



ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА

Для профилей:
Теплогазоснабжение и вентиляция

Раздел 3

Тепловая нагрузка на системы
отопления-охлаждения и определение
воздухообмена в помещении

Автор: Геллер Юлия Александровна, к.т.н.
y_geller@mti.edu.ru

Москва, 2015

1. Микроклимат помещения.
2. Наиболее существенные факторы микроклимата
3. Комфортная окружающая среда.
4. Пассивные и активные факторы формирования микроклимата помещения.
5. Технологические требования к микроклимату и комфортно-технологические
6. Возмущающие и регулирующие воздействия на микроклимат помещения.



Принципы определения тепловой мощности систем отопления- охлаждения

ТЕПЛОВАЯ НАГРУЗКА НА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ-ОХЛАЖДЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИИ

ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА, ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС И ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА



? Структурная схема формирования микроклимата

- ? Тепловая нагрузка - сумма тепловых потоков, поступающих в помещение, которую должна нейтрализовать система, чтобы обеспечить в пределах рабочей зоны помещения в течение рабочего времени заданную (рабочую) температуру воздуха.



НЕСТАЦИОНАРНОСТЬ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

- ? Возмущающие и регулирующие тепловые воздействия в силу их разной природы и из-за разных функций изменения во времени суток по-разному воздействуют на формирование температуры воздуха. Причем из-за нестационарности процессов имеет место запаздывание реакции температуры воздуха на то или иное тепловое воздействие.

$$t_{\text{в}}(\tau)_1 = t_{\text{в}}(\tau)_2$$

$t_{\text{в}}(\tau)_1$

функция изменения температуры воздуха от суммы
возмущающих
тепловых воздействий $Q_j(\tau)$

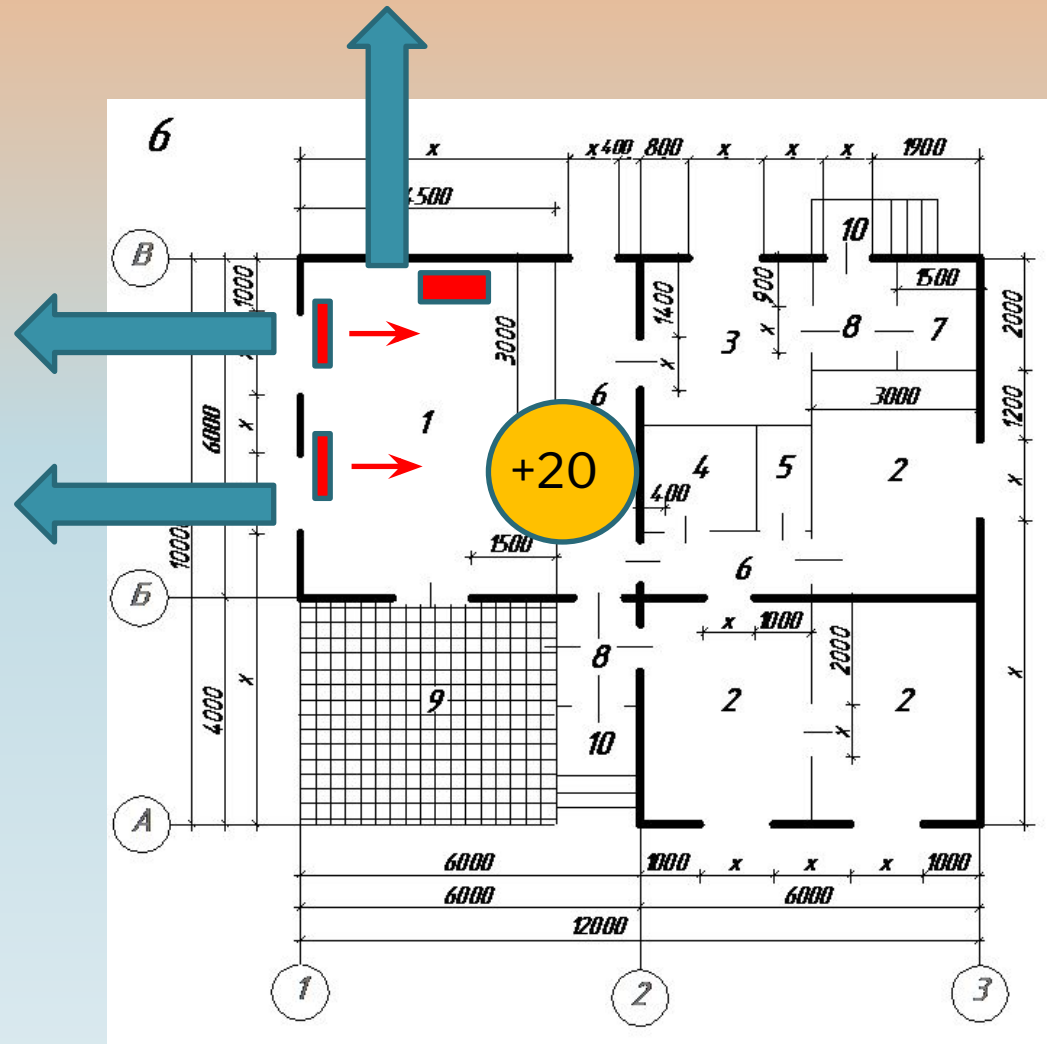
$t_{\text{в}}(\tau)_2$

функция изменения температуры воздуха от
регулирующего теплового воздействия $Q_c(\tau)$

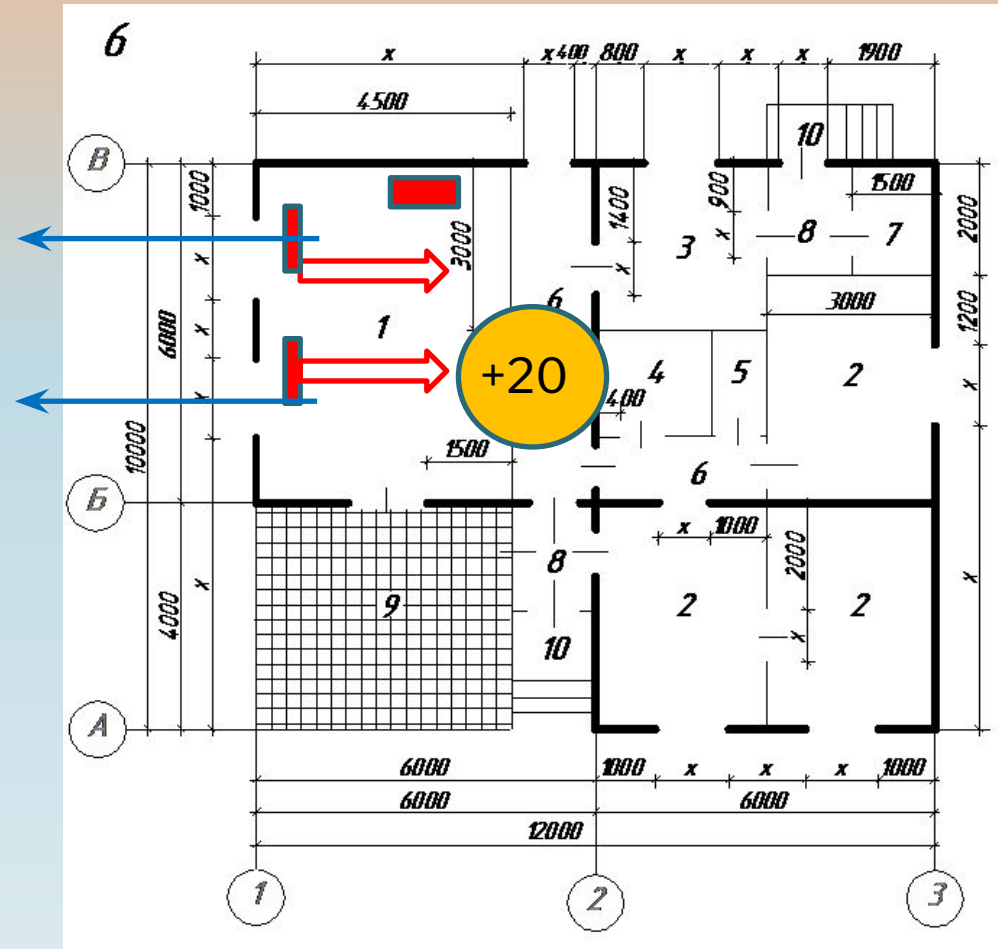
$$t_{\text{в}}(\tau)_2 = F[Q_c(\tau)]$$

-30

Так, поток со знаком «плюс» соответствует тепlopоступлению, а со знаком «минус» - тепlopотерям помещения. Нагрузка на систему отопления-охлаждения равна алгебраической сумме тепловых потоков, поступающих в помещение с учетом знака.



-5

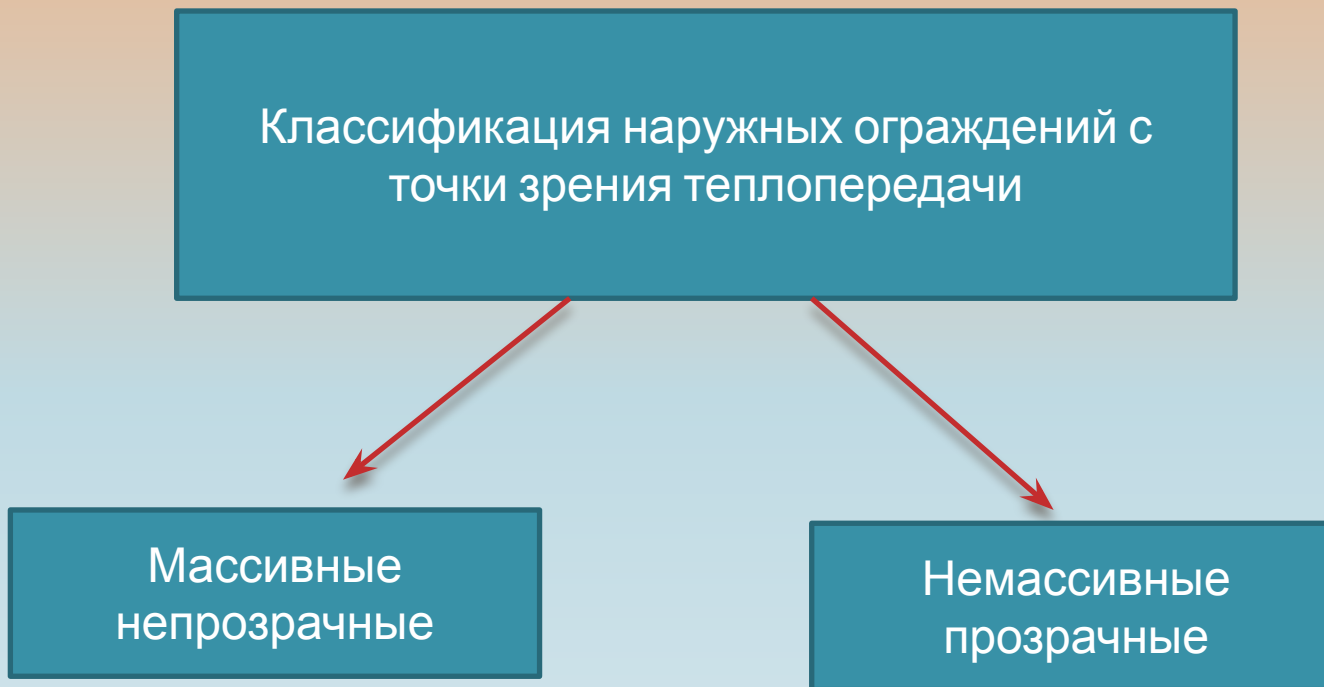


Нагрузка на систему со знаком «плюс» означает потребность помещения в холоде, а нагрузка со знаком «минус» - потребность помещения в теплоте. В свою очередь, нагрузка на систему определяет ее требуемую мощность (тепловую, холодильную, электрическую).

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ НА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ

- ? Тепловая нагрузка на системы отопления .. охлаждения складывается
- ? из тепловых потоков, поступающих через наружные ограждения
- ? и от внутренних источников. Через наружные ограждения проходят:
- ? - трансмиссионный тепловой поток за счет разности наружной
- ? и внутренней температуры; ,
- ? - тепловой поток с инфильтрационным воздухом, проходящим
- ? через окна;
- ? - теплопоступления от солнечной радиации.

ТРАНСМИССИОННЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПОТОК, ПРОХОДЯЩИЙ ЧЕРЕЗ НАРУЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ



- ? Из-за изменения во времени граничных условий процессы передачи тепла через ограждения носят нестационарный характер. С учетом суточной периодичности изменения параметров наружного климата можно говорить о суточном ходе тепловых потоков, проходящих через наружные ограждения. При этом величину теплового потока можно представить в виде суммы:

- ? Из-за изменения во времени :граничных условий процессы передачи тепла через ограждения носят нестационарный характер. С учетом суточной периодичности изменения параметров наружного климата можно говорить о суточном ходе тепловых потоков, проходящих через наружные ограждения. При этом величину теплового потока можно представить в виде суммы:

$$Q(\tau) = Q_0 + \Delta Q(\tau)$$

где Q_0 - среднесуточная величина потока, Вт;
 $\Delta Q(\tau)$ – изменяющееся во времени суток отклонение теплового потока от среднесуточного, Вт.

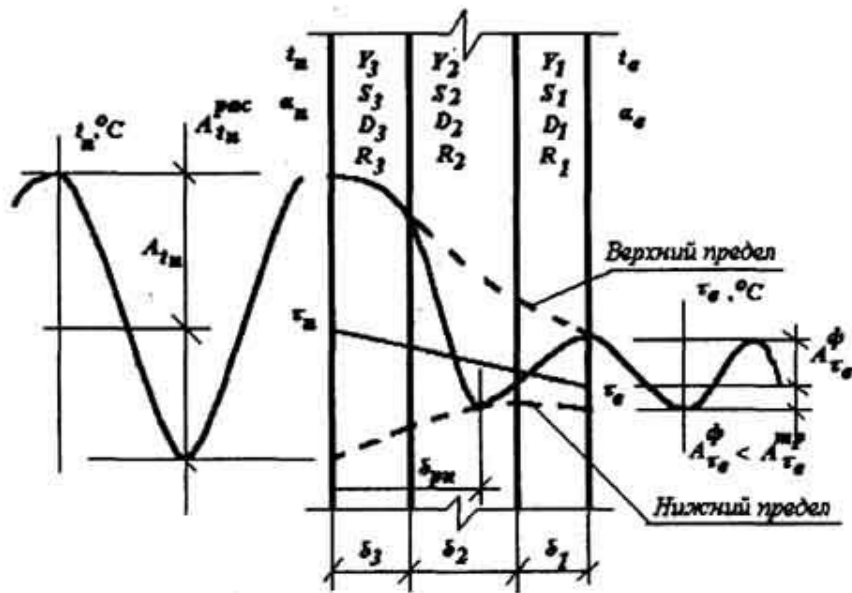
ГАШЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА

? При гармоническом изменении температуры наружной среды отклонение теплового потока на внутренней поверхности массивного ограждения от среднесуточного значения равно:

$$\Delta Q_{в} = \Delta Q_{н} / \nu$$

- где ν - коэффициент затухания колебаний теплового потока;
- $\Delta Q_{н}$ - отклонение теплового потока на наружной поверхности от среднесуточного значения

ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ



- ? В толще ограждения образуется температурная волна, затухающая по мере проникновения ее в толщу ограждения. Расстояние между двумя максимумами или минимумами волны l называется *длиной волны*. Для характеристики числа волн, располагающихся в толще данного ограждения, служит безразмерный *показатель тепловой инерции* D .
- ? Показатель тепловой инерции характеризует число температурных волн, располагающихся в толще ограждения. В ограждении при $D=8,5$ располагается примерно одна температурная волна.

КОЭФФИЦИЕНТ ЗАТУХАНИЯ ТЕПЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

$$\nu = 0,9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(S_1 + \alpha_v)(S_2 + Y_1) \dots (S_n + Y_{n-1})(\alpha_n + Y_n)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2) \dots (S_n + Y_n)\alpha_n},$$

- ? D – тепловая инерция ограждающей конструкции;
- ? e – основание натурального логарифма ($e=2,718$)
- ? $S_1; S_2; \dots; S_n$ – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала наружной поверхности отдельных слоев ограждения;
- ? α_v – коэффициент теплоотдачи внутренней стороны
- ? α_n – коэффициент теплоотдачи наружной стороны
- ? $Y_1; Y_2; \dots; Y_n$ – коэффициент теплоусвоения материала наружной поверхности отдельных слоев ограждения

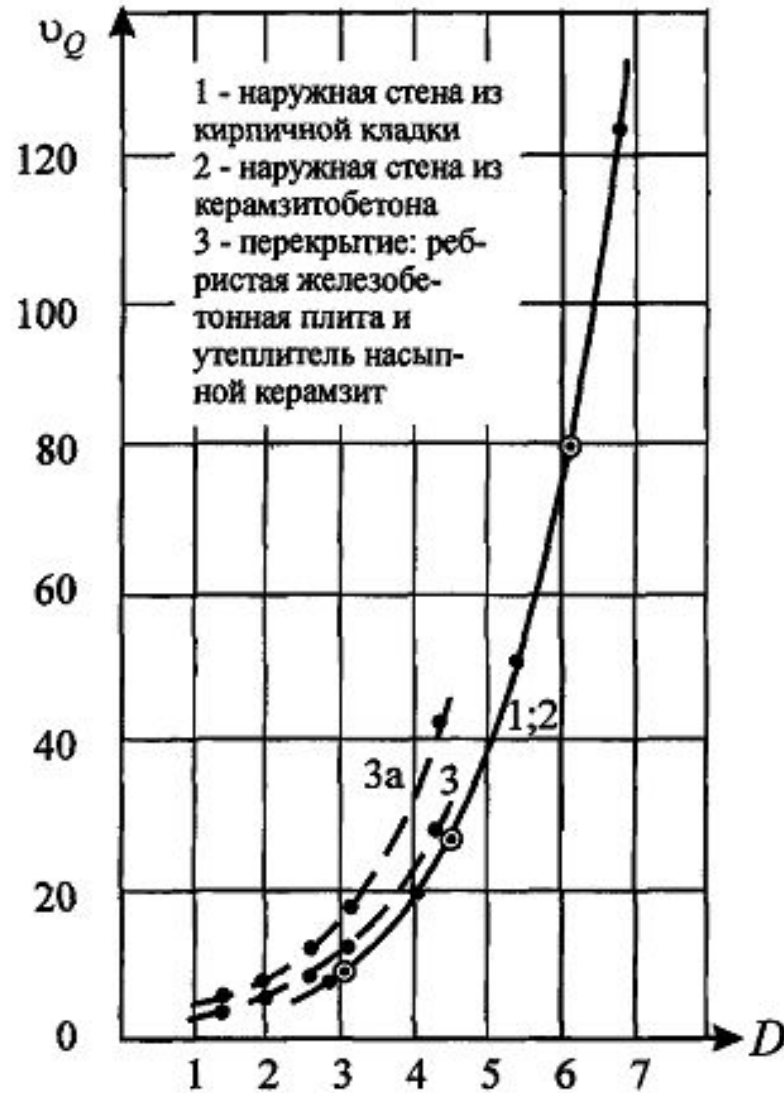
- ? Проверку на теплоустойчивость осуществляют для горизонтальных (покрытия) и вертикальных (стены) ограждений. Определение допустимой (требуемой) амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности $A^{тр}$ наружных ограждений с учётом санитарно-гигиенических требований:

$$A^{тр} = 0,5A_{tн} - 0,1(t_{нл} - 21)$$

- $t_{нл}$ – среднемесячная температура наружного воздуха за июль, °С

$$A^{рас} = 0,5A_{tн} - \rho(l_{max} - l_{cp})\alpha_H$$

КОЭФФИЦИЕНТ ЗАТУХАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ



ТРАНСМИССИОННЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПОТОК, ПРОХОДЯЩИЙ ЧЕРЕЗ МАССИВНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ Q_M В Вт:

$$Q_{\text{ТП}} = k_1 A_1 (t_{\text{нар}} - t_{\text{п}})$$

$$t_{\text{п}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{р}}}{2}$$

- ✦ k_1 - коэффициент теплопередачи i -того массивного ограждения, Вт/(м²К)
- ✦ A_1 - площадь окна, м²
- ✦ $t_{\text{у.о.}}$ - среднесуточная условная температура

ТРАНСМИССИОННЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПОТОК, ПРОХОДЯЩИЙ ЧЕРЕЗ ЛУЧЕПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ Q_M

В Вт:

$$Q_{\text{ТП}} = k_2 A_2 (t_{\text{нар}} - t_{\text{п}})$$

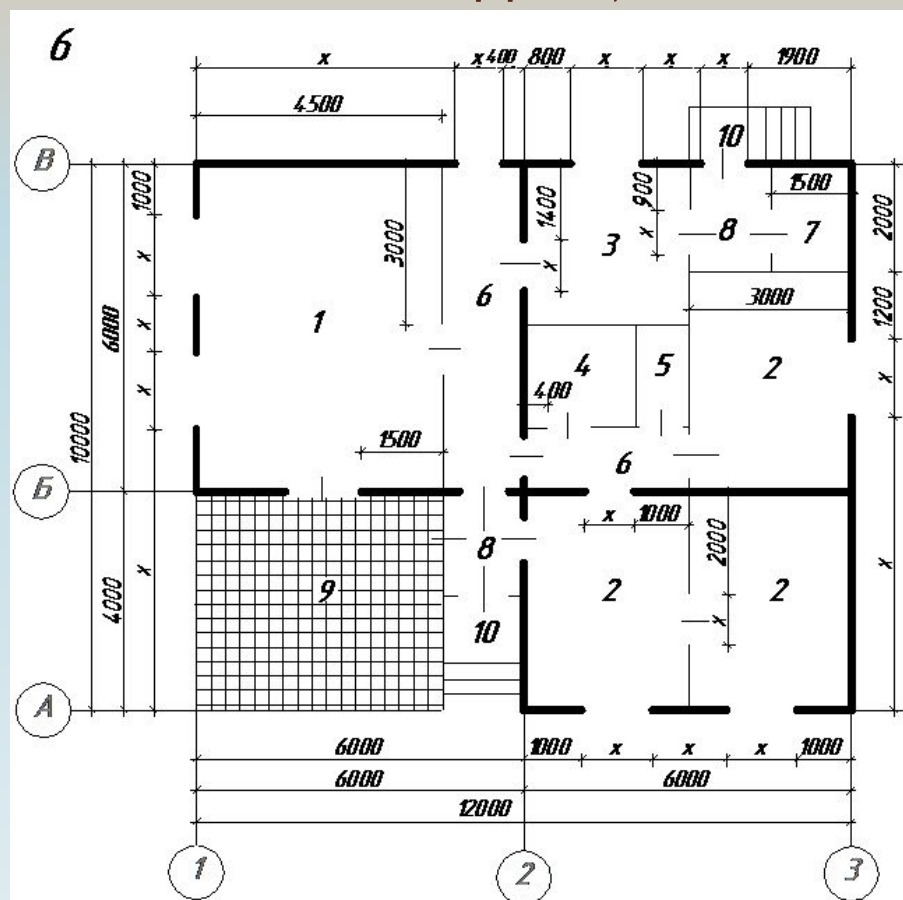
$$t_{\text{п}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{р}}}{2}$$

- ✦ k_2 - коэффициент теплопередачи окон, Вт/(м²К)
- ✦ A_2 - площадь окна, м²
- ✦ $t_{\text{нар}}$ - температура наружной среды

ПРАВИЛА ОБМЕРА ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

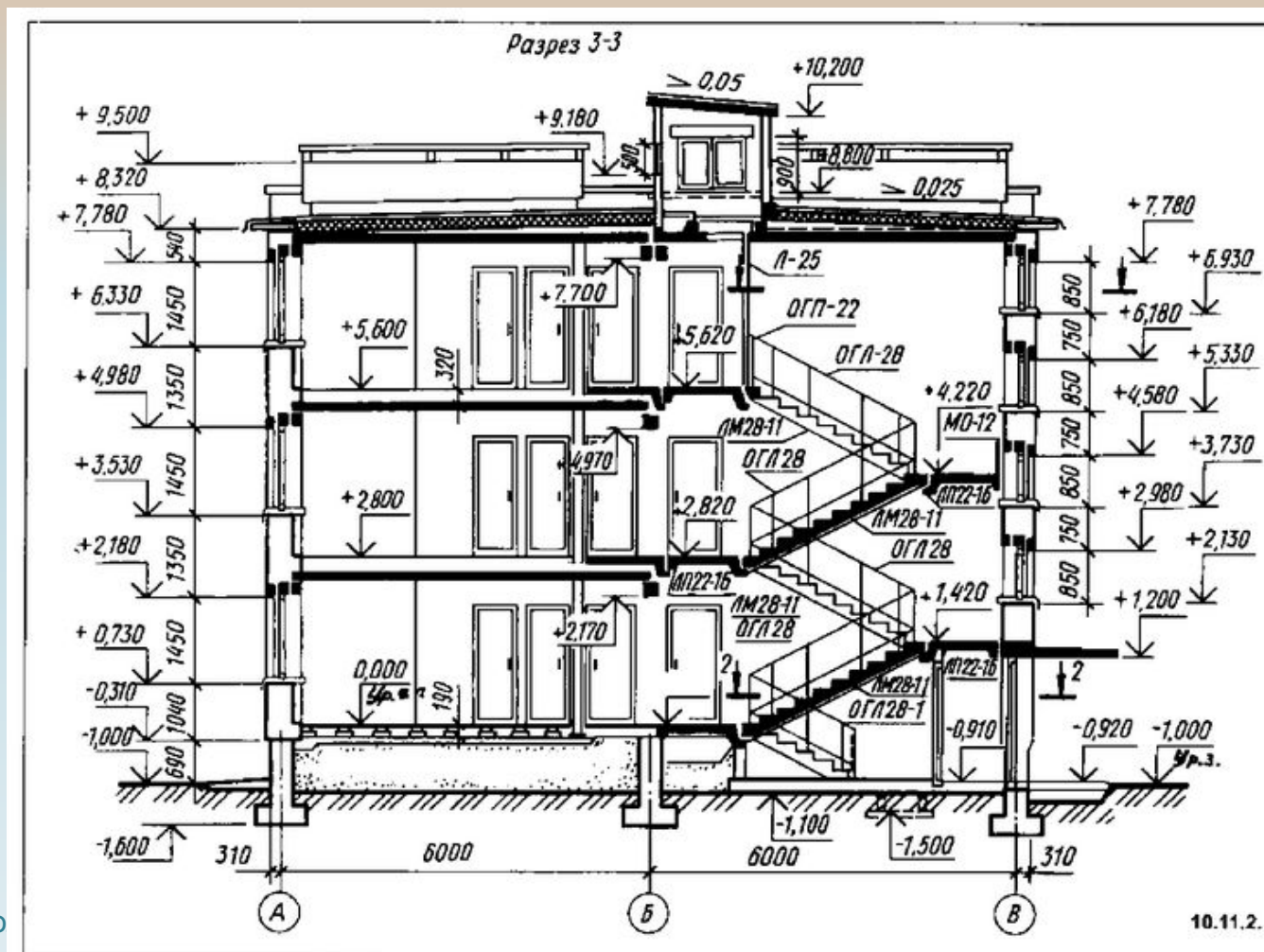
- ? Площадь наружных и внутренних ограждений при расчете теплотерь вычисляют с точностью до $0,01\text{ м}^2$.
Линейные размеры снимают с точностью до $0,1\text{ м}$.

- Стены угловых помещений
- Стены рядовых помещений



ПРАВИЛА ОБМЕРА ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

- ? Высота первого этажа
- ? Высота средних этажей
- ? Высота верхнего этажа



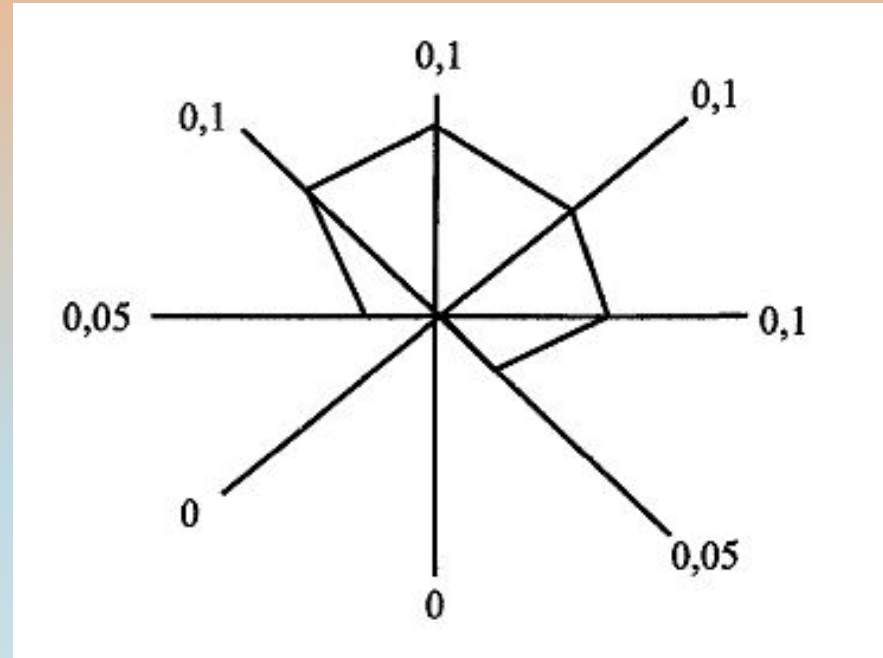
УЧЕТ ДОБАВОЧНЫХ ТЕПЛОПТЕРЬ

- ? Добавка на ориентацию ограждения по сторонам горизонта
- ? Добавка на врывание в здания и сооружения холодного воздуха через входы
- ? Добавка на высоту помещения.
- ? Добавку на проветривание холодного подполья зданий в районах вечной мерзлоты
- ? Добавочные потери определяют в долях от основных теплопотерь.

ДОБАВКА К ОРИЕНТАЦИИ ОГРАЖДЕНИЯ ПО СТОРОНАМ ГОРИЗОНТА

C, В. С-В, С-З - $\beta=0,1$

З и Ю-В - $\beta=0,1$



Примечания:

1. В угловых помещениях жилых и тому подобных зданий, на пример, в спальнях детских учреждений, повышают расчетную температуру внутреннего воздуха на 2° , а добавку $0,05$ или $0,1$ не вводят.
2. Угловыми считаются помещения, имеющие две и более наружные стены разной ориентации, причем необязательно смежные, но и противоположные.

ДОБАВКА В НА ВРЫВАНИЕ В ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ ХОЛОДНОГО ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ВХОДЫ, НЕ ОБОРУДОВАННЫЕ ВОЗДУШНЫМИ И ВОЗДУШНО ТЕПЛОВЫМИ ЗАВЕСАМИ

принимают - при высоте здания H , м, в размере:

<i>-- для одинарных дверей</i>	0,22H
<i>-- для двойных дверей с тамбуром между ними</i>	0,27H
<i>-- то же, но без тамбура</i>	0,34H
<i>-- при наличии двух тамбуров между тройными дверями</i>	0,2H
<i>-- для наружных ворот, не оборудованных воздушными завесами, и при отсутствии тамбура</i>	3,0
<i>-- то же, но при наличии тамбура</i>	1,0

ДОБАВКА НА ВЫСОТУ ПОМЕЩЕНИЯ

- ? для помещений общественных зданий (кроме лестничных клеток) высотой более 4 м суммарные теплопотери (с учетом добавок) увеличивают на 2% на каждый метр высоты сверх 4 м, но не более чем на 15%.

ДОБАВКА НА ПРОВЕТРИВАНИЕ ХОЛОДНОГО ПОДПОЛЬЯ ЗДАНИЙ В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

- ? при $t_{н.б} < -40^{\circ}\text{C}$ - принимают в размере 0,05 основных теплопотерь через полы помещения на первом этаже здания.

ТЕПЛОВОЙ ПОТОК С ИНФИЛЬТРАЦИОННЫМ ВОЗДУХОМ

$$Q_{\text{н}} = \frac{1}{3,6} A_{\text{э}} A_{\text{ок}} G_{\text{н}} (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}), \text{ Вт},$$

- ? $A_{\text{э}}$ – экономайзерный коэффициент, учитывающий частичный подогрев воздуха при его просачивании и равный 0,8 для двойного остекления в отдельных переплетах, 0,7 – для тройного остекления, а в остальных случаях – 1.
- ? $G_{\text{н}}$ – расход инфильтрационного воздуха, отнесенный к площади окна, кг/(м²ч)

ТЕПЛОВОЙ ПОТОК С ИНФИЛЬТРАЦИОННЫМ ВОЗДУХОМ (ПО СНИП)

$$Q_{\text{и}} = 0,28 \sum G_1 c (t_p - t_2) k$$

- ? $G_{\text{и}}$ - расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения;
- ? c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С)
- ? t_p, t_2 - расчетные температуры воздуха, °С, соответственно в помещении (средняя с учетом повышения для помещений высотой более 4 м) и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б);
- ? коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 - для окон и балконных дверей с отдельными переплетами и 1,0 - для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

ТЕПЛОВОЙ ПОТОК С ИНФИЛЬТРАЦИОННЫМ ВОЗДУХОМ (ПО СНИП)

$$Q_{\text{и}} = 0,28 \sum L_1 \rho c (t_p - t_2) k$$

- ? L_1 - расход удаляемого воздуха, м³/ч, не компенсируемый подогретым приточным;
- ? ρ – плотность воздуха в помещении, кг/м³

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТЕПЛОВОГО НАГРУЗКИ НА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ

Составляющие тепловой нагрузки
на системы отопления и охлаждения



Трансмиссионный
тепловой поток за счет
разности наружной
и внутренней
температуры;

Тепловой поток с
инfiltrационным
воздухом, проходящим
через окна

Теплопоступления от
солнечной радиации.



Теплопереда
ча через
массивные
непрозрачные
ограждения

Теплопередача
через массивные
непрозрачные
ограждения

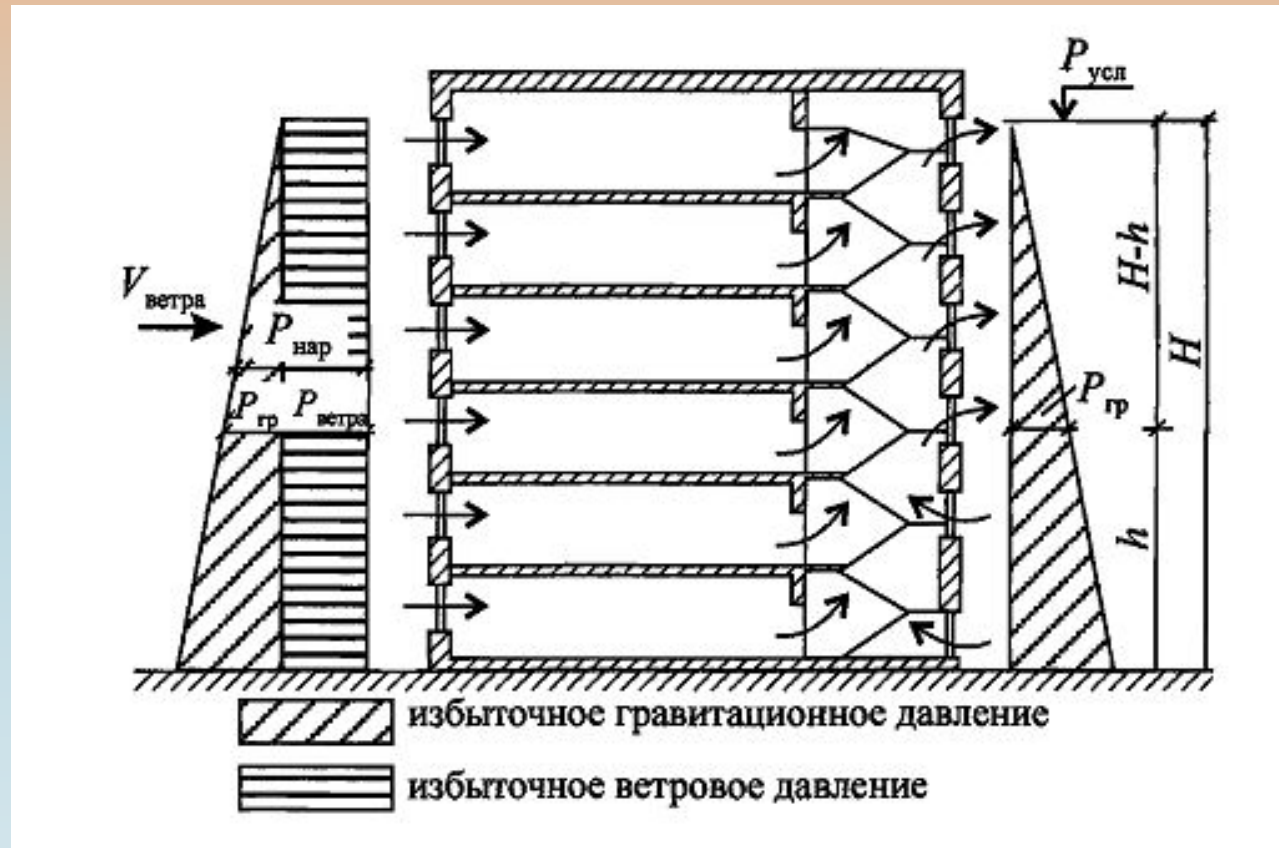
РАСЧЕТ РАСХОДА ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ВОЗДУХА

$$G_{\text{н}} = \frac{1}{R_{\text{н.ок}}} \left(\frac{\Delta P}{10} \right)^{2/3},$$

? Определение удельного расхода воздуха, проходящего через неплотности окон, ...?

где $R_{\text{н.ок}}$ – *сопротивление окон воздухопроницанию*, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$;

ΔP – разность давления воздуха снаружи и внутри здания по формуле (2.11), Па (данный вопрос рассматривается также в курсе «Теплофизика зданий»).



? Эпюра разности давления воздуха в здании со сбалансированной вентиляцией