

# Понятие микроклимата в помещении. Тепловой баланс помещения

Лекция 2.

# План лекции

1. Общие сведения о микроклимате помещения
2. Нормативные требования к микроклимату помещения
3. Тепловой, воздушный и влажностный режимы помещения
4. Тепловой баланс
5. Потери теплоты через ограждающие конструкции зданий
6. Теплопоступления в помещение

# Вопросы для самостоятельного изучения

1. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций.
2. Теплотехнический расчет ограждений.
3. Микроклимат помещения. Основные понятия
4. Нормативные требования к микроклимату помещений различного назначения.
5. Расчетные наружные климатические условия для проектирования систем обеспечения микроклимата.
6. Правила обмера поверхностей ограждающих конструкций
7. Добавочные потери тепла, вызываемые различными факторами (коэффициенты  $\beta_1$  и  $\beta_2$ )
8. Теплотраты на нагрев инфильтрующегося и вентиляционного воздуха.
9. Расчет тепловых потерь тепла через неутепленные полы, расположенные на грунте.
10. Определение потерь тепла по укрупненным измерителям. Теплотехническая оценка здания.

# 1. Общие сведения о микроклимате

## помещения

*Функциональное состояние организма* – совокупность характеристик физиологических систем, отражающих взаимодействие организма с окружающей средой, его жизнедеятельность и работоспособность.

Под *микроклиматом помещения* понимается совокупность теплового, воздушного и влажностного режимов в их взаимосвязи.

*Основное требование к микроклимату помещения* — поддержание благоприятных условий для находящихся в нем людей.

*Микроклимат* - искусственно создаваемые климатические условия в закрытых помещениях (напр., в жилище) для защиты от неблагоприятных внешних воздействий и создания зоны комфорта.

# 1. Общие сведения о микроклимате помещения

Виды микроклимата:

- комфортный;
- нагревающий с преобладанием:
  - *радиационного тепла,*
  - *конвекционного тепла;*
- охлаждающий:
  - *с субнормальными температурами (+10°C – 10°C),*
  - *с низкими температурами (ниже -10°C);*
- переменный;
- с повышенной влажностью:
  - *при нормальной и низкой температуре воздуха,*
  - *при высокой температуре воздуха.*

# 1. Общие сведения о микроклимате помещения

Для нормальной жизнедеятельности и хорошего самочувствия человека должен соблюдаться тепловой баланс между теплотой, вырабатываемой организмом человека, и теплотой, отдаваемой им окружающей среде.

При нормальных условиях окружающей среде передается более 90 % теплоты (около 50 % передается излучением; 25 % — конвекцией; 25 % — испарением) и менее 10 % теряется в результате обмена веществ.

# 2. Нормативные требования к микроклимату помещения

Основными показателями микроклимата являются:

- Температура воздуха в помещении  $t_{\text{в}}$
- Усредненная температура на поверхностях ограждений  $t_{\text{р}}$

$$t_{\text{р}} = \frac{F_{\text{н1}}t_{\text{н1}} + \dots + F_{\text{нn}}t_{\text{нn}}}{F_{\text{н1}} + \dots + F_{\text{нn}}}$$

$t_{\text{н}}$  – температура на ограждении

$F_{\text{н}}$  – площадь ограждения

- Относительная влажность  $\varphi_{\text{в}}$
- Скорость движения воздуха в помещении  $v_{\text{в}}$

Параметры микроклимата, при которых сохраняется тепловое равновесие в организме человека при отсутствии напряжения в системе его терморегуляции, называются *комфортными*, или *оптимальными*.

## 2. Нормативные требования к микроклимату помеще

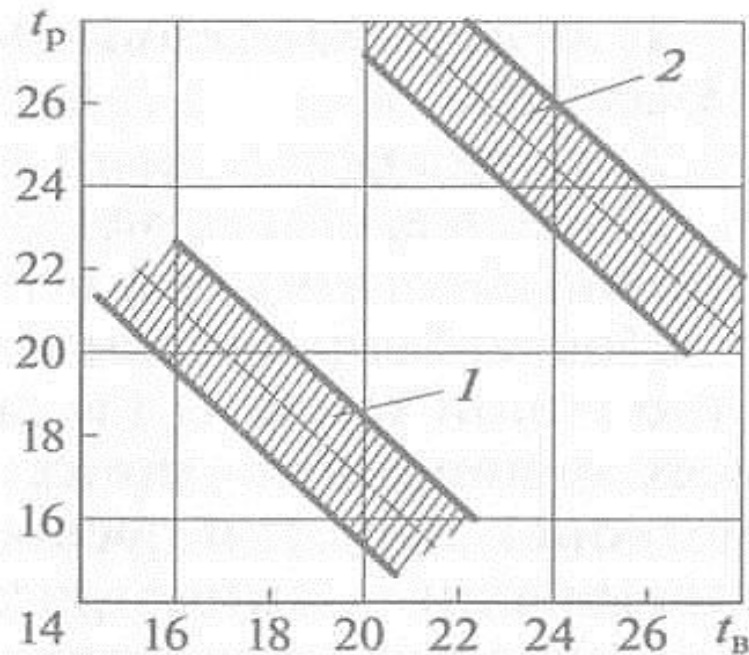


Рис. 2.1. Зоны комфортных сочетаний температур воздуха  $t_{\text{в}}$  и ограждений  $t_{\text{р}}$  в жилых помещениях: 1 — для холодного периода года; 2 — для теплого периода года



# 2. Нормативные требования к микроклимату

**Первое условие комфортности** определяет область сочетаний  $t_v$  и при которых человек, находясь в центре рабочей зоны, не испытывает ни перегрева, ни переохлаждения.

Для спокойного состояния человека  $t_v = 21 \dots 23 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

при легкой работе —  $19 \dots 21 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

при тяжелой работе -  $14 \dots 16 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Для зимнего периода первое условие комфортности (для зданий, построенных до 1994 г.) характеризуется формулой

$$t_p = 1,57 t_n - 0,57 t_e \pm 1,5,$$

где  $t_n$  — температура помещения (результатирующая температура):

$$t_n = (t_e + t_p) / 2.$$

Данная формула ограничивает значения  $t_v$  и  $t_p$ , так как одна и та же требуемая температура помещения  $t_p$  может быть достигнута при различных значениях  $t_e$  и  $t_p$ .

## 2. Нормативные требования к микроклимату

**Второе условие комфортности** определяет допустимые температуры нагретых и охлажденных поверхностей при нахождении человека в непосредственной близости от них.

Для недопущения перегрева головы человека поверхности потолка и стен могут быть нагреты до допустимой температуры

$$t_{нагр}^{доп} \leq (19,2 + 8,7)/\psi$$

или охлаждены до температуры

$$t_{охл}^{доп} \geq (23-5)/\psi,$$

где  $\psi$  — коэффициент облученности от поверхности элементарной площадки на голове человека в сторону нагретой или охлаждаемой поверхности.

Температура поверхности пола зимой может быть на 2,0...2,5°C ниже температуры воздуха в помещении, но не

# 2. Нормативные требования к микроклимату

Основные требования к микроклимату содержатся в санитарных и строительных нормативных документах:

- СанПиН 2.1.2.2645-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях"
- ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования»

## 2. Нормативные требования к микроклимату помещения

Различают три периода года:

- теплый, среднесуточная температура наружного воздуха  $t_n$  составляет более  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- холодный, среднесуточная температура наружного воздуха  $t_n$  ниже  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- переходный, среднесуточная температура наружного воздуха  $t_n = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$

## 2. Нормативные требования к микроклимату

По интенсивности труда все виды работ подразделяются на три категории:

- легкие, с соответственной затратой энергии до 172 Вт
- средней тяжести, с соответственной затратой энергии 172...293 Вт
- тяжелые, с соответственной затратой энергии более 293 Вт.

## 2. Нормативные требования к микроклимату помещений

По интенсивности явных тепловыделений помещения подразделяются на три группы:

- с незначительными теплоизбытками явной теплоты (до  $23 \text{ Вт/м}^3$ );
- со значительными избытками явной теплоты (более  $23 \text{ Вт/м}^3$ );
- жилые, общественные, вспомогательные помещения производственных зданий при всех значениях явной теплоты.

## 2. Нормативные требования к микроклимату

**Оптимальными микроклиматическими условиями** являются такие, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизмов его терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

**Допустимыми условиями** являются такие, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

# 2. Нормативные требования к микроклимату

В холодный период года температура воздуха должна составлять (оптимальные параметры)

- при легкой работе — 20... 23 °С;
- при работе средней тяжести — 17... 20 °С;
- при тяжелой работе — 16... 18 °С.

Допустимые температуры составляют

- при легкой работе — 19... 25°С;
- при работе средней тяжести — 15... 23°С;
- при тяжелой работе — 13... 19 °С.



# 2. Нормативные требования к микроклимату помещений

В теплый период года оптимальными считаются температуры

- при легкой работе — 22... 25 °С;
- при работе средней тяжести — 21... 23 °С;
- при тяжелой работе — 18... 21 °С.

Допустимая температура — 25... 33 °С.

Для всех периодов:

Оптимальная относительная влажность воздуха составляет 40... 60%, допустимая — 30... 70%

Скорость воздуха для холодного периода — 0,2...0,3 м/с; для теплого периода — 0,2...0,5 м/с.

# 3. Тепловой, воздушный и влажностный режимы помещения

Тепловым режимом помещения называется совокупность всех факторов и процессов, определяющих тепловую обстановку.

Теплоустойчивость — это свойство ограждения сохранять относительное постоянство температуры при колебаниях тепловых воздействий.

Для оценки теплоустойчивости ограждения в целом в инженерных расчетах используют величину характеристики тепловой инерции  $D$

$$D = \sum D_n = \sum R_n S_n'$$

# 3. Тепловой, воздушный и влажностный режимы

## помещения

Воздушным режимом здания называются процессы воздухообмена между наружным и внутренним воздухом, а также между всеми его помещениями

Естественными силами, вызывающими движение воздуха, являются гравитационное и ветровое давление.

Внутренний воздух удаляется за пределы зданий с помощью вытяжных вентиляционных систем, а также через неплотности наружных ограждений

# 3. Тепловой, воздушный и влажностный режимы

## помещения

Тепловой режим здания в значительной мере зависит от его воздушного режима, так как инфильтрация холодного наружного воздуха требует дополнительных затрат теплоты на его подогрев, а эксфильтрация влажного внутреннего воздуха приводит к увлажнению материалов и снижению теплозащитных качеств наружных ограждений. Поэтому величина воздухопроницаемости  $G$ , кг(м<sup>2</sup> ч), является нормируемой для различных ограждающих конструкций; она не должна превышать нормативных значений.

# 3. Тепловой, воздушный и влажностный режимы

## помещения

Влажностный режим ограждающих конструкций формируется под влиянием разности парциальных давлений водяного пара по обе стороны ограждения и физических свойств материалов конструкций.

Процесс переноса влаги в толще ограждений является сложным термодинамическим процессом и наиболее полно описывается с помощью понятия потенциала влажности

# 4. Тепловой баланс помещения

В помещении, в котором поддерживается постоянный (стационарный, не меняющийся во времени) тепловой режим, должен наблюдаться тепловой баланс

$$\sum Q = 0 \quad \text{или} \quad Q_{\text{пост}} - Q_{\text{пот}} = 0 \quad \text{или} \quad Q_{\text{изб}} = 0.$$

Величины суммарных теплопотерь и теплопоступлений в помещениях определяются соответственно:

$$\sum Q_{\text{пот}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} + Q_{\text{мат}} + Q_{\text{проч}},$$

$$\sum Q_{\text{пост}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{мат}} + Q_{\text{быт}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{люд}} + Q_{\text{ср,о}} + Q_{\text{ср,пок}} + Q_{\text{проч}}.$$

# 4. Тепловой баланс помещения

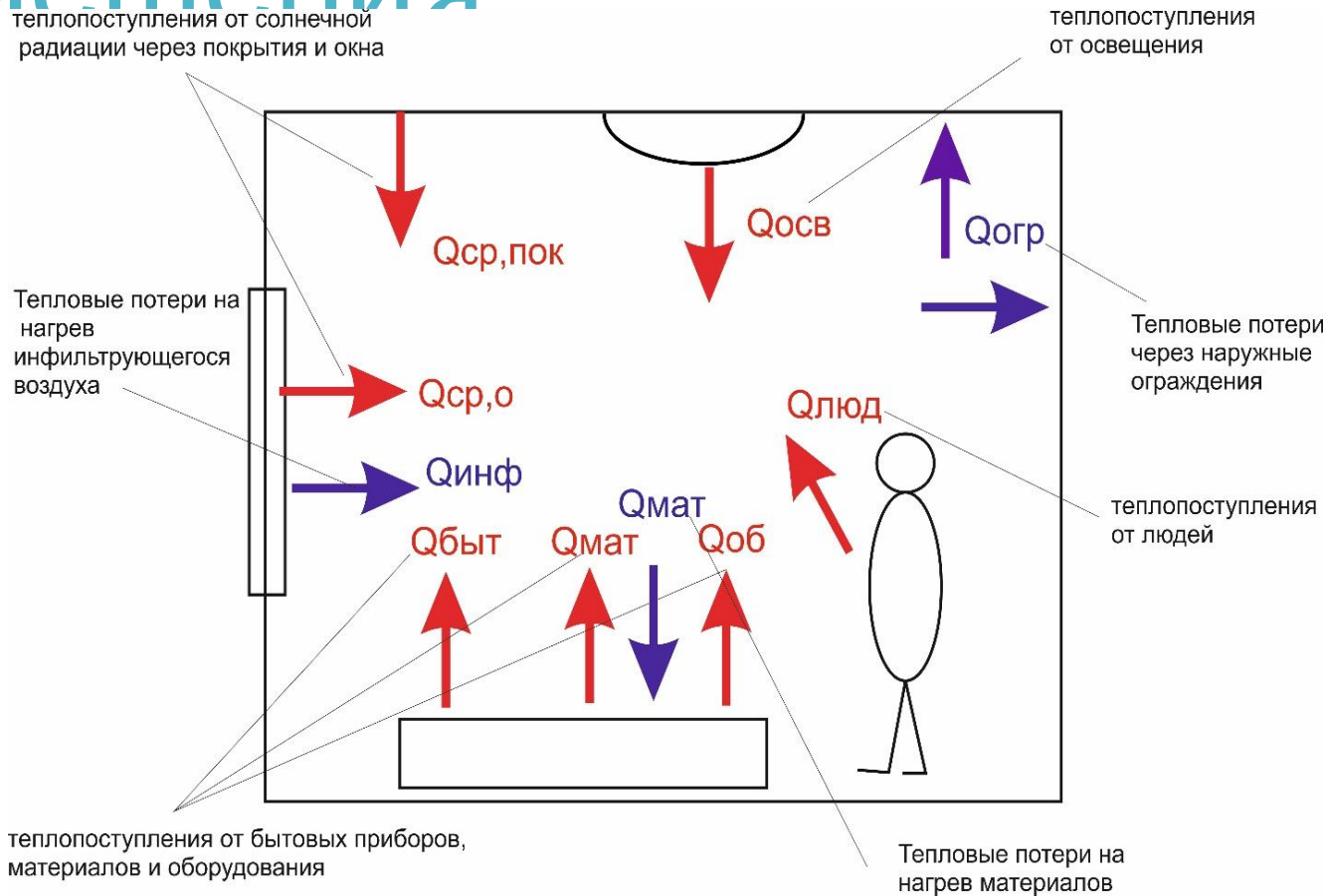


Рис.2.2. Тепловой баланс помещения

# 5. Потери теплоты через ограждающие конструкции зданий

Основные потери теплоты здания  $Q$ , Вт, складываются из потерь теплоты всеми ограждающими конструкциями:

$$Q = Q_{\text{общ}} + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{быт}}$$

общие потери теплоты  $Q_{\text{общ}}$  определяются по формуле:  $Q_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n Q_i (1 + \beta_1 + \beta_2) + Q_{\text{пол}}$  конструкциями.

теплопотери через  $i$ -ую ограждающую конструкцию

$$Q_i = \frac{A_i}{R_o} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$$



# 5. Теплопоступления в помещение

*Теплопоступления от людей  $Q_{\text{люд}}$  :*

Количество явного тепла оценивается как:

$$Q_{\text{я}} = \sum q_{\text{я}} n, \text{ Вт};$$

Количество полного тепла:

$$Q_{\text{п}} = \sum q_{\text{п}} n, \text{ Вт},$$

где:  $n$  — количество людей,  $q_{\text{я}}$  и  $q_{\text{п}}$  — соответственно количество тепла, выделяемое мужчиной при определенной температуре воздуха в помещении

# 5. Теплопоступления в помещение

*Теплопоступления от источников искусственного освещения:*

$$Q_{осв} = E F q_{осв} \eta_{осв} \text{ Вт},$$

где:  $E$  — уровень освещенности, лк.;  $F$  — площадь пола помещения,  $\text{м}^2$ ;  $q_{осв}$  — удельные тепловыделения,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ лк})$ ;  $\eta_{осв}$  — доля тепла, поступающего в помещение. Зависит от местоположения источника света и от типа ламп.

# 5. Теплопоступления в помещение

Для остекленных поверхностей величина солнечной радиации определяется выражением:

$$Q_{cp,o} = F_o q_o A_o 1,16, \text{ Вт},$$

где:  $F_o$  — площадь поверхности остекления, в м<sup>2</sup>;  $q_o$  — величина солнечной радиации в ккал/м<sup>2</sup> • ч через м<sup>2</sup> поверхности остекления, зависящая от ориентации по сторонам света; 1,16 — переводной коэффициент из ккал/ч в Вт;  $A_o$  — коэффициент, зависящий от характеристики остекления.

# 5. Теплопоступления в помещение

Для покрытий количество тепла, поступающего в помещение за счет солнечной радиации, определяется по формуле:

$$Q_{\text{ср,пок}} = F_{\text{п}} q_{\text{п}} K_{\text{п}} 1,16, \text{ Вт},$$

где:  $F$  — площадь поверхности покрытия, в м<sup>2</sup>;  $q_{\text{п}}$  — величина солнечной радиации в ккал/м<sup>2</sup>ч через м<sup>2</sup> поверхности покрытия; 1,16 — переводной коэффициент из ккал/ч в Вт;  $K_{\text{п}}$  — коэффициент теплопередачи покрытия.

# 5. Теплопоступления в помещение

*Теплопоступление от бытовых электрических приборов:*

$$Q_{\text{быт}} = N_{\text{э}} \eta_{\text{э}} \text{ Вт},$$

где:  $N_{\text{э}}$  — электрическая мощность приборов, Вт;  $\eta_{\text{э}}$  — коэффициент, учитывающий долю тепла, поступающего в помещение (если прибор находится в помещении без укрытия, то  $\eta_{\text{э}} = 1$ , если имеются укрытия с отводом воздуха  $\eta_{\text{э}} = 0,2 \dots 0,6$ ).

*Теплопоступления от нагретых поверхностей оборудования:*

$$Q_{\text{об}} = \alpha_o F (t_n - t_v), \text{ Вт},$$

где:  $\alpha_o$  — коэффициент теплоотдачи, равный  $(5,7 + 4,5V)$  ( $V$  — скорость движения воздуха около нагретой поверхности, м/с. Ориентировочно можно принять равной нормируемой подвижности воздуха);  $F$  — площадь нагретой поверхности, м<sup>2</sup>;  $t_n$  — температура нагретой поверхности, °С;  $t_v$  — температура воздуха в помещении, °С.