

# Архитектурн ая теплотехника

**ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ  
СВОЙСТВА  
ОГРАЖДЕНИЯ**

# ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОГРАЖДЕНИЯ

- Основная задача строительной теплофизики – обоснование рационального выбора ограждающих конструкций, удовлетворяющих требованиям обеспечения в помещениях благоприятного микроклимата для деятельности или отдыха человека.
- Строительная теплофизика изучает процессы теплопередачи, воздухопроницаемости и влажностного режима ограждающих конструкций, разделяющих воздушные среды с отличающимися температурой, влажностью и скоростью перемещения воздуха.

# ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОГРАЖДЕНИЯ

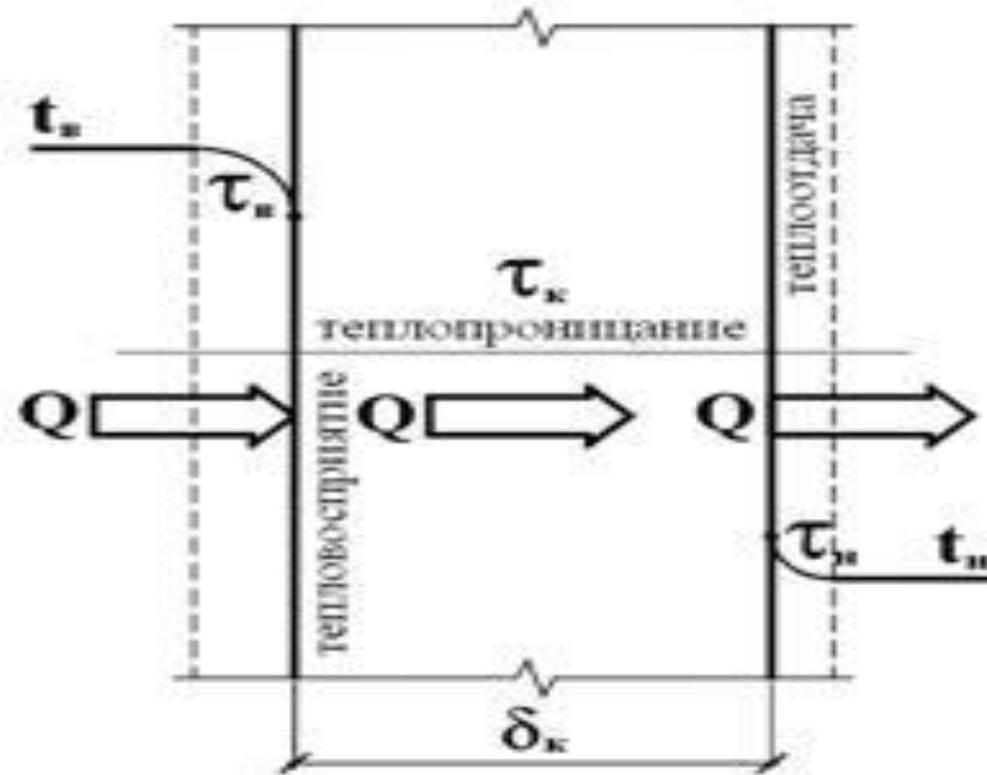
В соответствии с теплотехническими требованиями ограждающие конструкции зданий должны обладать следующими свойствами:

- не допускать потерь тепла в холодное время года и перегрева помещений летом в условиях жаркого климата;
- температура внутренней поверхности ограждения не должна опускаться ниже определенного уровня, чтобы исключить конденсацию пара на ней и одностороннее охлаждение тела человека от излучения тепла на эту поверхность;
- обладать достаточным сопротивлением воздухо- и паропроницанию, влияющими на теплозащитные качества и долговечность зданий.

## Передача тепла через ограждения

# теплопередача или

**теплообмен** - это процесс перемещения тепла из более нагретой среды через огражден



## Передача тепла через ограждения

- Для твердых строительных материалов, имеющих капиллярно - пористую структуру, основным видом теплопередачи является *теплопроводность*, т.е. теплообмен между частицами тела, находящимися в непосредственном соприкосновении друг с другом.
- Интенсивность теплопередачи посредством теплопроводности называется *тепловым потоком*  $Q$ .

## Передача тепла через ограждения

При рассмотрении процесса перехода тепла через однородное ограждение от внутреннего воздуха к наружному следует различать три этапа:

1. тепловосприятие
2. теплопроницание через ограждение
3. теплоотдача.

## Передача тепла через ограждения

- Количество тепла, проходящее через конструкцию, может быть определено на основании закона Фурье:

$$Q = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \frac{\lambda}{\delta} F z$$

• (3)

- где  $t_{\text{в}}$  и  $t_{\text{н}}$  – температура внутренней и наружной поверхности ограждения, °С;
- $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м°С);
- $\delta$  – толщина ограждения, м;
- $F$  – площадь ограждения, м<sup>2</sup>;
- $z$  – время передачи тепла, час.

## Передача тепла через ограждения

Если толщину ограждения, площадь, время теплопередачи и разность температур принять равными единице, то  $\lambda = Q$ .

***Коэффициент теплопроводности  $\lambda$***  – это количество тепла, которое проходит в единицу времени 1 ч через единицу поверхности  $1 \text{ м}^2$  однородного ограждения толщиной 1 м при разности температур на его поверхностях в  $1^\circ\text{C}$ .

Коэффициент теплопроводности – одна из основных характеристик строительных материалов.

## Передача тепла через ограждения

# Сравнение коэффициентов теплопроводности материалов

Коэффициент теплопроводности материалов зависит от пористости (плотности), структуры, влажности, вида взаимосвязи влаги с материалом, температуры, ХИМИКО-МИЦЕРОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛА

Коэффициент теплопроводности, Вт/(м°С)	Материал				
	Пенопласт	Гранит	Сталь	Алюминий	Медь
$\delta$	0,04	3,5	58	220	383

## Передача тепла через ограждения

- Чем меньше пористость материала, образуемая относительно мелкими порами, т.е. чем больше плотность материала, тем больше его коэффициент

Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1200	1800
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м <sup>°</sup> С)	0,4	0,6

- Вода обладает высоким коэффициентом теплопроводности  $\delta = 0,5 \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{С})$ , поэтому увлажнение материалов и тем более образование в них льда ( $\delta = 2 \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{С})$ ) увеличивает теплопроводность.

## Передача тепла через ограждения

Коэффициенты теплопроводности зависят от природы материала, его химического состава и особенностей кристаллической структуры.

В металлах значительная часть тепла переносится потоком электронов. Чем выше электропроводность металла, тем больше его теплопроводность (медь, алюминий).

Теплопроводность камневидных материалов вызвана волнами тепловых упругих колебаний структуры.

Чем тяжелее атомы или атомные группы, образующие кристаллы в структуре материала, и чем слабее они между собой связаны, тем меньше теплопроводность материала.

## Теплофизический расчет ограждающих конструкций при установившемся потоке

Основная задача теплофизического расчета ограждающих конструкций – придание им необходимых теплозащитных качеств, показателем которых является термическое сопротивление  $R$ .

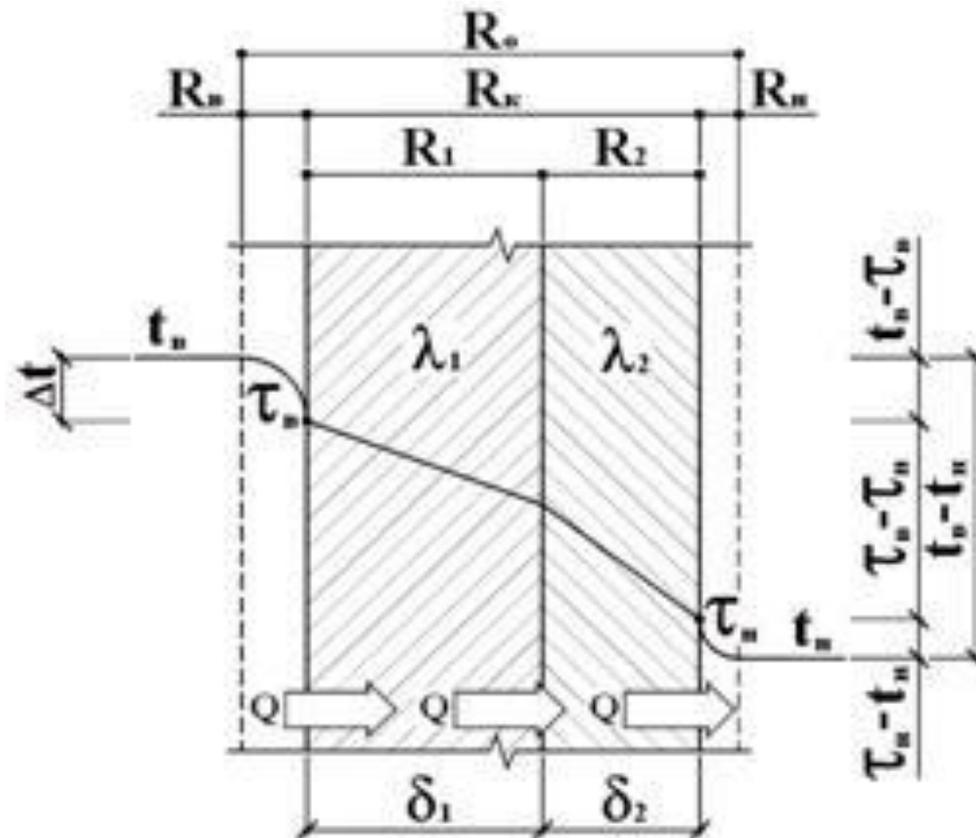
Термическое сопротивление однородного слоя:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \left[ \frac{\text{°C} \times \text{м}^2}{\text{Вт}} \right]$$

Численно термическое сопротивление равно разности температур на противоположных поверхностях ограждения, при которой через каждый  $1 \text{ м}^2$  ограждения в течение  $1 \text{ ч}$  проходит тепловой поток, равный  $1 \text{ ккал}$ .

## Теплофизический расчет ограждающих конструкций при установившемся потоке

При проходе теплового потока через ограждение падение температуры происходит не только в материале, но и у поверхностей ограждения



## Теплофизический расчет ограждающих конструкций при установившемся потоке

При этом общий температурный перепад  $t_{в} - t_{н}$  складывается из трех частных перепадов:

- $t_{в} - t_{в}$  – у внутренней поверхности ограждения;
- $t_{в} - t_{н}$  – в толще ограждения;
- $t_{н} - t_{н}$  – у наружной поверхности ограждения.

Такое падение температуры свидетельствует о наличии дополнительных термических сопротивлений переходу тепла от внутреннего воздуха к внутренней поверхности ограждения, и от наружной поверхности ограждения к наружному воздуху.

Это *сопротивление теплоотдаче* обозначают  $R_{в}$  и  $R_{н}$ ,  $\text{м}^2\text{°С/Вт}$ .

## Теплофизический расчет ограждающих конструкций при установившемся потоке

В расчетах чаще используют обратные величины:

- $\alpha_{\text{в}}$  – коэффициент тепловосприятости, Вт/м<sup>2</sup>°С;
- $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>°С;

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}}; \quad R_{\text{н}} = \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}$$

# ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОГРАЖДЕНИЯ

Общие величины сопротивления  
теплопередаче:

Однослойное  
ограждение

$$R_{\square} = \frac{1}{\alpha_{\square}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\square}}$$

Многослойное  
ограждение

$$R_{\square} = \frac{1}{\alpha_{\square}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\square}}$$

# Расчет толщины ограждения

На основе закономерности теплопередачи при установившемся потоке теплоты этот поток  $Q$ , Вт/м<sup>2</sup>, проходящий за 1 секунду через 1 м<sup>2</sup> ограждения, определяется по формуле:

$$Q = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{R_{\text{д}}}$$

Тепловой поток  $Q$ , Вт/м<sup>2</sup>, проходящий через внутреннюю поверхность ограждения, определяется по формуле:

$$Q = \frac{(t_{\text{в}} - \tau_{\text{в}})}{R_{\text{д}}}$$

Левые части этих уравнений равны, т.к. тепловой поток при установившемся потоке одинаков в любом сечении ограждения

## Расчет толщины ограждения

Т.е.

$$\frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{г}})}{R_{\text{о}}} = \frac{(t_{\text{в}} - \tau_{\text{д}})}{R_{\text{д}}}$$

Откуда

$$R_{\text{о}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{г}})R_{\text{д}}}{(t_{\text{в}} - \tau_{\text{д}})}$$



Основным нормируемым показателем

принят температурный перепад  $(t_{\text{в}} - \tau_{\text{д}}) = \Delta t^{\text{н}}$

## Расчет толщины ограждения

Нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждения зависит от назначения здания и вида ограждения, имеет большое санитарно-гигиеническое значение.

Для стен  $Dt^n$  допускается большим, чем для потолков и полов, в противном случае возникают токи холодного воздуха вниз. Значительные перепады температур понижают комфортность помещений.

## Расчет толщины ограждения

Теплообмен через ограждения, не соприкасающиеся непосредственно с наружным воздухом, (например, чердачные перекрытия, перекрытия над холодными подвалами), отличается от условий теплообмена с наружным воздухом поэтому в формуле (★) введен поправочный безразмерный коэффициент  $n$ , зависящий от положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху.

## Расчет толщины ограждения

Для проектирования ограждающих конструкций СНиП установлено минимальное или требуемое сопротивление теплопередаче  $R_0^{TP}$ .

Формула для определения требуемого сопротивления принимает вид:

$$R_0^{TP} = \frac{(t_{в} - t_{г}) \times n}{\Delta t^{\circ} \times \alpha_{в}}$$

## Расчет толщины ограждения

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции  $R_0$  должно быть больше или равно величине, при которой ограждение будет удовлетворять теплотехническим требованиям, называемой *требуемым сопротивлением теплопередаче*  $R_0^{TP}$ .

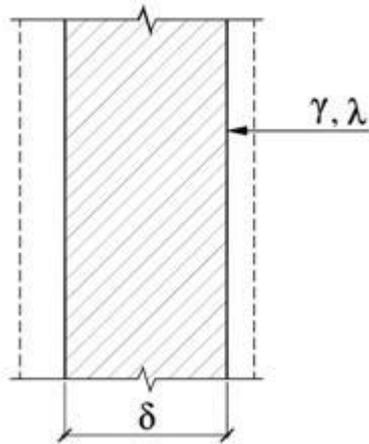
Требуемые значения  $R_0^{TP}$  определяются исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий по формуле и условий энергосбережения по таблице 1б\* [2].

Для определения  $R_0^{TP}$  из условий энергосбережения в [2] введена величина ГСОП (градусо-сутки отопительного периода), определяемая по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер.}}) Z_{\text{от.пер.}}$$

где  $t_{\text{от.пер.}}$  и  $Z_{\text{от.пер.}}$  – средняя температура, °С, и продолжительность, сут., периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С

# Расчет толщины однослойного ограждения



Расчетная  
схема  
однослойной  
конструкции

1. Определить требуемое сопротивление теплопередаче  $R_0^{TP}$  исходя из комфортных условий (по формуле) и условий энергосбережения.
2. Сопротивление теплопередаче рассчитываемой конструкции:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_n} + R_{\text{к}} + \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n}$$

3. Учитывая, что  $R_0^{TP} \approx R_0$  решить уравнение относительно  $d$ .