. В 1795-1798 годах Фурье преподавал в Политехнической школе. По отзывам слушателей, лекции Фурье были блестящими.

1796: в своих лекциях Фурье излагает теорему о числе вещественных корней в заданном интервале (опубликована в 1820 году).

1801: Пишет «Математическую теорию тепла».

1808: Жан Фурье получает от Наполеона титул барона и награждается орденом Почётного легиона.

1812: Фурье получает Большую премию Академии за аналитическую теорию теплопроводности, несмотря на нестрогие доказательства.

1822: Выходит в свет завершающий классический трактат «Математическая теория тепла»

Жан Фурье умер 16 мая 1830 года в Париже.

Закон Фурье

$$\vec{q} = -\kappa \text{grad}(T)$$

В установившемся режиме плотность потока энергии, передающейся посредством теплопроводности, пропорциональна градиенту температуры:

$$\vec{q} = -\kappa \text{grad}(T),$$

где q — вектор плотности теплового потока — количество энергии, проходящей в единицу времени через единицу площади, перпендикулярной каждой оси, κ — коэффициент теплопроводности (удельная теплопроводность), T — температура. Минус в правой части показывает, что тепловой поток направлен противоположно вектору $\text{grad } T$ (то есть в сторону скорейшего убывания температуры). Это выражение известно как закон теплопроводности *Фурье*.

В интегральной форме это же выражение запишется так (если речь идёт о стационарном потоке тепла от одной грани параллелепипеда к другой):

$$P = -\kappa \frac{S \Delta T}{L}$$

где P — полная мощность тепловых потерь, S — площадь сечения параллелепипеда, ΔT — перепад температур граней, L — длина параллелепипеда, то есть расстояние между гранями.

Коэффициент теплопроводности измеряется в Вт/(м · К).

Математическое выражение простого закона: чем больше разность температур, тем быстрее передается тепло. Например, чем горячее предмет, тем быстрее он нагреет холодный предмет. Закон применяется во многих областях и объясняет, например, почему алмазы всегда холодные (у них высокая термальная проводимость). Он позволяет определить теплопроводность материалов, что необходимо в промышленности — например, для производства двигателей и термосов.

Следует отметить, что закон Фурье не учитывает инерционность процесса теплопроводности, то есть в данной модели изменение температуры в какой-то точке мгновенно распространяется на всё тело. Закон Фурье не применим для описания высокочастотных процессов (и, соответственно, процессов, чье разложение в ряд Фурье имеет значительные высокочастотные гармоники). Примерами таких процессов являются распространение ультразвука, ударные волны и т. п. Инерционность в уравнения переноса первым ввел Максвелл, а в 1948 году Каттанео был предложен вариант закона Фурье с релаксационным членом:

$$\tau \frac{\partial \mathbf{q}}{\partial t} = - (\mathbf{q} + \kappa \nabla T) .$$

Если время релаксации τ пренебрежимо мало, то это уравнение переходит в закон Фурье.