

Современные проблемы теплоэнергетики

Способы передачи теплоты

Определение теплопроводности

Тепломассообмен – это наука, изучающая закономерности процессов переноса теплоты и массы вещества.

Существует 3 способа теплообмена:

- теплопроводность (кондукция);
- конвекция;
- лучистый теплообмен (радиационный).

Теплопроводность – это перенос теплоты при непосредственном контакте тел с разной температурой и осуществляется **на уровне микрочастиц**.

Теплопроводность имеет место в твердых, жидких и газообразных средах, причем, **в твердых телах – в чистом виде**, так как другие способы переноса теплоты в них невозможны.

Определение конвекции и лучистого теплообмена

Конвекция – это перенос теплоты при перемещении жидкости из области с более высокой температурой в область с низкой температурой.

Под словом жидкость подразумевается любая текучая среда (газы, расплавленные металлы). **Конвекция осуществляется на уровне макрочастиц.**

Тепловое излучение (лучистый теплообмен) – это перенос теплоты посредством электромагнитных волн.

При этом происходит двойное преобразование энергии: тепловая энергия излучающего тела переходит в лучистую. В свою очередь, лучистая энергия при попадании на твердую или жидкую поверхность переходит в тепловую.

Определение теплопередачи

При конвекции наряду с контактом между макрообъемами жидкости неизбежен контакт и между микрочастицами, то есть теплопроводность. Совместный перенос теплоты конвекцией и теплопроводностью – конвективный теплообмен.

Конвективный теплообмен между стенкой и жидкостью – это конвективная теплоотдача.

В теплообменных аппаратах происходит передача теплоты через стенку от горячего теплоносителя к холодному – **теплопередача**.

В отопительных приборах теплота от горячего теплоносителя к внутренней поверхности стенки отдается за счет конвекции, внутри стенки – теплопроводностью, от наружной поверхности к воздуху – теплопроводностью, конвекцией и излучением.

Определение теплопередачи

Сложные процессы :

- Теплопроводность + конвекция = конвективный теплообмен;
- Теплопроводность + лучистый теплообмен = кондуктивно – радиационный теплообмен;
- Конвективный теплообмен + лучистый теплообмен = конвективно – радиационный теплообмен

Перенос теплоты теплопроводностью в разных средах

При теплопередаче один из теплоносителей может изменять свое агрегатное состояние, то есть теплообмену будет сопутствовать **массообмен**, что еще более усложняет процесс.

Теплопроводность в газах осуществляется путем диффузии молекул и атомов, **в жидкостях и твердых диэлектриках** – путем упругих колебаний (волн), **в металлах** – за счет диффузии свободных электронов.

Мера нагретости тела характеризуется его температурой.

Совокупность температур всех точек пространства в данный момент времени называется **температурным полем**.

Стационарное (установившееся) температурное поле, в котором температуры не изменяются во времени. В противном случае температурное поле называется нестационарным.

Методы изучения физических явлений

Методы:

- **Феноменологический метод;**
- **Статистический метод.**

Феноменологический метод игнорирует микроскопическую структуру вещества и рассматривает ее как сплошную среду (континуум). Фенологические законы носят общий характер. Роль конкретной среды учитывают коэффициенты, определяемые из опыта.

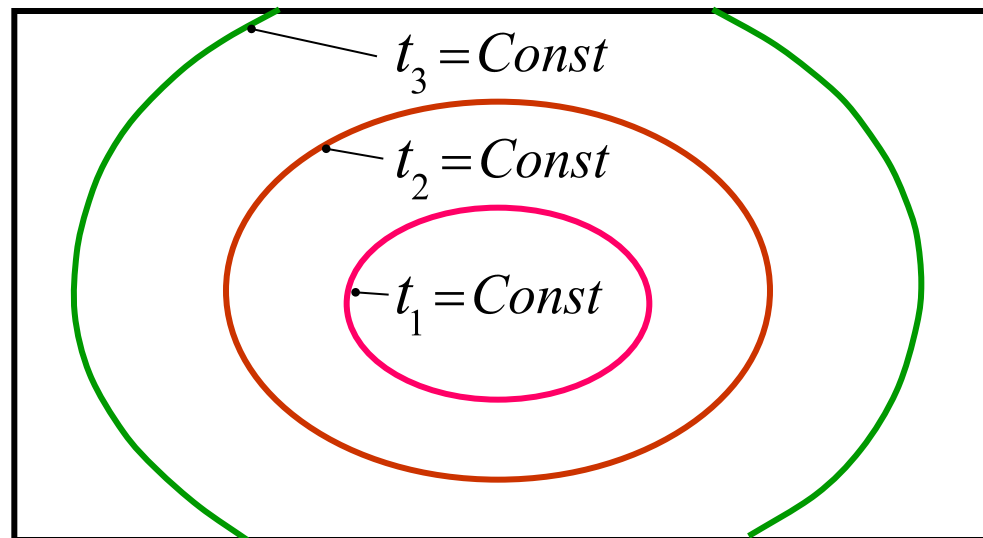
Статистический метод основан на изучении внутренней структуры вещества. Среда рассматривается как физическая система, состоящая из молекул, атомов, ионов, электронов и т.д. с заданными свойствами и законами взаимодействия. По микроскопическим характеристикам получают макроскопические свойства.

В теории тепломассообмена используется **Феноменологический метод**.

Уравнение температурного поля

Температурное поле	Стационарное	Нестационарное
1-мерное	$t = f(x)$	$t = f(x, \tau)$
2-мерное	$t = f(x, y)$	$t = f(x, y, \tau)$
3-мерное	$t = f(x, y, z)$	$t = f(x, y, z, \tau)$

Изотермическая поверхность



Изотермическая поверхность – это геометрическое место точек с одинаковой температурой.

Изотермическая поверхность

Изотермы не могут пересекаться, так как не может быть двух разных температур в точке в один и тот же момент времени. Они замыкаются сами на себя ($t_1 = Const; t_2 \neq Const$) заканчиваются в окружающем пространстве ($t_3 = Const$).

Если изотермические поверхности рассечь плоскостью, то в сечении получим изотермические линии, которые обладают теми же свойствами, что и изотермические поверхности.

Градиент температуры

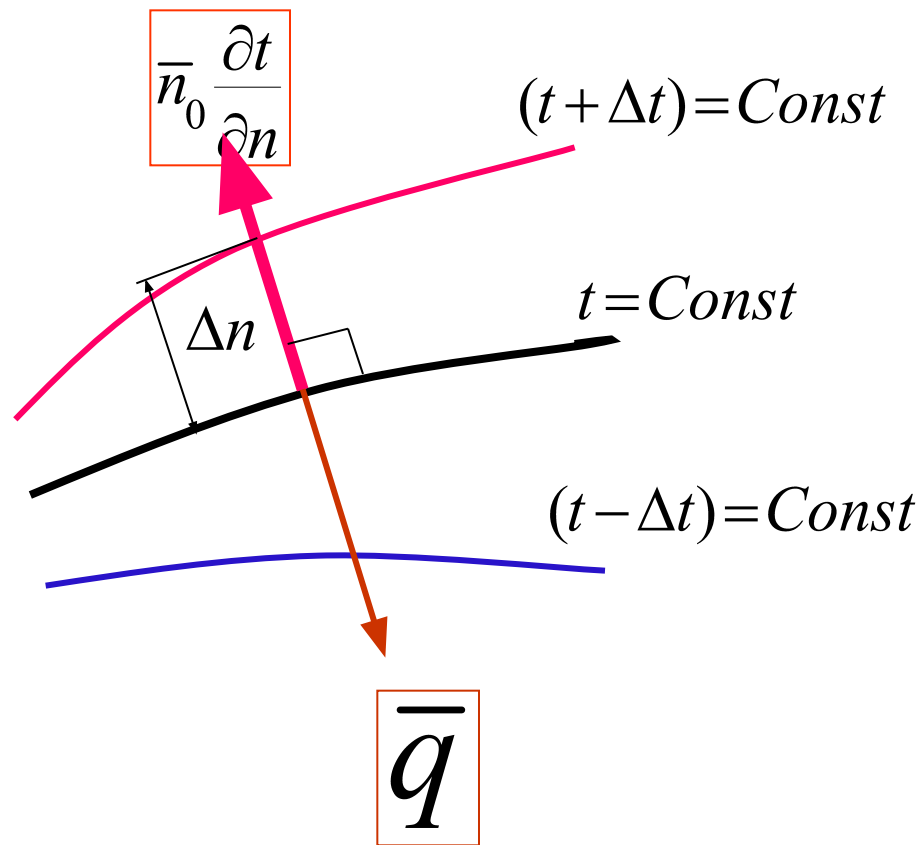
Градиентом температурного поля в данной точке, называется вектор, проекциями которого на координатные оси, являются частные производные от температуры в данной точке.

$$\overline{gradt} = \bar{i} \frac{\partial t}{\partial x} + \bar{j} \frac{\partial t}{\partial y} + \bar{k} \frac{\partial t}{\partial z}$$

Модуль градиента:

$$|\overline{gradt}| = \sqrt{\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial t}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial t}{\partial z}\right)^2}$$

Градиент температуры



Закон Фурье

$$dQ_{\tau} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau \quad ,\text{Дж} \quad (1)$$

где dQ_{τ} - количество теплоты, которая передается за время $d\tau$ через поверхность площадью dF в направлении нормали n к этой поверхности.

λ ,Вт/мК - коэффициент теплопроводности материала.

Коэффициент теплопроводности зависит от температуры:

$$\lambda = \lambda_0 + bt$$

где λ_0 - коэффициент теплопроводности при $t=0^{\circ}\text{C}$.

Закон Фурье

Из (1) следует:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \quad ,Вт \quad (2)$$

Из (2) следует:

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad Вт / м^2. \quad (3)$$

Закон Фурье

Уравнение (3) в векторной форме

$$\vec{q} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \vec{n}_0, \quad (4)$$

где \vec{q} - вектор плотности теплового потока;

\vec{n}_0 - единичный вектор нормали.

Знак $-$ означает, что вектор плотности теплового потока направлен в сторону убывания температуры.

Векторы плотности теплового потока и градиента температуры противоположно направлены.

Закон Фурье

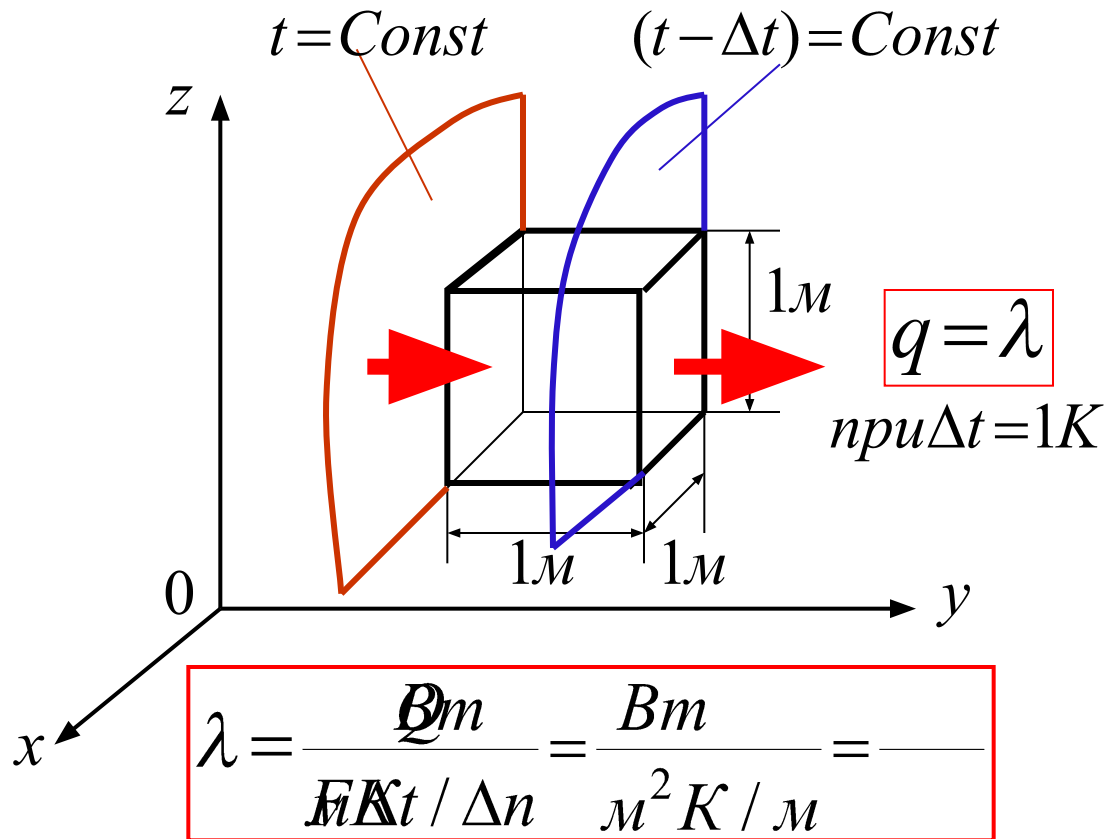
Запишем уравнение (4) в проекциях на координатные оси:

$$q_x = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x};$$

$$q_y = -\lambda \frac{\partial t}{\partial y};$$

$$q_z = -\lambda \frac{\partial t}{\partial z}.$$

Физический смысл λ



Теплопроводность

Перенос теплоты теплопроводностью может происходить в любых средах (в газах, жидкостях и твердых телах), причем в чистом виде – только в твердых телах.

Теплопроводность в разных средах определяется:

- в газах: переносом кинетической энергии молекул при их хаотическом движении и столкновениях друг с другом [$\lambda = 0,006 - 0,6 \text{ Вт/(мК)}$];
- в жидкостях и твердых диэлектриках: путем упругих колебаний [$\lambda = 0,07 - 0,7 \text{ Вт/(мК)}$];
- в металлах: переносом энергии свободными электронами.

Порядок теплопроводности металлов: [сталь- 20 - 50; алюминий- 100; медь- 300; серебро- 400 Вт/(мК)].

Вопросы к зачету

1. Способы переноса теплоты.
Температурное поле. Изотермическая поверхность. Градиент температурного поля.
2. Тепловой поток. Закон Фурье.
Коэффициент теплопроводности.