

Формирование микроклимата в помещении

НЕВЗОРОВА

Алла Брониславовна

профессор, докт.техн.наук

2016

История отопительных систем

История отопления неразрывно связана с историей человечества.

■ Первые отопительные устройства, а это были обыкновенные костры, разведенные непосредственно в жилище, были известны еще в каменном веке.



Начало эпохи отопления



Древнеримская система отопления

- Древнеримская система отопления в качестве теплоносителя использовала **воздух**.

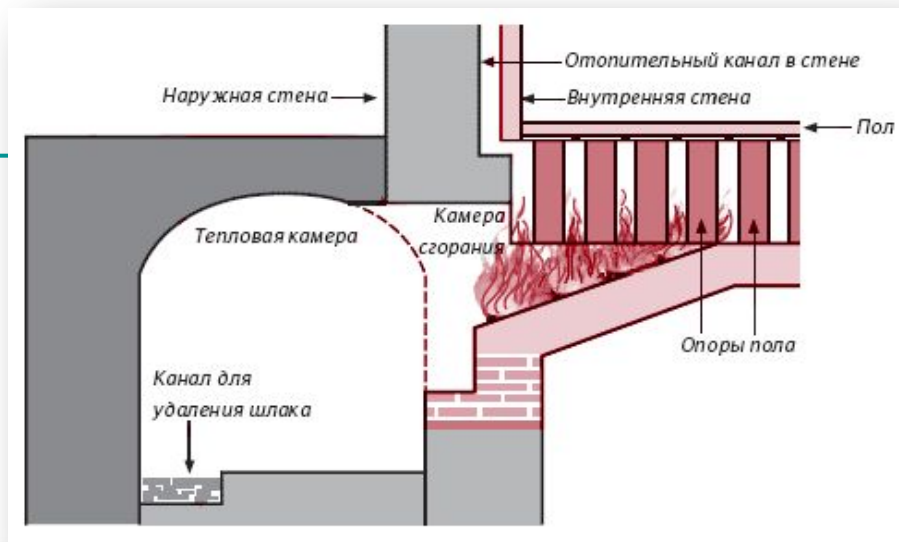


Помещения отапливались горячим дымом, который выводился из печи по сложной системе дымоходов, проложенных под полами и в стенах дома. Называлась такая система отопления

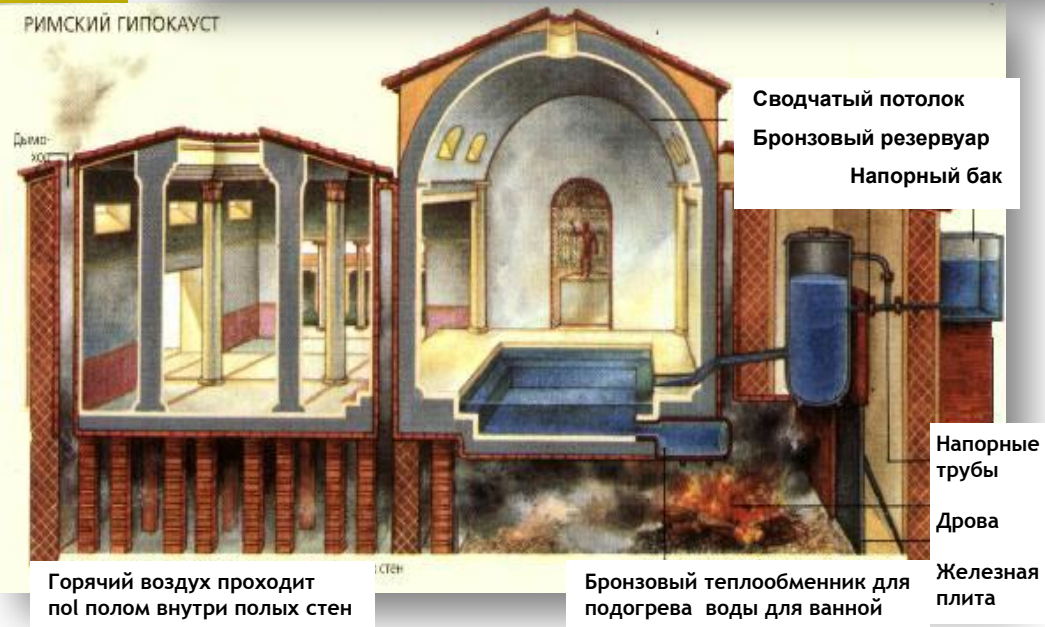
ГИПОКАУСТОМ.

Первые признаки более организованного отопления зданий встречаем примерно за 2200 лет назад, т.е. в последних столетиях до нашей эры.

ГИПОКАУСТ



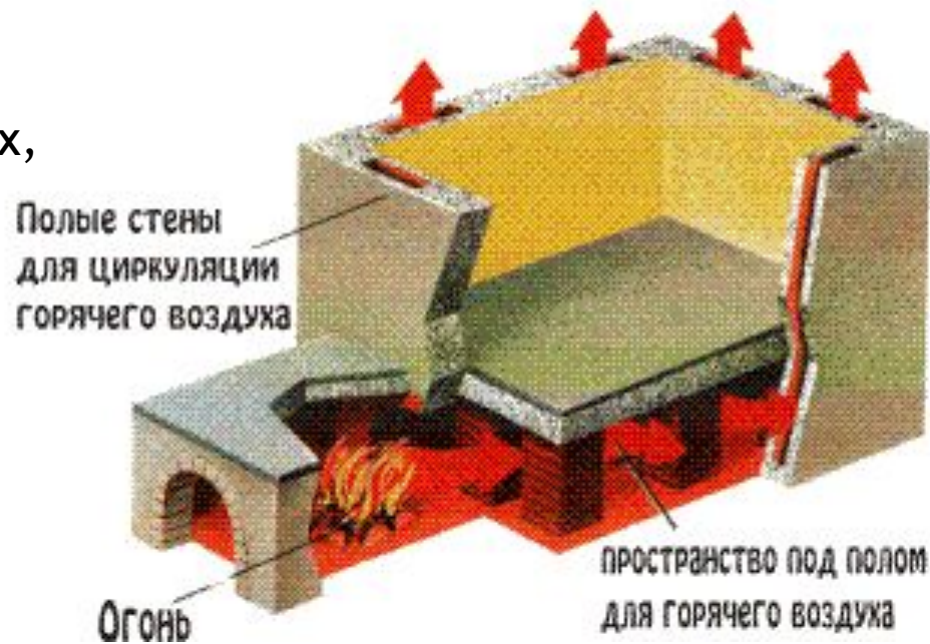
Или
«хюпокаустум»,
обозначающее
«снизу
согретый».



Принцип действия системы теплого пола

Принцип системы прост - теплый воздух, проходя по специальным каналам в полу и стенах нагревал их, они в свою очередь нагревали помещения.

Таким методом отапливались огромные термы (бани), а так же дома состоятельных горожан.



После падения Римской Империи системы отопления снова «скатились» до уровня «костров». Люди стали использовать **камины и печи**.

Дымовые трубы, через которые отводились продукты сгорания и улетал теплый воздух, старались пропускать через большее количество помещений, что отдаленно напоминало системы древнего Рима.

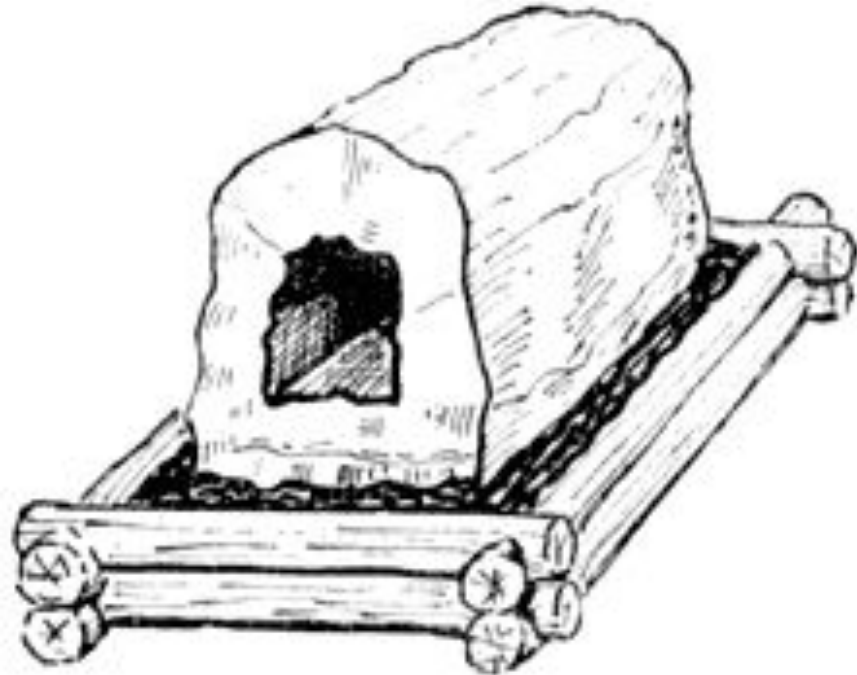
История печи

История печного дела в Беларуси и России уходит в глубокую древность.

Первым отопительным прибором у наших предков был очаг без трубы (**курной очаг**).

Очаги были глинобитными и ставились прямо на пол, что было опасно в пожарном отношении. Дым выходил через приоткрытую дверь.

Этот очаг, сделанный по принципу туннельной печи, был прообразом будущих русских печей.



Камне-печное отопление

В более поздние годы средних веков (1300 г.) встречаются признаки возрождения отопительной техники.

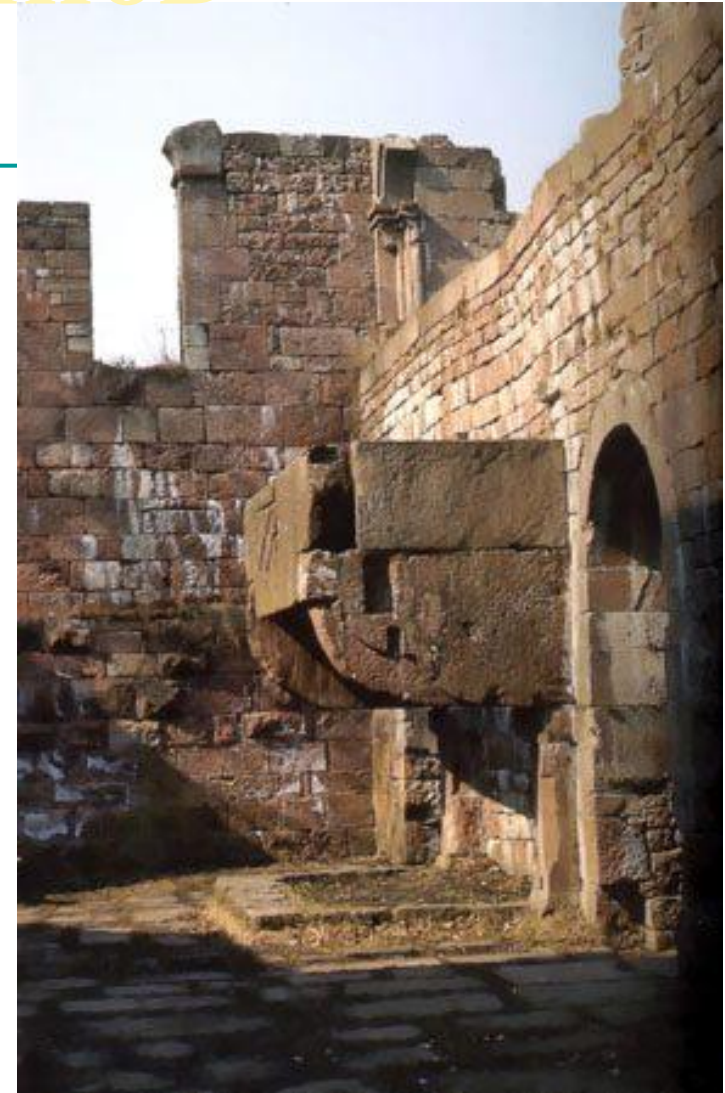
Примером этого служат найденные в германских рыцарских и орденских замках и **монастырях** **огнекаменные печи примитивного воздушного отопления.**

В наилучшей сохранности такая система отопления обнаружена в руинах рыцарского замка в Марбурге в Германии.



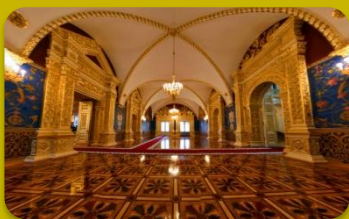
История каминов

- История камина, как и печи, начиналась с очага. Этот очаг был открыт сверху и дым выходил в отверстие в крыше. Позднее появились деревянные трубы, а затем для сбора дымовых газов стали строиться кирпичные дымоборники. Так камин постепенно приобрел тот вид, который имеет сейчас.
- **Камины** существовали уже в Древнем Риме. Тогда камин представлял собой конструкцию сделанную независимо от стен дома с выходом дыма вверху. Он размещался в центре помещения.
- В средние века в Европе в замках **камины** были иногда таких размеров, что в них можно было жарить быка. Около камина пировали, собирались на советы.
- **В Россию камины пришли в эпоху Петра Великого.**



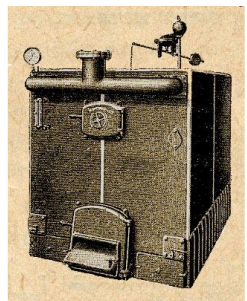
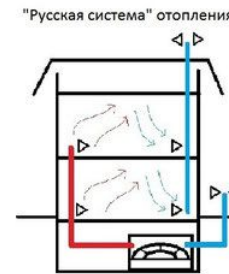
● Стенной камин в замке Вилденберг (Wildenberg)

Краткая историческая справка



Воздушная система отопления

- 1487 век Россия («русская система» в Гранатовой палате)
- 1792 г. Майнц в Германия



Паровая система отопления высокого давления

- В XVIII веке была изобретена в Англии ($p \geq 05$ атм)
- Фр. физик Папен, 1680 г. котел с предохранительным клапаном.
- 1828 г. паровой системой высокого давления было отоплено крупное здание пражской биржи
- 1830 Германия, г. Плау и т.д.

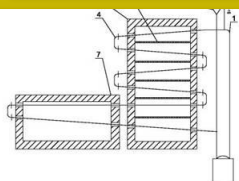


Рис. 3. Водная система низкого давления Боннемана для обогрева инкубаторов:
1 – подъемный ствол, 2 – воздушная трубка, 3 – горизонтальный расширительный

Водяная система низкого давления

- В 1777 году французский инженер М. Боннеман изобрёл и применил для обогрева инкубаторов первую водную систему отопления с естественной циркуляцией, основные принципы и инженерные решения которой нашли применение в отоплении жилищ тогда и применяются до сих пор.

Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона
Отопление как искусственное нагревание пространства это: ...
Толкование

Краткая историческая справка



начало XIX века,
Паровая система отопления низкого давления,
В Одесской опере сохранилась старая система парового отопления



В 1834 первой в России системой водяного отопления с естественной циркуляцией стала система горного инженера, профессора П. Г. Соболевского.

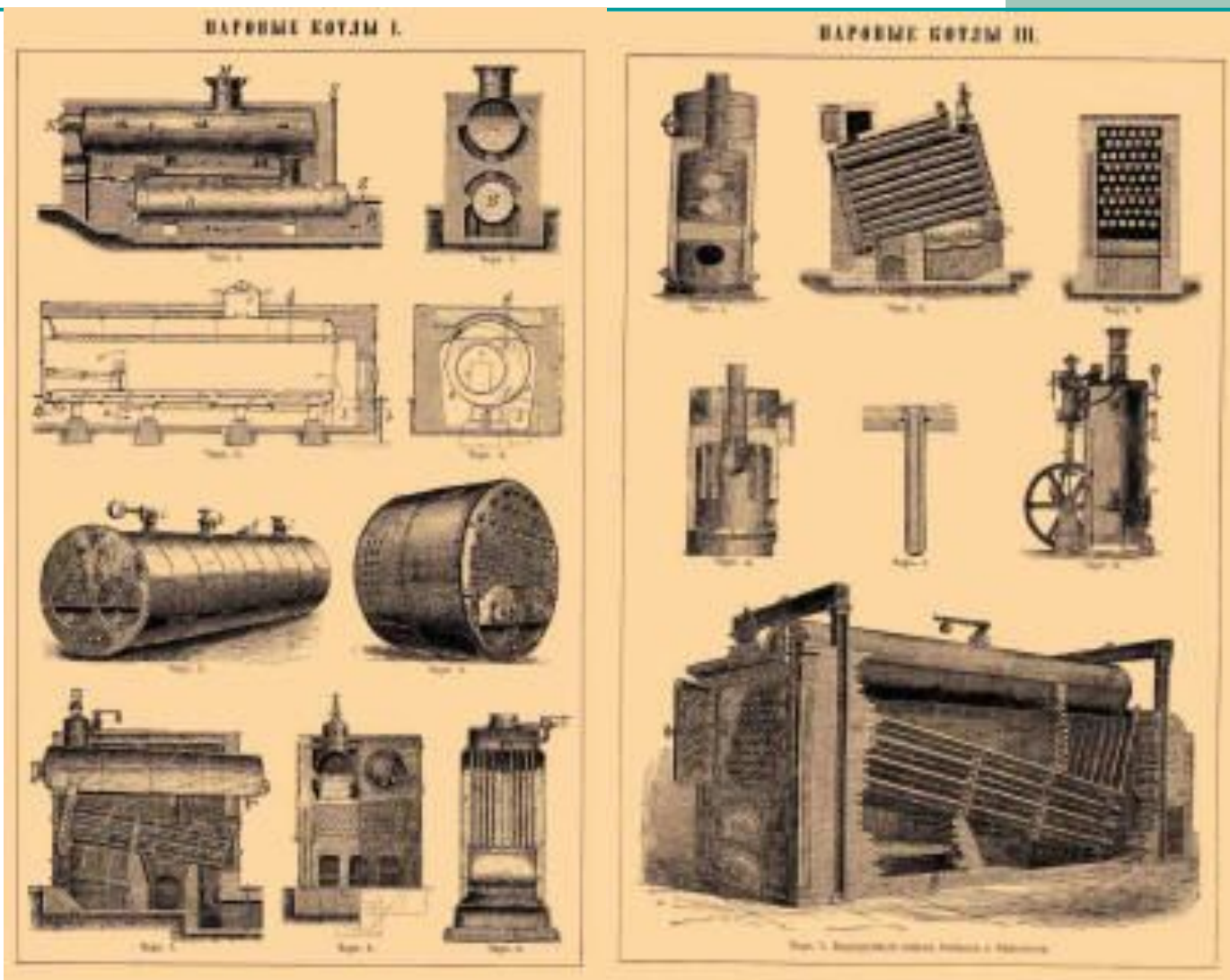
В 1875 году появилась первая не только в России, но и в Западной Европе квартира с отдельной системой водяного отопления с использованием плоских отопительных приборов, сделанных в виде пиястр



Около 1900 года появились чугунные радиаторы

Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона
Отопление как искусственное нагревание пространства это: ...
Толкование

Конструкции паровых котлов конец XIX – начало XX века



История централизованного теплоснабжения

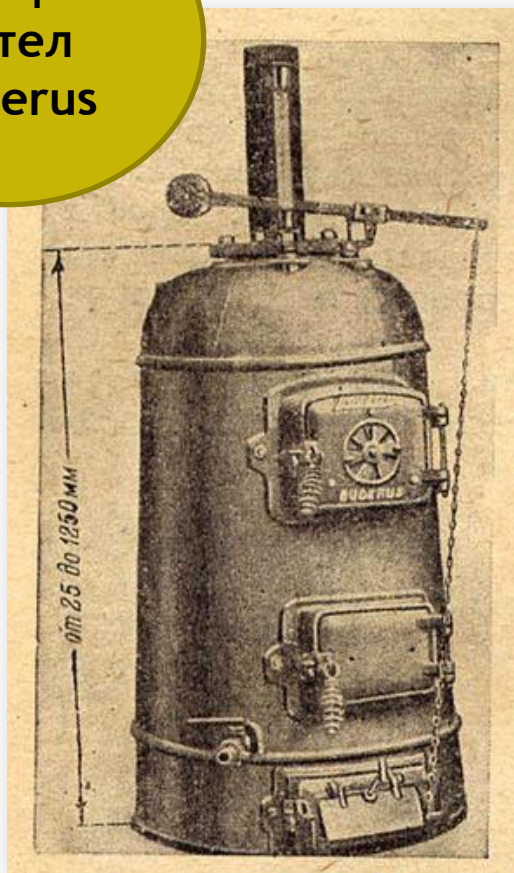
- Комбинированная выработка тепла и электроэнергии нашла применение в России с начала XX в. на предприятиях с теплоемкими технологическими процессами, например, на сахарных заводах и текстильных предприятиях.
- **В 1905 году** В. А. Яхимович предложил и внедрил «трубчатые приборы с рубашкой из бетона» – паробетонные приборы панельно-лучистого отопления, основанного на заделке нагревательных элементов в толщу ограждающих конструкций помещений.
- В последующие 10 лет было выполнено свыше 100 таких отопительных установок. В те же годы появилось районное отопление: несколько зданий стали снабжаться тепловой энергией из одного центра. В качестве теплоносителя «дальнего действия» использовался пар, в зданиях устанавливались пароводяные теплообменники (бойлеры) и оборудовалось водяное отопление с естественной циркуляцией.
- Например, таким пароводяным отоплением были оборудованы 13 корпусов Петербургской детской больницы (А. К. Павловский).

История централизованного теплоснабжения

- Начало применения насосов в России для побуждения циркуляции воды с целью не только уменьшения диаметра труб, но и увеличения радиуса действия водяного отопления относится к **1909** году.
- Насосное водяное отопление впервые было осуществлено в Михайловском театре в Петербурге (Н. П. Мельников). В двухтрубной системе отопления каждый радиатор снабжался обходной веткой с переключательным трёхходовым краном для возможности использования её при выключении радиатора.
- В **1912** году насосное водяное отопление было запроектировано Н. П. Мельниковым в нескольких крупных зданиях, в том числе в корпусах Института инженеров путей сообщения, где устраивалось впервые районное водоводяное отопление с радиусом действия около 400 м при давлении, создаваемом насосом, 100 кПа.
- В здании Эрмитажа пневматическое (воздушное) отопление системы Аммосова было заменено водяным, рассчитанным на поддержание температуры в помещениях с колебанием в пределах 0,5 °С.

Котельная, начало XX

Немецкий
котел
Buderus



Котельная

Требования к тепловому режиму помещений в СССР

Требования к тепловому режиму помещений в СССР
постепенно повышались.

Были установлены строгие нормативы температуры
в помещениях разного назначения.

Например, оптимальные температурные условия работы
учащихся 22°C и недопустимость заметного отклонения от них
(при понижении температуры **до 15 °C** усвоение слушателями
излагаемого материала снижается на **четверть**,
а при повышении температуры **до 30 °C – наполовину**).

Мировая история развития теплоснабжения и теплофикации

Глава «Исторический обзор развития техники отопления»

Источник:

**Книга "100 лет теплофикации и
централизованному теплоснабжению в России".**

Сборник статей

под редакцией В.Г. Семенова, www.ntsni.ru

Микроклимат жилища

— это искусственно создаваемые климатические условия для защиты от неблагоприятного (внешнего) воздействия и создания зоны комфорта одетому в легкую одежду и находящемуся длительное время в сидячем положении человеку.

В холодный период эти условия в основном зависят от теплофизических свойств ограждений (стен, потолка, пола) и системы отопления.

В жаркое время года оптимальные условия могут быть созданы только при подаче в помещение кондиционированного воздуха.

Жилище позволяет людям жить практически в любых климатических зонах земного шара.

Факторы, влияющие на человека в помещении

- **ТЕМПЕРАТУРА***
- **ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА***
- ЗАПЫЛЕННОСТЬ*
- ОСВЕЩЕНИЕ
- ОБСТАНОВКА ПОМЕЩЕНИЯ
- ДАВЛЕНИЕ
- СОСТАВ ВОЗДУХА*
- **СКОРОСТЬ ВОЗДУХА***

Микроклимат помещения

состояние внутренней среды помещения,
оказывающее воздействие на человека

Основными параметрами являются:

- ◎ Температуры воздуха и ограждающих конструкций,
- ◎ Влажность
- ◎ Скорость движения (подвижность) воздуха.

Тепловое состояние человека

по степени напряжения реакций
терморегуляции, влияния на показатели
работоспособности и здоровье
подразделяется на

- **оптимальное,**
- **допустимое**
- **и предельно допустимое.**

Оптимальные параметры микроклимата

- сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают **нормальное тепловое состояние организма** при минимальном напряжении механизмов **терморегуляции** и ощущение комфорта не менее чем у 80% людей, находящихся в помещении.

Терморегуляция организма

способность организма человека регулировать теплообмен с окружающей средой и сохранять температуру тела на постоянном нормальном уровне $36,6^{\circ}\text{C}$ независимо от внешних условий и тяжести выполняемой работы. Количество выделяемого тепла значительно изменяется в зависимости от тяжести выполняемой работы.

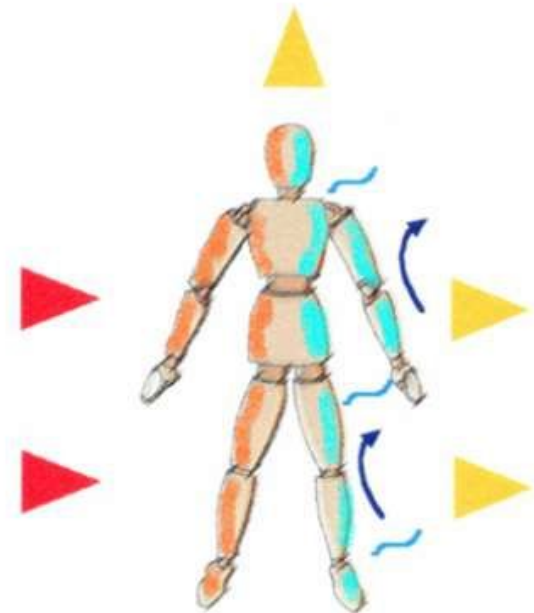
- При нормальной температуре воздуха и выполнении легкой работы или в состоянии покоя основное количество тепла отдается в окружающую среду через кожу (до 75%) **конвекцией и теплоизлучением.**
- В условиях высоких температур воздуха (свыше 30°C), большой влажности (свыше 75%) и выполнения тяжелой работы повышенная теплоотдача осуществляется **за счет выделения и испарения пота.**

Идеальный теплообмен человека



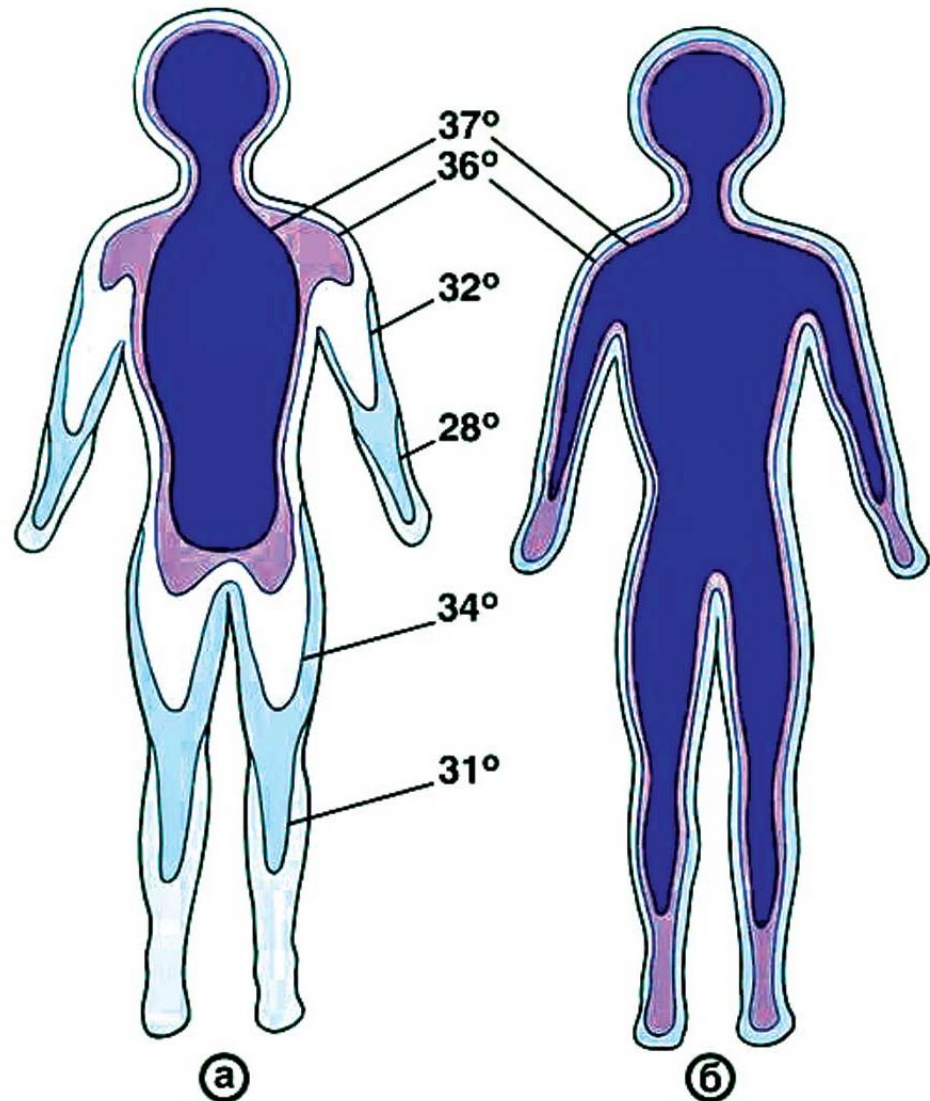
Тепловой комфорт представляет собой условие, при котором тело способно поддерживать тепловой баланс.

■ излучение
■ испарение
■ конвекция
□ передача



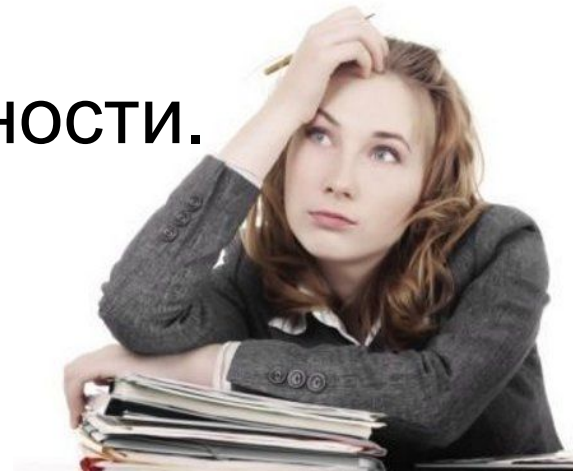
Терморегуляция организма

Распределение
температурных зон
внутри и
на поверхности тела
человека
в норме:
а — вид спереди;
б — вид сзади.



Допустимые параметры микроклимата

сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение **дискомфорта**, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.



Меры защиты от дискомфортных температур

Технические

- теплоизоляция
- теплопоглощение
- теплоотражение
- снижение солнечной инсоляции
- отопление
- вентиляция
- кондиционирование

Контрольные

- Измерение температуры
- Измерение влажности
- Измерение скорости движения воздуха
- Измерение тепловых излучений

Медико-профилактические

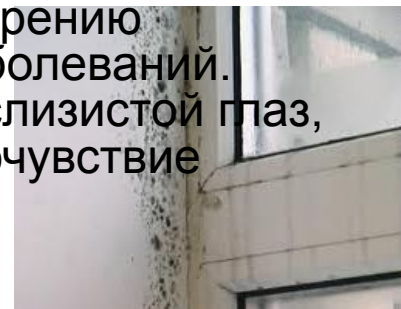
- Режим труда и отдыха
- Питьевой режим
- Солевой режим
- Медосмотры

Индивидуальные

- Теплостойкая одежда (маркировка ТК)
- Одежда с подогревом, зимняя (маркировка ТН)
- Очки со светофильтрами от УФ и ИК излучений

Нормальным микроклиматом считается

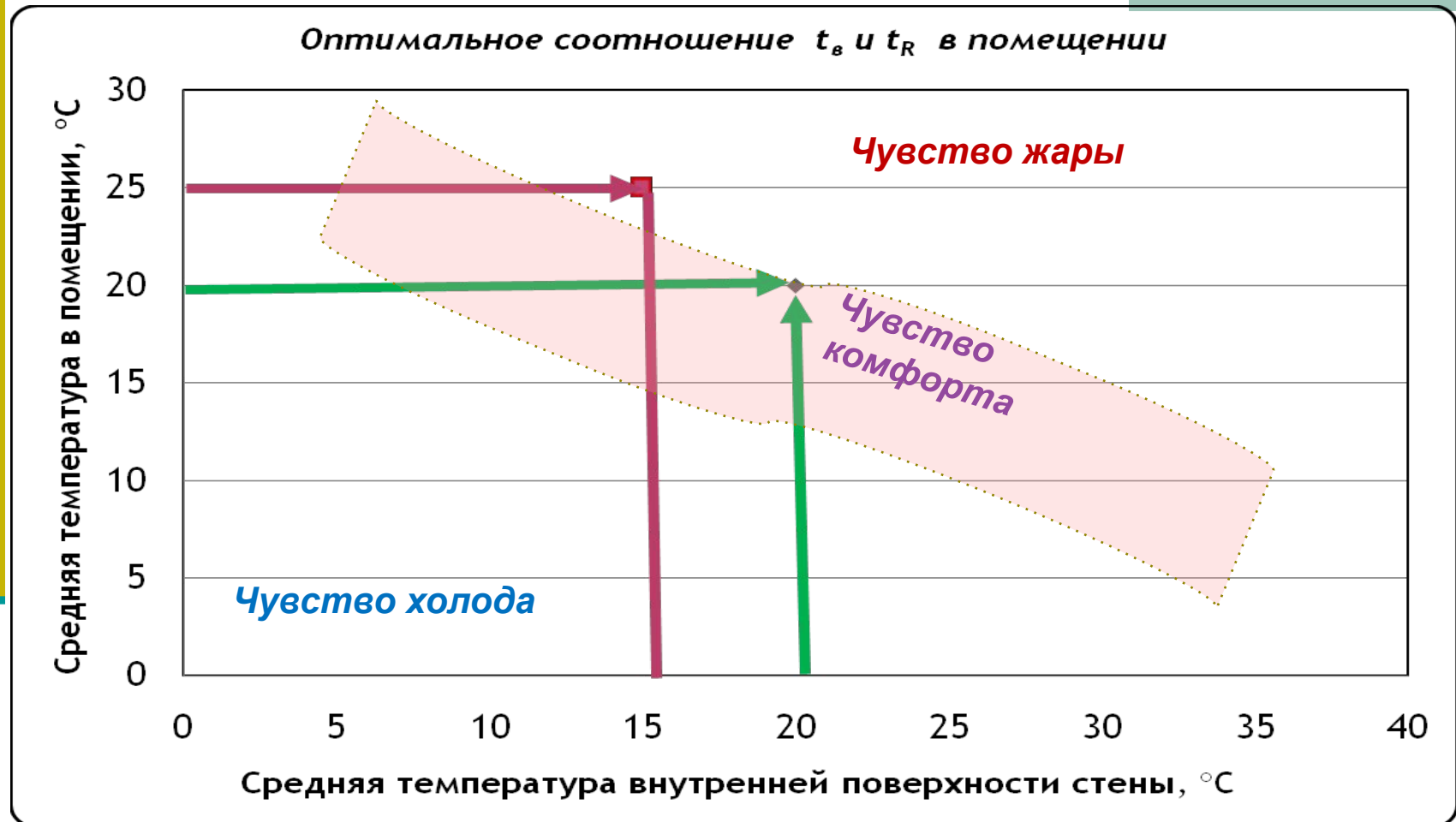
- **Содержание кислорода в помещении не менее 21 %**
Достигается регулярным проветриванием или установкой системы климат контроля.
- **Дневной температурный режим** должен находиться в пределах от 20 до 25 °С, ночью от 18 до 20 °С.
- **Скорость движения воздуха** должна составлять 0,1 - 0,15 м/с.
В застоявшемся воздухе появляются неприятные запахи, причиной которых могут быть болезнетворные бактерии, что может привести к заражению.
Слишком быстрые потоки воздуха называются сквозняком, что также отрицательно влияют на здоровье человека.
- **Влажность** в помещении должна быть в пределах от 40 до 60 %.
Повышенная влажность может привести к обострению хронических форм легочных или бронхиальных заболеваний.
Пересушенный воздух вызывает пересыханию слизистой глаз, носа, кожи, что также отрицательно влияет на самочувствие человека.



Параметры микроклимата в помещении:

- Температура внутреннего воздуха, $t_{\text{в}}$, °С.**
- Температура поверхностей ограждающих конструкций, $t_{\text{Р}}$, °С.**
- Подвижность воздуха, u , м/с.**
- Относительная влажность воздуха, ϕ , %.**
- Размеры и расположение нагретых и охлажденных предметов в помещении.**

Влияние температуры на комфорт человека

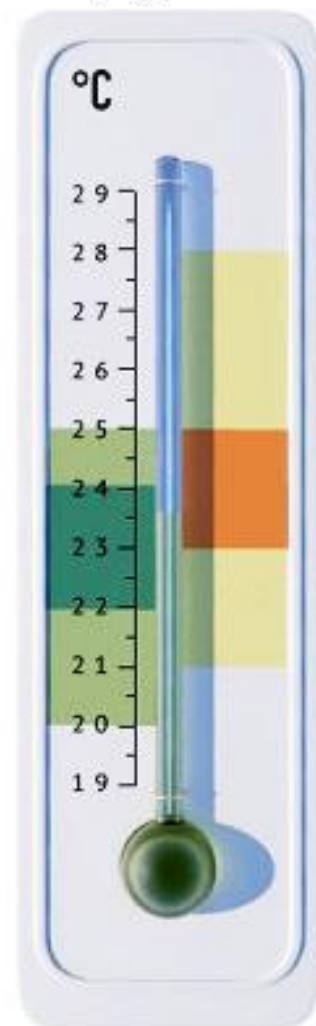


Радиационная температура внутренних поверхностей ограждений, важная составляющая оценки микроклимата помещений, в основном является производной от теплозащиты здания.

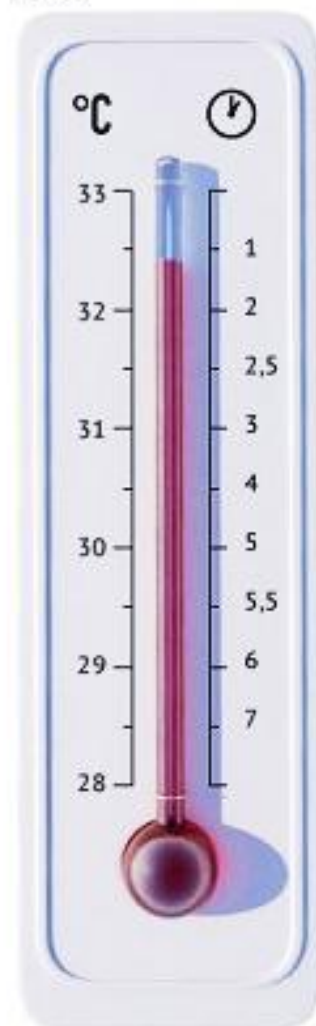
Температурные нормы для офиса

Согласно санитарным правилам, установлены оптимальные и допустимые температурные нормы для офисных помещений

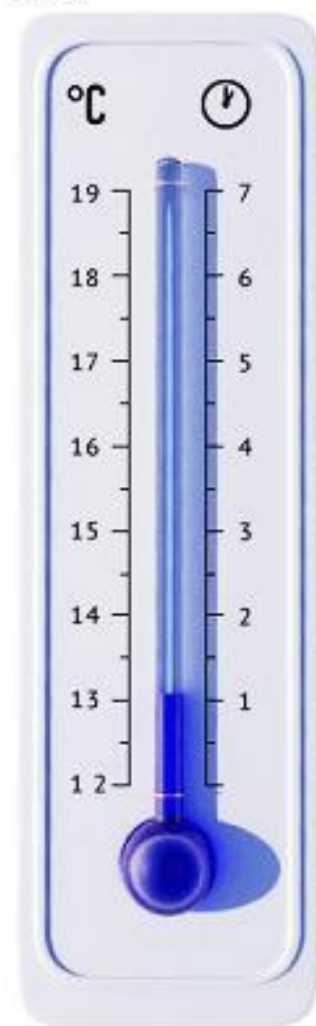
Оптимальные
и допустимые
температуры



Макс. продолжительность
работы при t° выше
допустимых значений

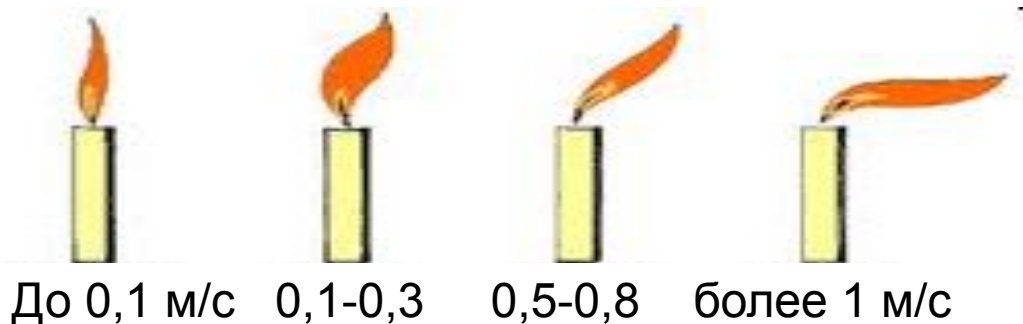


Макс. продолжительность
работы при t° ниже
допустимых значений



Скорость движения воздуха

осредненная по объему обслуживаемой зоны скорость движения воздуха.



- Параметры микроклимата жилых помещений регламентируются многими нормативными документами.

ГОСТ 30494-96
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
«ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ.
ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ»

Комплексное влияние на комфорт параметров микроклимата

Диапазоны комфортных значений

t, °C	Скорость, м/с	Относительная влажность, %		
		комфортно	умеренно комфортно	удовлетв. санитарным условиям
18	0 - 0,10	60-75	30-88	60
19	0 - 0,12	39-73	25-84	40-60
20	0 - 0,15	38-72	20-82	40-60
21	0 – 0,20	37-69	20-81	40-60
22	0 – 0,25	35-67	20-79	40-60
23	0 – 0,30	34-57	19-68	40-57
24	0,19 – 0,36	35-40	19-65	35-40
25	0,39 – 0,46	-	18-60	
26	0,5	-	25-40	

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ВОЗДУХА НА КОМФОРТ

- Концентрация кислорода = 21 %, минимально допустимая – 14 %.
- Содержание углекислого газа $\text{CO}_2 \leq 0,05 \%$.
- В воздухе не должно содержаться ядовитых веществ и вредных веществ.
- См. общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды.

Первое условие комфортности

(общий тепловой комфорт)

устанавливает связь между
радиационной температурой помещения t_R
и температурой внутреннего воздуха t_B ,
при которых человек,
находясь в середине помещения,
не испытывает
перегрева или переохлаждения.

Второе условие комфортности

(локальный тепловой комфорт)

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



Третье условие комфортности ... ?

(субъективный тепловой комфорт)

- На комфортную для организма температуру внутреннего воздуха влияют тип одежды и величина метаболизма.

- Величина метаболизма человека зависит от многих факторов: активности, массы, роста, питания, возраста и так далее

- Так же невозможно заранее определить, какой тип одежды выберет человек, какой у него будет рост, вес и фактор конструкции.

- Следовательно, при проектировании систем кондиционирования определить комфортную температуру для конкретного человека невозможно.

- Но если метаболизм человека будет по каким-либо причинам отличаться от расчетного, или он наденет костюм с большей плотностью, или его физическая активность будет несколько больше, чем обычно, или его коэффициент конструкции будет отличаться от стандартного – все это приведет к тому, что температура в помещении не будет комфортной.

- **Третье условие комфортности :**
Параметры внутреннего микроклимата должны иметь возможность индивидуального регулирования с целью соответствия субъективным ощущениям комфорта потребителя.

Типы микроклимата

По степени воздействия на тепловое состояние человека параметры микроклимата подразделяются на оптимальный (нейтральный), нагревающий и охлаждающий.

Оптимальный (нейтральный) микроклимат - такое сочетание его параметров, которое при воздействии на человека в течение длительного времени обеспечивает тепловой баланс организма, (разность между величинами теплопродукции и теплоотдачи не более ± 2 Вт, доля теплоотдачи испарением влаги – не более 30%).

- Оптимальный микроклимат обеспечивает ощущение комфорта и создает предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Типы микроклимата

■ Охлаждающий микроклимат –

сочетание параметров,
при котором суммарная
теплоотдача человека в окружающую среду
превышает
величину теплопродукции организма,
что приводит к образованию общего и/или локального
дефицита тепла в теле человека (более 2 Вт).

ТИПОЛОГИЯ СТРЕССОВ
ОТ ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЯ

1. Переохлаждение всего тела
2. Переохлаждение отдельных частей тела, в том числе конечностей,

Типы микроклимата

■ Нагревающий микроклимат –

сочетание его параметров,
при котором суммарная
теплоотдача человека в окружающую среду
меньше
величины теплопродукции организма,
что приводит к накоплению тепла в организме
(более 2 Вт)

Тепловой баланс организма

Организм человека постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой

Организм человека отдает в окружающую среду тепло Q посредством

- теплопроводности через одежду Q_o ,
- конвекции при обдуве воздухом тела человека Q_k ,
- излучения на окружающие поверхности $Q_{и}$,
- испарения влаги с поверхности кожи $Q_{исп}$
- и нагрева вдыхаемого воздуха Q_v .

Таким образом, при соблюдении теплового баланса

$$Q = Q_o + Q_k + Q_{и} + Q_{исп} + Q_v$$

обеспечиваются комфортные условия для организма человека.

Основные категории поступления тепла:

- **Наружные нагрузки,**
возникающие вне помещения
- **Внутренние нагрузки,**
возникающие в здании,
тепловой баланс которого
рассчитывается.

Наружные нагрузки

Нагрузки, возникающие вне помещения:

1. **Теплопередача через стены, потолки, полы.** Она зависит от разности внутренней и внешней температуры и степени теплоизоляции здания. Летом температура в здании ниже, чем на улице, и теплопоступление положительно. Зимой же разность температур снаружи здания и внутри него отрицательна, и поток тепла направлен из помещения вовне.
2. **Поступление тепла от излучения Солнца через застекленные проемы.** Теплопоступление от излучения всегда положительно (или равно нулю, если застекленных проемов нет). Летом эту тепловую нагрузку надо компенсировать.
3. **Теплопоступления от внешнего воздуха,** проникающего в помещение. Воздух попадает в помещение при вентиляции, а также может **инфильтроваться** через неплотности проемов.

холодного периода года

Область	Температура наружного воздуха $t_{н}, ^\circ\text{C}$			Продолжительность отопительного периода $Z, \text{сут}$	Средняя температура отопительного периода, $t_{н.от.п}, ^\circ\text{C}$	Средняя скорость ветра в зимний период времени $v, \text{м/с}$
	наиболее холодных суток $t_{н1}^{0,98}$	наиболее холодных суток $t_{н1}^{0,92}$	наиболее холодной пятидневки $t_{н5}^{0,92}$			
Минская	-33	-28	-24	$\frac{202}{220}$	$\frac{-1,6}{-0,9}$	4,05
Гомельская	-32	-28	-24	$\frac{194}{212}$	$\frac{-1,6}{-0,8}$	4,3
Гродненская	-31	-26	-22	$\frac{194}{213}$	$\frac{-0,5}{-0,4}$	5,3
Витебская	-37	-31	-25	$\frac{207}{222}$	$\frac{-2,0}{-1,4}$	5,3
Брестская	-31	-25	-21	$\frac{187}{205}$	$\frac{0,2}{0,8}$	3,6
Могилевская	-34	-29	-25	$\frac{204}{221}$	$\frac{-1,9}{-1,1}$	5,0

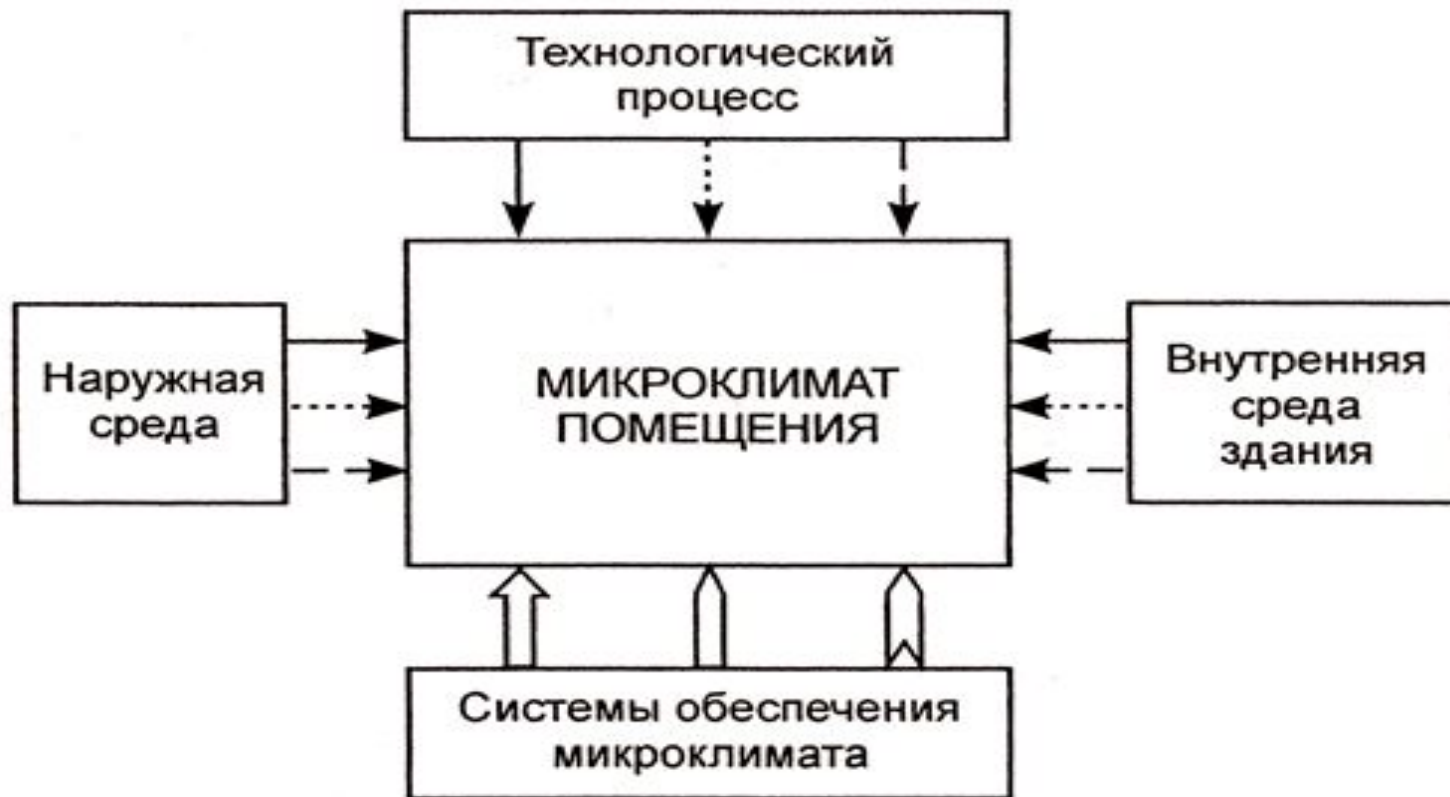
Примечание – над чертой отопительный период начинается при температуре наружного воздуха 8°C , под чертой – при 10°C ;

Внутренние нагрузки

Возникают в помещении:

1. **Тепло, выделяемое людьми.** Оно зависит от количества людей и рода их занятий, а также условий в помещении.
2. **Тепло, выделяемое осветительными приборами:** люминесцентными и лампами накаливания. Эта величина зависит от мощности освещения, типа ламп и способа их расположения.
3. **В производственных помещениях** тепло могут выделять горячие материалы (или поглощать - холодные), а также тепловыделение может происходить при сгорании и химических реакциях.
4. **Тепло, выделяемое электроприборами:**
 - * в жилых помещениях - бытовыми приборами: холодильниками, плитами и т.п.
 - * в офисных помещениях - компьютерами, принтерами, копирами и т.п.
 - * в производственных помещениях - оборудованием, электродвигателями и т.п.

Структурная схема формирования микроклимата



Возмущающие
потоки



тепла

влаги

примесей

Регулирующие
потоки



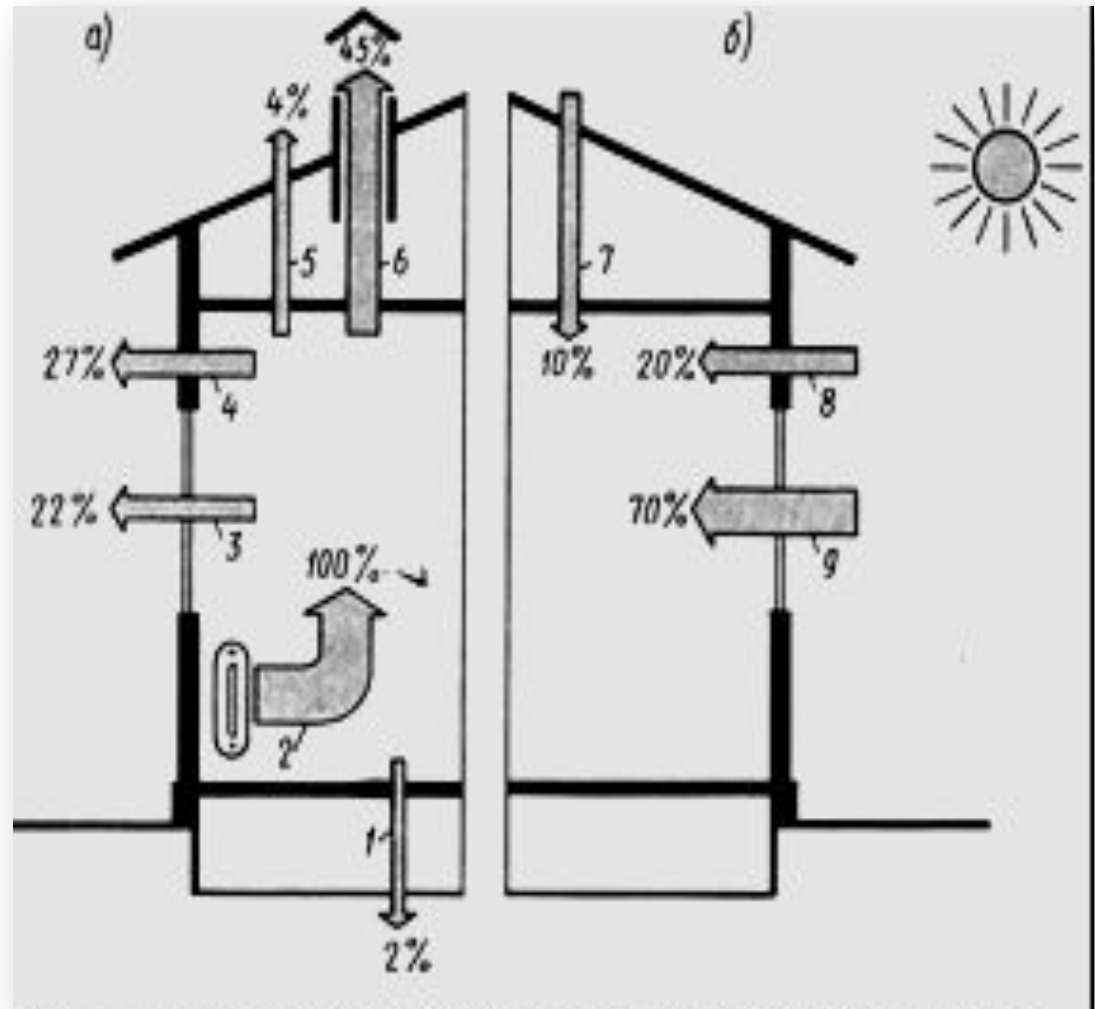
Примерная структура теплового баланса здания в холодный (а) и теплый (б) периоды года

(А)

- 1 - теплоотдача через пол
- 2 – теплопоступления от отопит. прибора
- 3 – теплопотери через пол
- 4 - через наружные стены
- 5 - крышу
- 6 - за счет воздухообмена, вкл. инфильтр.

(Б)

- 7 – теплопоступления через крышу
- 8 - через стены
- 9 - от солнечной радиации через окна



Нормативно-технические документы

- Допустимые и оптимальные параметры воздушной среды – температура, влажность и подвижность воздуха, а также гигиенические требования к ней в зависимости от назначения помещения и времени года регламентируются нормативно-техническими документами
- **СНБ 4.02.01-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»,**
- **СНБ 3.02.04-03 «Жилые здания».**

Системы, обеспечивающие оптимальные параметры микроклимата

в холодный период года —

среднесуточная температура наружного воздуха,
равна 8 °С и ниже.

- **системы отопления, калориферы и электрообогреватели.**
- **Системы приточно-вытяжной вентиляции**
(возможно использование рекуперации тепловой энергии вытяжного воздуха).
- **Системы увлажнения воздуха** (паровые, ультразвуковые, с традиционным испарением (холодные)).
- В зимний период времени параметры температурно-влажностного состояния помещения определяются **тепловой мощностью системы отопления и теплозащитными качествами наружных ограждающих конструкций**

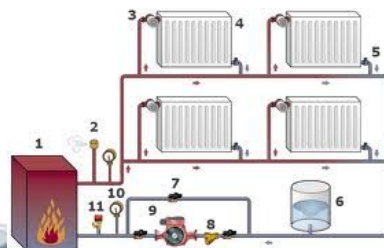
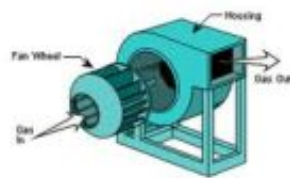
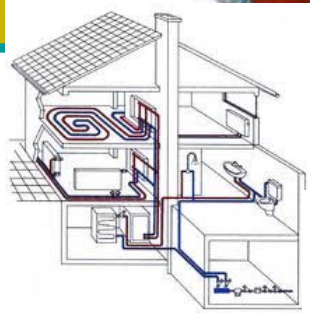
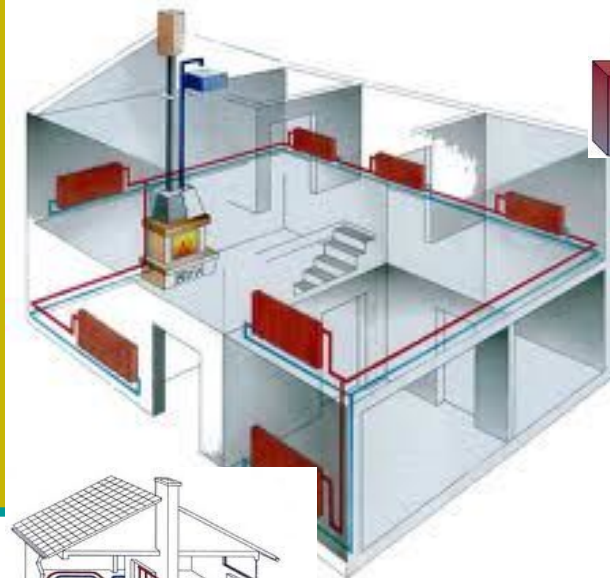
Системы, обеспечивающие оптимальные параметры микроклимата

втёплый период года –
среднесуточная температура наружного воздуха
выше 8 °С

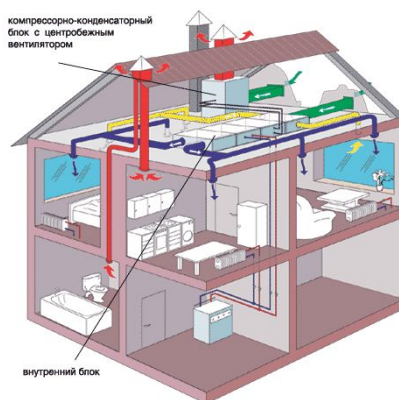
- **СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ**
- **И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ**
(охладители, осушители, обеспыливатели).
- в помещении с некондиционируемым микроклиматом формируется температурно-влажностный режим , близкий по параметрам к наружной среде, а его параметры определяются теплозащитными качествами наружных ограждающих конструкций и естественным воздухообменом в помещении.

Системы, обеспечивающие оптимальные параметры микроклимата

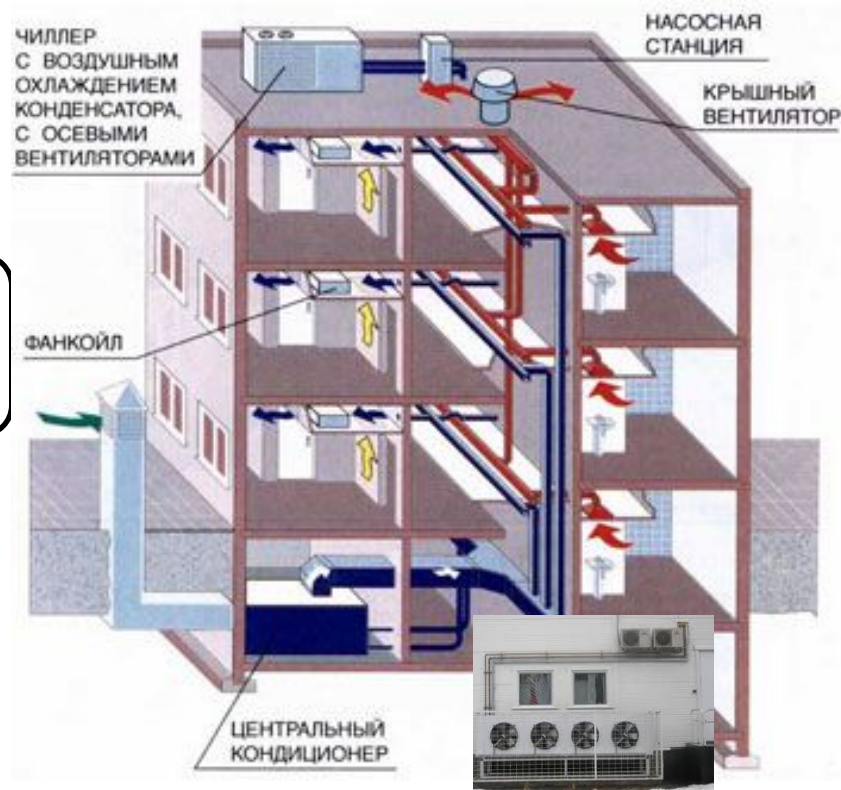
Системы отопления



Системы вентиляции



Системы кондиционирования





***БЛАГОДАРЮ
ЗА ВНИМАНИЕ!***