Бендерский политехнический филиал
Приднестровский Государственный Университет им. Т.Г. Шевченко

«Теоретические основы создания микроклимата в помещении»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Составитель: ***Лохвинская Т.И.***

Бендеры, 2010

УДК 628.8(072)
ББК 38.762
Л. 81

СОСТАВИТЕЛЬ: ***Лохвинская Т.И.*** – зав. кафедрой «Теплоснабжение и вентиляция», ст. преподаватель первой квалификационной категории Бендерского политехнического филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко

РЕЦЕНЗЕНТЫ: ***Яковенко В.Ф.*** к.т.н. доцент кафедры АТиПК, Инженерно-технического института «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»
Иванова С.С **.** ст. преподаватель, зав. отделением «Газовое Хозяйство» БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»

Лохвинская Т.И.
Теоретические основы микроклимата в помещении.- Бендеры, 2010. 45 с.

В методических указаниях изложены теоретические и инженерные основы обеспечения необходимого тепловоздушного режима зданий и сооружений жилого, общественного назначения. Предложены к рассмотрению гигиенические и технологические основы нормирования параметров микроклимата, расчета тепловой мощности систем отопления и вентиляции.

Данное пособие предназначено для студентов специальности 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция» дневной и заочной формы обучения.

Рекомендовано
к кафедральному изданию НМС ПГУ

Введение……4

<u>Тема №1 Процессы формирования микроклимата в помещениях</u>

1.1. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата……5

1.2. Виды моделирования тепловых ощущений человека……8

1.3. Аналоговое моделирование……..15

<u>Тема №2 Параметры микроклимата в помещении и их нормирование</u>

2.1. Тепловой баланс и терморегуляция организма человека…….22

2.2. Параметры состояния микроклимата……..23

2.3. Требования к комфортности тепловой обстановки в помещении при проектировании……25

2.4. Понятие воздушного комфорта……28

2.5. Нормирование параметров микроклимата……..30

2.6. Технологические требования к параметрам микроклимата……..33

<u>Тема №3 Параметры наружного климата и их нормирование.</u>

3.1. Понятие о метеорологии и климатологии……35

3.2. Закономерности суточного и годового изменения параметров наружного воздуха……37

<u>Тема №4 Тепловая мощность систем отопления – охлаждения.</u>

4.1. Уравнение теплового баланса…….38

4.2. Аэродинамика здания……..43

4.3. Колебание температуры воздуха при тепловых воздействиях……47

4.4. Определение тепловой мощности систем отопления – охлаждение……...49

Список используемой литературы……53

Введение

Дисциплина Обеспечение оптимального теплового и влажностного комфорта в помещениях жилых, административных и общественных зданий является основной задачей инженерных систем жизнеобеспечения, которые включают неотъемлемой частью системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и холодоснабжения. Системы отопления предназначены для поддержания в закрытых помещениях нормируемой температуры с заранее заданной средней необеспеченностью. Задачи вентиляции сводятся к созданию в помещениях определенных условий по чистоте и качеству воздуха и защите атмосферы от загрязнения. Системы вентиляции обеспечивают поддержание оптимальных метеорологических условий наиболее благоприятных для самочувствия людей, введения технологических процессов, обеспечение сохранности материальных и культурных ценностей.

В данном методическом пособии рассмотрены следующие основные вопросы: теплообмен и аэродинамика потоков в ограниченном объеме помещения, основы расчета систем вентиляции и отопления в зимний (частично осенне-весенний, летний) период года, изложены основы теплового, воздушного и влажностного режимов зданий и сооружений.

Тема 1: Процессы формирования микроклимата помещений.

1.1. Гигиеническое нормирование микроклимата.

Микроклимат помещений – совокупность состава и физических параметров воздушной среды, вызывающих у человека благоприятные тепловые ощущения. Состав и состояние воздуха жилых, общественных и производственных помещений должны удовлетворять определенным требованиям, предъявленным гигиеной и технологий производства. Выполнение этих требований обеспечивается работой систем жизнеобеспечения: вентиляцией, отоплением и КВ. [11]

Не редко технологические и общегигиенические требования совпадают; в противном случае возникает необходимость в том, чтобы помещение, в которых поддерживаются параметры, необходимые для технологии были бы отделены от помещений, в которых находятся люди.

Человеческий организм в процессе метаболизма непрерывно производит тепло. Количество этого тепла непостоянно и зависит от интенсивности мускульной работы, выполняемой человеком в определенных метеорологических условиях. Для того чтобы физиологические процессы в организме протекали нормально окружающая среда должна обладать способностью воспринимать тепло, вырабатываемо организмом. Соответствие между количеством тепла, вырабатываемое организмом и охлаждающей способностью среды характеризует ее как комфортную. В условиях комфорта воздушная среда не вызывает беспокоящих человека тепловых ощущений – холода или перегревания. Физиологические процессы протекают нормально, если окружающая среда принимает теплоту, вырабатываемую организмом. **Среда, которая способна принимать все количество теплоты, вырабатываемой организмом, не вызывая беспокоящих человека ощущений холода или перегревания, называется комфортной. [7]**

Тепловое ощущение у человека может быть одинаковым при различных сочетаниях параметров окружающей среды. Например:

- Большой перепад температуры вызывает неблагоприятные тепловые ощущения у человека, следовательно, организм перегревается, повышается количество отделяемого пота.
- К изменениям в организме могут привести и отклонения в относительной влажности воздуха. Высокая влажность вызывает интенсивное потоотделение и вследствие этого утомление организма. Постоянная высокая влажность препятствует испарению пота с кожного покрова, вызывая перегревание тела, приводящее к тепловому удару.
- При низкой температуре воздуха пересыхают кожа, слизистые оболочки носа, рта и горла.
- Подвижность воздуха при высокой влажности оказывает благоприятное действие на организм. Неподвижный воздух даже при низкой влажности вызывает перегревание организма. С повышением подвижности воздуха отдача теплоты организмом теплоты увеличивается.

Состав воздуха играет важную роль. При уменьшении содержания кислорода в помещении до 17.5% (при норме 23.1%) человек погибает через несколько минут. Увеличение концентрации углекислоты в воздухе до 3% по объему вызывает повышение температуры кожи человека приблизительно на 1°С. Накопление теплоты в организме приводит к его постоянному перегреванию. [2]

Примеси в воздухе в виде пыли и газа, проникающие в помещение могут привести к рефлекторной задержке дыхания и как следствие кислородному голоданию. Некоторые газы, попадающие в воздух, способны химически реагировать с оборудованием, вызывая коррозию. С другой стороны некоторые технологические процессы могут протекать лишь в газо-воздушной или газовой среде. Например, длительное хранение скоропортящихся продуктов в атмосфере азота или углерода. Содержание в воздухе пыли всегда нежелательно, а в некоторых случаях недопустимо. Пылевые частицы, попадая в сочленения точных механизмов, вызывают их преждевременный износ и снижают класс точности. Пыль по своему химическому составу может обладать токсичными свойствами.

Кроме того, она может быть переносчиком микрофлоры, в частности бактерий, в том числе патогенных.

Таким образом, вдыхание пыли либо попадание ее в пищевые продукты в одинаковой мере опасно и недопустимо. Организм человека может перестроить на непродолжительное время многие физиологические функции в зависимости от влияния неблагоприятных факторов внешней среды. Но длительное напряжение физиологических функций нередко приводит к заболеваниям.

Метеорологические условия на постоянных рабочих метах, в рабочей зоне производственных помещений и в обслуживаемой зоне общественных и жилых зданий устанавливаются согласно указаниям СНиП. [1] Рабочей или обслуживаемой зоной считается пространство высотой до 2м над уровнем пола или площадки, на которой находятся люди или имеются рабочие места. Допускаемые параметры (температура, влажность и подвижность) воздуха в помещениях (табл. 1) должны соблюдаться в холодный и теплый период года при всех состояниях наружного воздуха. Кроме допускаемых метеорологических условий в таблице приведены оптимальные условия. [4] Они определяются наиболее благоприятными сочетаниями температуры, влажности и подвижности воздуха для самочувствия большинства нормально одетых людей. Оптимальные параметры воздуха определяются характером работы, производимой человеком, и несколько различные для холодного и теплого периода года в связи с тем, что в эти периоды люди различно одеты и испытывают различные внешние воздействия.

Поддержание оптимальных параметров воздушной среды обязательно для:

- операционных, родильных отделений, послеоперационных палат;
- зрительные залы и фойе театров на 600 мест и более;
- отдельных залов ресторанов 1-го разряда на 250 мест и более;
- торговые залы крупных магазинов с числом рабочих мест 75 и более;
- номера VIP гостиниц на 500 мест и более.

1.2. Виды моделирования.

Тепловое ощущение человека определяется результативным действием температуры, влажности, скоростью движения воздуха и температурой окружающих поверхностей, поэтому возникает необходимость в создании некоторой величины, которая могла бы служить мерилом теплового ощущения человека и в то же время является функцией величин, характеризующих состояние среды. Поскольку для изменения ощущений не имеется объективной оценки, задача создания указанной функциональной зависимости очень сложна. Известны несколько направлений, причем каждое из них частично решает задачу. Существуют различные комбинации параметров окружающего воздуха, при которых создаются одинаковые условия для хорошего самочувствия человека. Для оценки теплоощущений человека применяются методы эффективности температур. Основы учения об эффективной температуре были впервые разработаны И.П. Флавицким и опубликованы в 1884г. [7]

Метод эффективных температур (ЭТ).

Для упрощения вопроса рассмотрим связь между тепловыми ощущениями с одной стороны, и температурой, и влажностью воздуха с другой. При данной интенсивности мускульной работы тепловое ощущение может оставаться постоянным при различных сочетаниях температуры и влажности воздуха. Чем выше температура воздуха по сухому термометру (t_c), тем ниже должна быть его влажность для создания тождественного теплового ощущения, так как усиленное испарение пота компенсирует ослабление теплоотдачи конвекцией и лучеиспусканием. При температуре ниже 7-10℃, влажность оказывает обратное влияние на тепловое ощущение. Пота выделяется незначительно, изменение интенсивности его испарения при колебаниях влажности почти не влияет на тепловое ощущение и основное количество тепла отдается основными путями. Повышение влажности вызывает увеличение теплопроводности одежды, и теплоотдача от тела усиливается. Поэтому при относительно высокой влажности воздуха ощущается относительная прохлада, чем при сухом воздухе с той же достаточно низкой температурой. Следовательно, чем ниже температура воздуха,

тем меньше должна быть его влажность для создания одинакового теплового ощущения.

Эффективная температура **(ЭТ)** выражает одинаковые теплоощущения человека в неподвижном воздухе в зависимости от комбинаций значений температуры и влажности, или от соотношения температур по сухому и мокрому термометрам. Таким образом, **под эффективной температурой (ЭТ) понимают температуру насыщенного воздуха, обладающего такой же охлаждающей способностью, как воздух с заданными температурой и влажностью.** Среди равноценных сочетаний температур и влажности имеется такое, при котором температура воздуха по сухому термометру равна температуре мокрого термометра и относительная влажность воздуха приобретает максимальное значение. При различных сочетаниях температур и влажности можно получить одно и тоже значение **ЭТ**. Если при определенных интенсивности мускульной работы и значений **ЭТ** тепловое ощущение находится на уровне комфортного, то при более высокой **ЭТ** оно будет характеризоваться как ощущение перегрева; при более низкой **ЭТ** возникает ощущение излишнего охлаждения.

Таким образом, каждой степени интенсивности мускульной работы соответствует только одно значение **ЭТ** воздуха, который обеспечивает комфортное тепловое ощущение. Чем больше отклоняется от этого значения действительная величина **ЭТ**, тем выше степень дискомфорта. На основании статистических наблюдений устанавливают сочетание температур, влажности, эквивалентное по создаваемому ими тепловому ощущению и характеризуемое одним значением **ЭТ**. Создана шкала **ЭТ**, где выделены **ЭТ** комфортной зоны зимы и лета для людей, занятых легкой работой при спокойном состоянии воздуха. Максимальный комфорт соответствует значению **ЭТ**, при котором большинство испытуемых дают одинаковую положительную оценку теплового ощущения. Для теплого периода – максимум комфорта 21-22℃, для холодного – 17-19℃. Смещение зимней комфортной зоны в область более низких **ЭТ** объясняется наличием зимней одежды.

Метод эквивалентно-эффективных температур (ЭЭТ).

На тепловые ощущения человека кроме температуры и влажности оказывает влияние скорость окружающего воздуха, которая учитывается **эффективно-эквивалентной температурой (ЭЭТ), под которой понимают температуру неподвижного насыщенного воздуха, при котором человек имеет такие же тепловые ощущения, как и в данном подвижном ненасыщенном воздухе с иными значениями температуры.** [11] Для любого сочетания температуры влажности и подвижности воздуха можно найти температуру неподвижного и насыщенного воздуха, который создает то же тепловое ощущение или обладает охлаждающей способностью.

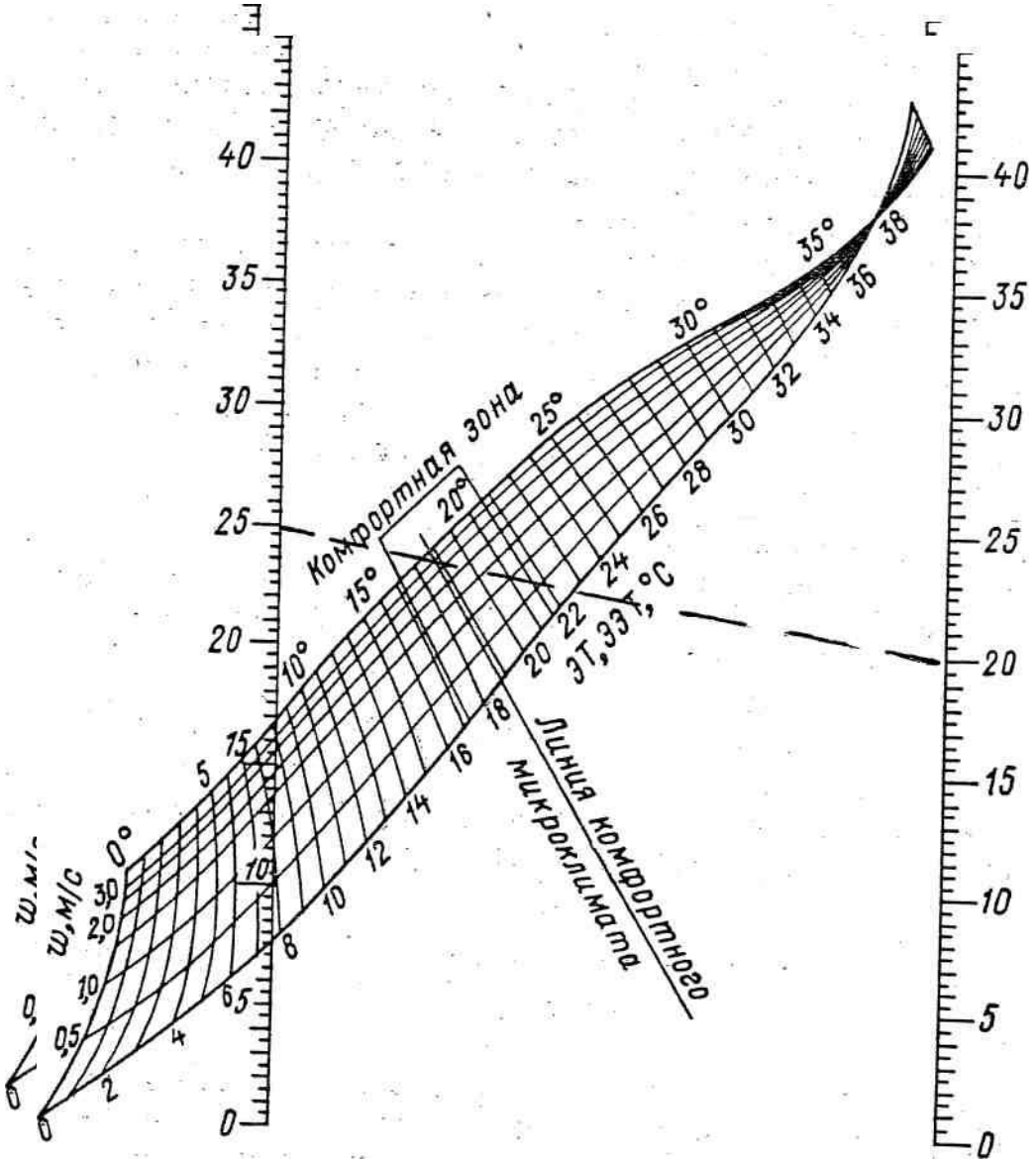


Рис. 1

На рис. 1 представлена номограмма **ЭТ** и **ЭЭТ**, связывающая различные сочетания температуры, влажности и скорости в помещении. Номограмма состоит из двух вертикальных шкал температуры воздуха по сухому термометру - t_c, температуры мокрого термометра - $t_м$, кривых постоянных значений подвижности воздуха - ω и **ЭЭТ** (в неподвижном воздухе (ω=0) значения **ЭТ** и **ЭЭТ** равны). Значения **ЭЭТ** определяют в точке пересечения линий, соответствующей значению подвижности воздуха, с линией, соединяющей значения t_c и $t_м$ для данного помещения. (Например, если $t_c = 30°C$, $t_м = 26°C$, ω = 0.5м/с, следовательно, ЭЭТ = 27°; при тех же значениях t_c, $t_м$ и ω = 0 ЭТ=ЭЭТ=27.5°). На рисунке нанесена зона комфортного микроклимата, в которой параметры воздуха создают у человека благоприятное тепловое ощущение. За пределами этой зоны организм человека реагирует на изменение температуры воздуха неблагоприятно.

Метод результирующих температур (РТ).

Результирующая температура (РТ) является комплексным показателем, учитывающим влияние на тепловые ощущения человека температуры, влажности и подвижности воздуха, а так же средней радиационной температуры окружающих поверхностей - t_R. Радиационную температуру определяют по шаровому термометру, представляющему собой обычный термометр, резервуар которого вставлен в центр пустотелого зачерненного шара Ø = 9÷12см.

На рис. 2 приведена номограмма результирующих температур, с помощью которых можно определить **РТ** для комбинаций различных значений температуры, влажности, подвижности воздуха и средней радиационной температуры окружающих поверхностей. Номограмма **РТ** представляет собой видоизмененную номограмму **ЭТ**, **ЭЭТ** с добавлением двух шкал: подвижности воздуха – ω (шкала I), относительной влажности воздуха - φ (шкала V). По шкале II, кроме

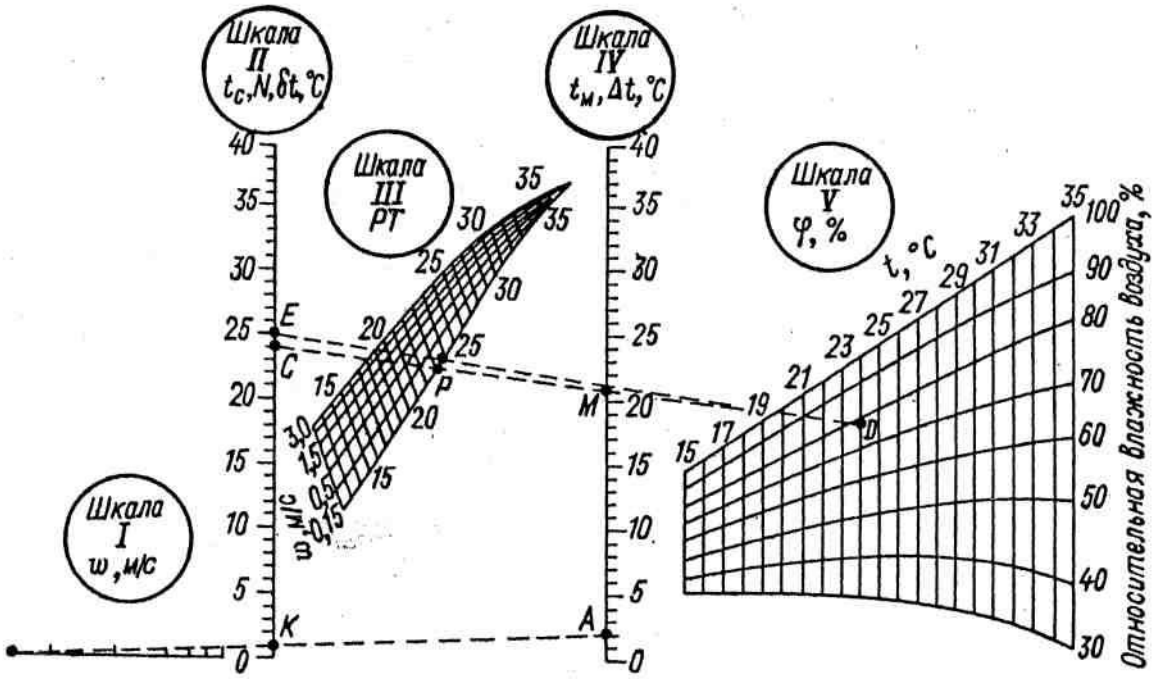


Рис. 2

Номограмма результирующих температур

воздуха по сухому термометру t_c определяют поправку на тепловую радиацию - δt и сухую результирующую температуру – N. Последняя равна алгебраической сумме температуры воздуха по сухому термометру - t_c и поправки на тепловую радиацию: N = t_c + δt. Результирующую температуру определяют следующим образом: находят Δt- разность между средней радиационной температурой - t_R и температурой воздуха по сухому термометру - t_c (Δt = t_R - t_c). На шкале IV отмечают точку А, определяющую Δt. Соединив точку А прямой с точкой В на горизонтальной шкале I, соответствующей скорости воздуха в помещении, получают на шкале II, в месте пересечения с линией АВ, точка К, показывающую значение поправки на тепловую радиацию δt. Зная поправку, находят сухую результирующую температуру N = t_c + δt и откладывают ее на шкале II (точка Е). Затем выполняют следующие построения: из точки С на шкале II, соответствующей температуре воздуха по сухому термометру t_c, проводят прямую через точку М на шкале IV, соответствующую температуре по мокрому термометру $t_м$, до пересечения с изотермой на шкале V, равной температуре по

сухому термометру (точка D). Кривая, проходящая через точку D, показывает значение относительной влажности воздуха в помещении. Полученную точку D соединяют прямой линией с точкой E, характеризующую сухую результирующую температуру N. В месте пересечения прямой DE с кривой на шкале III, соответствующей скорости воздуха, находим искомое значение **РТ**.

Например: известны $t_c = 24°C$, $t_м = 21°C$, ω = 0.15м/с, $t_R = 26°C$.

Разность Δt = t_R - t_c = 26 – 24 = 2 откладывают на шкале II (точка A). Точку B на шкале I со значением скорости воздуха ω = 0.15м/с соединяют с точкой A; на шкале II находят поправку на тепловую радиацию δt = 1°C. Значение N = t_c + δt = 24 + 1 = 25 наносят на шкалу II. Затем, соединив точку C ($t_c = 24°C$) с точкой M ($t_м = 21°C$) прямой линии, продлив ее до пересечения с изотермой $t_c = 24°C$ на шкале V находят точку D, соответствующую φ = 77%. Прямая DE пересекается с кривой ω = 0.15м/с на шкале III в точке P с результирующей температурой **РТ** = 23.5°C.

Метод результирующих температур удобен для оценки микроклимата данного помещения путем сопоставления соответствия полученного значения **РТ** комфортным условия.

Метод учета тепловых ощущений

Этот заключается в определении характеристики тепловых ощущений **S** по математическим зависимостям и соответствия характеристики **S** тепловым ощущениям человека по шкале, тепловых ощущений.

$$S = K - 0{,}1t_C - 0{,}0968\, t_0 - 0{,}0372\, p_n + 0{,}0367\,(37{,}8 - t_c)\sqrt{w} \qquad (1)$$

где S — характеристика тепловых ощущений;

K — постоянная величина, равная для зимы 7,83 и для лета 8,45;

t_c — температура воздуха по сухому термометру; .

t_0 — температура окружающих поверхностей;

$p_п$ — парциальное давление пара в воздухе, *мм* рт. ст.;

w — скорость движения воздуха, *м/сек.*

Полученные по формуле (1) характеристики S соответствуют следующим ощущениям:

Значения S	ощущения
1	Очень жарко
2	Жарко
3	Тепло
4	Нормально
5	Прохладно
6	Холодно
7	Очень холодно

Применение выражения (1) ограничивается влажностью воздуха в пределах 0,3—0,7. Это выражение не является универсальным. Оно характеризует тепловые ощущения людей, находящихся в покое или выполняющих легкую мускульную работу и не учитывают особенностей климата и характера одежды.

1.3. Аналоговое моделирование.

Для измерения ощущений не имеется объективной единицы, задача создания функциональной зависимости тепловых ощущений человека и величин характеризующих состояние среды очень сложна. Известны несколько направлений исследований, одно из которых – стремление к построению такого прибора, который являлся бы аналогом человеческого тела. Вместе с тем необходимо отметить, что тепловые ощущения в значительной степени определяются привычными условиями. Поэтому, главная задача исследований – накопление фактических данных, которые могут быть положены в основу того или иного метода учета тепловых ощущений.[7]

Метод учета радиации

Посредством специальных приборов измеряется интенсивность тепловой радиации поверхности.

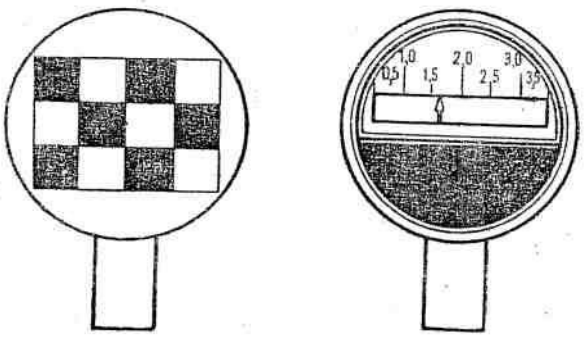


Рис. 3 Схема актинометра

Актинометр Н.В. Носкова (ЛИАТ) (рис.3) состоит из блестящих и зачерненных алюминиевых пластинок, расположенных в шахматном порядке на стороне прибора, обращенной к излучающей поверхности. К обратной стороне пластинок присоединена термобатарея из медь – константа. В результате различного поглощения блестящих и зачерненных пластин лучистого тепла возникает термоток, который отклоняет стрелку гальванометра шкала градуирована в кал/см^2 ·мин

Глобустермометр. Сопоставляя температуру воздуха по сухому термометру с показаниями глобустермометра можно сделать качественный вывод о лучистом тепловыделении в помещении. Показания глобустермометра приблизительно равны среднеарифметическому значению температур $\simeq \frac{t_{в.сух.}+t_R}{2}$. Эту среднюю температуру

называют результирующей сухой температурой. Глобустермометр, разработанный в институте отопления и вентиляции Технического университета в Берлине (рис. 4) представляет собой резиновый шар, надутый воздухом, в который вставлен термометр. Теплоемкость шара ничтожно мала, его диаметр Ø15см. Диаметр шарика термометра 0.6см.

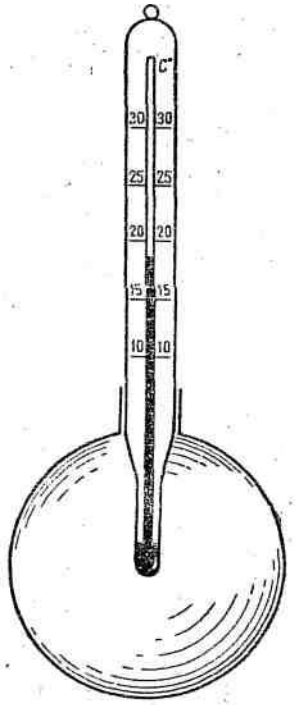


Рис. 4 Схема глобустермометра

Если $t_c > t_R$, то резиновый шар нагревается конвективным теплом. Воздух внутри шара будет отдавать тепло термометру. Оболочка шара частично проницаема для тепловых лучей. Поэтому между термометром с оболочкой шара и окружающими поверхностями происходит лучистый теплообмен. Таким образом, шар глобустермометра будет отдавать окружающим поверхностям тепло, которое он лучистым путем получает от термометра. По результатам исследований получена зависимость:

$$\frac{t_T - t_П}{t_T - t_в} = 0.5 \qquad (2)$$

$$t_П = t_T - 0.5 * (t_T - t_в)$$

где t_T - температура термометра;

$t_в$ - температура воздуха;

$t_П$ - средняя температура излучающих поверхностей.

Метод кататермометрии

Метод представляет тепловые ощущения как равносильную или охлаждающую способность окружающей среды, которая определяется при помощью кататермометра – спиртового термометра со шкалой от 35÷38℃. Его подогревают до температуры выше 38℃ до тех пор, пока спирт не заполнит приблизительно половину объема верхнего резервуара кататермометра. После этого кататермометр помещают в исследуемое пространство и следят за его остыванием. Когда мениск упадет до температуры 38℃ включают секундомер и регистрируют период времени Zсек, по истечении которых мениск опустится до показаний 35℃ и термометр охладится до Δt = 3℃ Средняя температура термометра за период его остывания в указанных пределах показаний 36,5℃, что приблизительно равно температуре человеческого тела, поэтому прибор можно рассматривать в качестве его аналога.

Рис. 5 Кататермометр

По скорости остывания можно судить об охлаждающем действии исследуемой среды на человека. Скорость остывания кататермометра

$$H_c = \frac{\Phi * \Delta t}{Z} \quad (3)$$

Где Ф – фактор кататермометра - количество тепла, отдаваемое резервуаром при остывании на 1℃ приходящееся на 1$см^2$ поверхности. Эта величина постоянна для каждого прибора.

В указанных условиях прибор охлаждается только в результате конвективной и радиационной теплоотдачи. Для учета охлаждающего действия испарения влаги вместо указанного сухого прибора применяется мокрый кататермометр. На нижний резервуар мокрого кататермометра натягивают чехол из тонкой хлопчатобумажной ткани. Перед измерением прибор погружают в горячую воду 70÷80°С. После того как часть верхнего резервуара заполнится спиртом, кататермометр устанавливают в исследуемом помещении и повторяют те же операции, что и с сухим кататермометром.

Остывание мокрого прибора обусловлено совместным влияние радиации и испарения, по этой причине скорость остывания мокрого термометра $H_м$ выше, чем сухого $H_с$. Из сопоставлений показаний $H_с$, $H_м$ можно определить относительную роль влажности воздуха в процессе отведения тепла от человеческого тела. Показания обоих приборов отражают влияние скорости воздуха на скорость отведения тепла. Чтобы показания кататермометра характеризовали тепловые ощущения, на основании статистических наблюдений создали шкалу значений $H_м$ и $H_с$ с одной стороны и тепловых ощущений с другой (табл.2) .

Скорость остывания кататермометра при удовлетворительном тепловом ощущении таблица 2

Характеристика интенсивности мускульной работы	***мкал1см*сек***	***мкал/см*сек***
Работа сидя ... . г	6	18
Легкая физическая .	8	25
Тяжелая физическая . .	10	30

То обстоятельство, что средняя температура кататермометра равна температуре тела недостаточно, чтобы рассмотреть кататермометр в качестве аналога тела человека. Окружающая среда оказывает на человека определенное тепловое воздействие через поверхность одежды. Это условие не учитывается кататермометром. Радиационный теплообмен между кататермометром и окружающей поверхностью не аналогичен радиационному теплообмену человеческого тела. По этим соображениям показания кататермометра не могут служить количественным выражением тепловых ощущений.

Метод радиационно-эффективных температур

Шкала эффективных температур **(ЭТ)** не учитывает влияния температурного излучения на тепловые ощущения человека. Кататермометрия недостаточно учитывает влияние теплообмена излучением. Решающее влияние на тепловые ощущения оказывает совокупное действие температура воздуха и окружающих поверхностей. При данной температуре поверхности одежды потеря тепла может быть одной и той же при различных сочетаниях температуры воздуха и окружающих поверхностей стен, оборудования. Чем ниже температура воздуха, тем сильнее конвективная теплоотдача, и для того чтобы тепловые ощущения оставались на определенном уровне, необходимо снизить теплоотдачу излучением, то есть повысить температуру окружающих поверхностей. Таким образом, данной интенсивности мускульной работы соответствует множеству сочетаний температуры воздуха и окружающих поверхностей, создающих тождественные тепловые ощущения. Каждое такое сочетание может быть выражено одной величиной – **радиационно-эффективной температурой (РЭТ)**. Очевидно также, что температура поверхности одежды всегда соответствует интенсивности мускульной работы и величине **РЭТ**. Этому в свою очередь соответствуют определенные тепловые ощущения.

По проведенным экспериментальным испытаниям для условий в Харькове комфортное тепловое ощущение людей, занятых спокойной работой, наступает при температуре поверхности одежды: зимой – 27.5℃; летом – 31.1℃. Этим значениям соответствует определенная величина теплоотдачи 1$м^2$ поверхности – Q ккал/мг · час. Действительную величину Q при определенных значениях температуры воздуха и окружающих поверхностей показывает специальный прибор – **эвпатеоскоп** (рис. 6).

Основная часть прибора - медный полый цилиндр (Ц) d=190.5мм, h=569мм. Боковая и торцевые поверхности цилиндра зачернены. Внутри установлены 2 лампы (М), нагревающие поверхность цилиндра до требуемой температуры поверхности одежды. Эта температура удерживается на поверхности прибора в течение всего времени его работы терморегулятором (Т), периодически включающим лампы. Прибор снабжен счетчиком электроэнергии (С), часами (В), трансформатором (А), реле (Р), конденсатором (К), вольтметром (Н) и соленоидом (О).

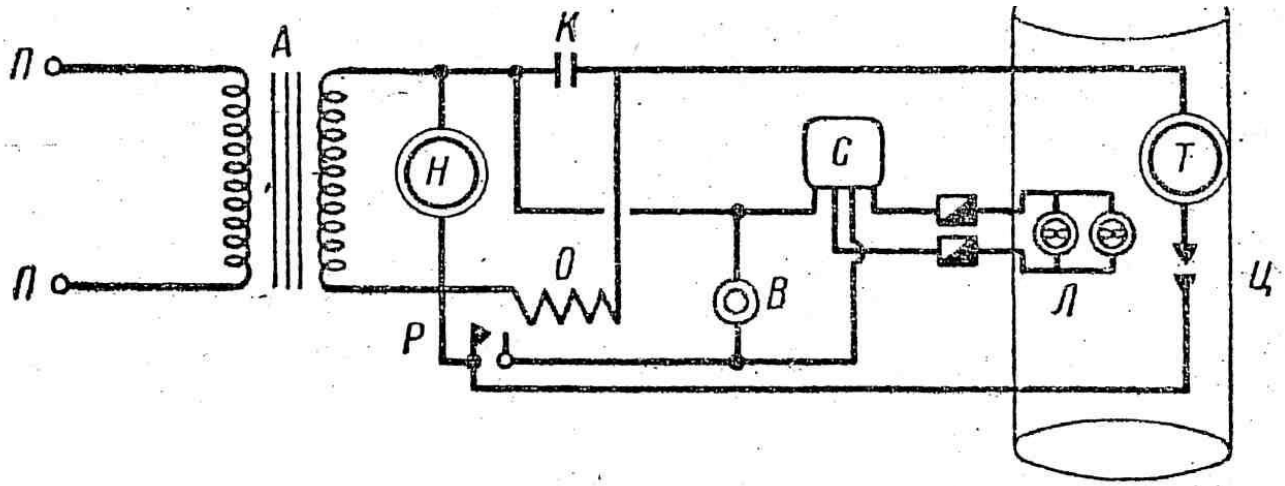


Рис. 6 Схема эвпатеоскопа

Прибор работает следующим образом: терморегулятор устанавливают на требуемую температуру поверхности. При включенных лампах следят за показаниями счетчика электроэнергии и часов. Измерение считается законченным, когда определено время Z мин, в течение которого израсходовано 10 Вт энергии. Далее определяют количество тепла, которое теряет $1м^2$ поверхности цилиндра при заданной его температуре и данном сочетании температур воздуха и окружающих поверхностей. Эта потеря тепла соответствует определенной интенсивности мускульной работы.

Шкала радиационно-эффективных температур РЭТ (рис. 7)

На оси абсцисс откладываются значения температуры воздуха $t_в$, по оси ординат – температуры окружающих поверхностей - $t_{окр.пов.}$. Масштаб температур одинаков на обеих осях, следовательно, перпендикуляры к одноименным точкам на осях пересекутся на биссектрисе угла, образованного осями. В этих точках пересечения записаны градусы шкалы **РЭТ**, равные этим температурам. Прямые, идущие вниз и вправо с одной стороны биссектрисы и вверх и влево с другой, представляют собой геометрическое место сочетаний температур воздуха и поверхностей при постоянной **РЭТ**.

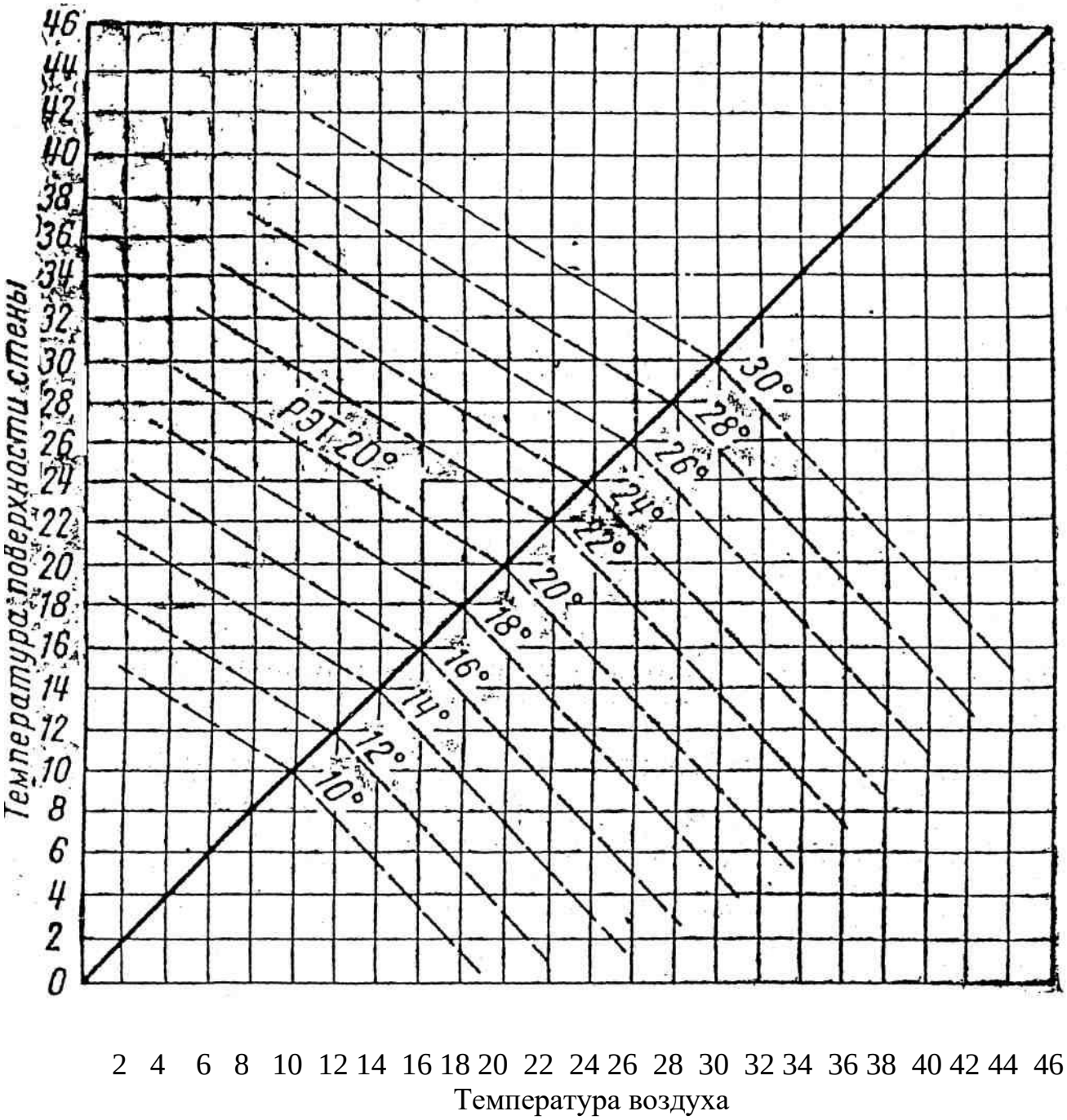


Рис. 7 Шкала радиационно-эффективных температур

Если при данной интенсивности мускульной работы комфортному тепловому ощущению соответствует 16° **РЭТ** это может быть обеспечено $t_{пов.} = 20°C$ при $t_в = 10°C$ или равноценным сочетанием окажется $t_{пов.} = 10°C$ при $t_в = 22°C$. Гигиенисты отдают предпочтение таким сочетаниям, при которых температура поверхности - $t_{пов.}$ в зимнее время выше температуры воздуха - $t_в$.

2. Параметры микроклимата помещения и их нормирование.

2.1. Тепловой баланс и терморегуляция организма человека.

Воздушная среда помещений должна быть чистой с нормальным химическим составом, свободной от пыли и запахов. Чистый воздух надлежащего состава в помещениях является необходимым, но недостаточным условием для создания комфортных условий. **Комфортное теплоощущение соответствует равенству теплоты, выделяемой организмом и отведенной от него** [11]. Теплообмен между организмом и окружающей средой происходит через кожный покров теплопроводностью, конвекцией, испарением и радиацией при наличии разности температур между организмом человека и окружающей его средой. Количество теплоты, передаваемой теплопроводностью одежды и воздушной среды мало, поэтому за явную теплоту принимается конвективный и радиационный теплообмен. Общие тепловые выделения человека в среднем соответствуют:

- конвекцией – 32%,
- радиацией – 46%
- испарением (скрытая теплота) – 22%.

При стабильной температуре поверхности человеческого тела телоощущение остается неизменным, приток и расход тепла в человеческом организме оказываются сбалансированными. Значение наиболее комфортной температуры поверхности тела человека - 33°С, при ее значении ниже 29°С - подавляющее большинство людей ощущает холод, при температуре поверхности тела человека выше 34.5°С –ощущается чрезмерное тепло [7]. Тепловой баланс тела человека можно выразить в виде уравнения:

$$Р+М=И+Т \quad (4)$$

Где Р – радиационный баланс поверхности тела;

М – теплопродуктивность человека (определяется в среднем количеством и калорийностью пищи, установленной в данный момент времени);

И – затраты тепла на испарение;

Т – турбулентный поток тепла от поверхности тела.

Это упрощенное выражение уравнения теплового баланса не учитывает относительно малые численные значения составляющих теплового баланса таких, как

потеря тепла при дыхании. Величина потерь тепла при дыхании приобретает существенное значение только при низких температурах. Тепловой баланс человеческого тела в одежде будет определяться и теплоизолирующим влиянием одежды, тогда его выражение приобретает более сложный вид. При изменении параметров окружающей среды температура поверхности тела человека поддерживается постоянной при помощи **механизма терморегуляции**. В определенном диапазоне значений параметров терморегуляция организма обеспечивает отвод от тела явной или скрытой теплоты в соответствии с состоянием окружающей среды. При снижении температуры наружного воздуха увеличивается теплоотдача, поступившая в организм пища начинает интенсивно сгорать, что компенсирует теплопотери. Одновременно для уменьшения теплоотдачи сокращаются сосуды в кожном покрове, уменьшается частота дыхания и число ударов сердца в минуту, организм начинает экономно расходовать энергию. Повышение температуры наружного воздуха вызывает другие процессы: ускоряется пульс, усиливается поступление крови к кожному покрову, возрастает теплоотдача. Если этого недостаточно - начинается потовыделение, накопившееся в организме тепло удаляется с потом. Теплоотдача организма зависит от общей интенсивности процесса охлаждения: от температуры, влажности наружного воздуха, ветра, радиационного режима, а так же от таких факторов: психологическое состояние человека, эмоциональной нагрузки, действие которых изучено недостаточно [10].

Таким образом, постоянство теплоотдачи при данной интенсивности мускульной работы и переменных метеорологических условиях обеспечивается рефлексом терморегуляции, который автоматически регулирует соотношение между отдельными слагаемыми полной величины теплоотдачи.

2.2. Параметры микроклимата в помещении.

Природа позаботилась о том, чтобы хорошо приспособить человеческий организм к окружающей среде и колебаний ее условий – периодическим, (на протяжении суток, сезонов года) и эпизодическим. Каждый человек обладает определенным «запасом прочности» - способностью безболезненно переносить до определенных пределов изменения температуры, влажности воздуха, атмосферного давления, интенсивности естественного и искусственного облучения, обдувания воздушным потоком (ветром),

газового состава воздуха, которым мы дышим; однако «запас прочности» у разных людей далеко не одинаков: он зависит от пола, возраста, состояния здоровья, тренированности. Именно воздух, его состояние способно влиять на самочувствие людей и на их здоровье. Температура и влажность воздуха определяют условия теплообмена человеческого организма, затрагивающего органы дыхания, работу сердца, процесс кровообращения и состояние кожного покрова. Теплообмен органически связан с процессом обмена веществ, который автоматически регулируется через нервную систему.

Атмосферный воздух представляет собой смесь сухого воздуха и водяного пара [7]. Рассмотрим следующие параметры воздуха:

- температура-t,
- относительная влажность-φ
- подвижность (скорость)-ω.

Температура характеризует степень нагрева воздуха. В технике измерений температуры пользуются термодинамической шкалой температуры К (Кельвина) и международной шкалой температурой ℃ (Цельсия). Соотношение между шкалами следующее Т К = t ℃+ 273.16. Температура воздуха, измеренная обычным термометром, называется температура воздуха по сухому термометру.

Атмосферный воздух в естественных условиях всегда является влажным воздухом, называемым ненасыщенным, если водяные пары в нем находятся в перегретом состоянии. К основным параметрам, характеризующим водяной пар, находящимся в воздухе, относятся: **влагосодержание**, **относительная влажность**,

где влагосодержание (d) – количество водяного пара, находящегося во влажном воздухе в кг (или гр), находящегося в 1кг сухого воздуха,

относительная влажность (φ) – это отношение парциального давления паров, находящегося в ненасыщенном воздухе к их парциальному давлению в насыщенном воздухе при той же температуре, выраженное в процентах.

Кроме того, для характеристики влажного воздуха пользуются понятиями **температуры точки росы** и **температура мокрого термометра.**

Температурой точки росы (t_p) называют температуру, при которой охлажденный ненасыщенный воздух становится насыщенным при неизменном влагосодержании.

Дальнейшее понижение температуры воздуха приводит к конденсации паров, то есть к образованию тумана.

Температура мокрого термометра ($t_м$) – это температура насыщенного воздуха у поверхности воды в процессе ее испарения, причем увлажнение воздуха водой происходит при неизменном его теплосодержании.

2.3. Требования к комфортности тепловой обстановки в помещении при проектировании [4].

В жилых, общественных и промышленных зданиях требуется поддерживать необходимые для людей и производственных процессов метеорологические условия – определенный **микроклимат**. Для круглогодичного обеспечения необходимых условий в помещениях защиты ограждений от воздействия наружного климата недостаточно. Эти условия могут быть созданы искусственно - работой систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

Основное требование к микроклимату – поддержание условий, благоприятных для находящихся в помещении людей.

Напряжение системы терморегуляции сказывается на самочувствии и работоспособности человека. Интенсивность теплоотдачи человека зависит от тепловой обстановки в помещении. Она характеризуется:

- температурой воздуха
- радиационными условиями: радиационной температурой t_R и допустимой температурой поверхности $\tau_п$
- размерами и расположением нагретых и охлажденных поверхностей,
- подвижностью воздуха
- относительной влажностью.

Комфортными считаются такие сочетания показателей микроклимата, при которых сохраняется тепловое равновесие в организме человека и отсутствует напряжение в его системе терморегуляции. Они могут быть оптимальными и допустимыми.

Допустимыми являются такие метеорологические условия, при которых возникает некоторая напряженность процесса терморегуляции и имеет место небольшая (допустимая) дискомфортность для человека в тепловой обстановке помещения.

Оптимальные метеорологические условия характеризуются наиболее благоприятными сочетаниями показателей микроклимата.

Деятельность человека обычно связана с частью объема помещения, которая называется **рабочая (обслуживаемая) зона**. Требуемые показатели микроклимата должны быть обеспечены работой системы отопления, вентиляции и теплозащитой ограждений именно в этой зоне. Ощущение температурного комфорта зависит от температуры окружающего воздуха и температуры поверхностей, обращенных в помещение. Опытами установлено, что для приблизительного соблюдения условий температурного комфорта понижению температуры воздуха должно соответствовать определенное повышение температуры поверхностей. Учитывая наличие такой связи, удобно характеризовать условия в помещении **«температурой помещения»,** понимая под ней такую одинаковую температуру воздуха и поверхностей, при которых теплоотдача человеком будет такая же, как и при заданных неравных температурах воздуха и поверхностей. Для помещений с небольшой подвижностью воздуха, его влажностью и малой относительной площадью нагретых и охлажденных поверхностей температуру воздуха в помещении ($t_п$) принимают приблизительно равной среднеарифметическому значению температуры воздуха и радиационной температуры поверхностей $t_п \cong \frac{t_в + t_R}{2}$

Температурную обстановку в помещении можно определить двумя условиями комфортности:

Первое условие температурной обстановки устанавливает зону сочетаний $t_в$ и t_R, при которых человек, находясь в середине помещения рабочей зоны не испытывает чувства перегревания или переохлаждения. Для холодного периода года первое условие записывается:

$$t_R = 1.57t_п - 0.57t_в \pm 1.5 \qquad (5)$$

$t_п$– нормируемое значение, соответствующее комфортным условиям при разной интенсивности мускульной работы.

Для спокойного состояния $t_п \cong 23°C$

для легкой работы $t_п \cong 21°C$

средней тяжести $t_п \cong 18.5°C$

тяжелая работа $t_п \cong 16°C$

Это уравнение определяет осредненную температурную обстановку в помещении. С его помощью определяют, какая должна быть температура воздуха, если известны t_R и назначение помещения. Заметная разница между $t_в$ и t_R возникает:

- при наличии в помещении лучистого и конвективного теплообмена,
- при сильно развитых холодных поверхностях наружных ограждений в помещении (2 или более наружные стены).

В остальных случаях можно считать $t_п \approx t_в$. Кроме общего теплового баланса на тепловое самочувствие в значительной степени влияют условия, в которых находятся отдельные части тела. Существенно сказываются на ощущении комфортности обстановки тепловые условия, в которых находятся голова и ноги человека. Голова человека чувствительнее к радиационному перегреву и переохлаждению, а для ног важны температуры поверхности пола, с которыми они непосредственно соприкасаются и наличие холодных токов воздуха вдоль пола.

Второе условие комфортности температурной обстановки определяет допустимые температуры нагретых и охлажденных поверхностей при нахождении человека на границах обслуживаемой зоны, то есть в непосредственной близости от этих поверхностей. Для предупреждения радиационного перегревания или переохлаждения человека поверхности потолка и стен могут быть нагреты до допустимой температуры

$$\tau_{нагр.}^{доп.} \leq 19.2 + \frac{8.7}{\varphi} \quad (6)$$

или охлаждены до температуры

$$\tau_{охл.}^{доп.} \geq 23 - \frac{5}{\varphi} \quad (7)$$

$$\varphi = 1 - 0.8\frac{y}{\ell} \quad (8)$$

где φ – коэффициент облученности с поверхности головы в сторону поверхности;

y – расстояние от головы человека до поверхности,

ℓ - усредненный размер поверхности

Допустимая температура нагретого пола принимается в зависимости от назначения и особенностей режима работы помещения. Температура холодного пола зимой может быть ниже температуры воздуха на 2÷2.5°С.

2.4. Понятие воздушного комфорта.

Зона воздушного комфорта – диапазон значений температуры и влажности воздуха, при которой человек в среднем чувствует себя хорошо [7]. В нормально вентилируемых помещениях зона комфорта сохраняется при следующих соотношениях температур и влажности [9]:

t, °С	20	25	30	35
φ, %	85	60	44	33

Какую максимальную температуру наружного воздуха способен выдержать человек? В течение очень короткого времени человек может находиться в сухом воздухе при очень высокой температуре. Предельная температура, которую может перенести человек 160°С (это доказано английскими физиками путем эксперимента), при температуре 104°С человек может терпеть 26 мин, 93°С – 33 мин, 82°С – 49мин, 71°С – 1час – установлено это в ходе экспериментов со здоровыми людьми – добровольцами.

Какую минимальную температуру способен выдержать человек? Это зависит от состояния здоровья и одежды, но главное – от скорости ветра. В Якутии люди часами находятся на морозе при температуре ниже -50°С, но при этом соответствующе одеты, а в условиях центральной части сибирского антициклона обычно наблюдается безветрие. В Антарктике зимовщики континентальных станций длительное время находятся на воздухе, где сильные морозы нередко сопровождаются сильными ветрами. Открытые участки кожи начинают замерзать при ветровом индексе охлаждения превышающем 1400. Персонал станции пользуется специальной одеждой, в том числе электрообогреваемой, имеющей меньший вес, чем обычная теплая одежда, менее громоздкая, менее стесняющая движение. Температура, которую может выдержать человек в этой одежде - $t_{min} = -88°С$ [10]

Современные нормы жилищного строительства, учитывающие сохранение зоны комфорта, предусматривают не менее 10-12 $м^3$ жилого помещения на человека и скорость обмена воздуха – 250 л/мин. Такая интенсивность вентиляции необходима, чтобы предотвратить накопление углекислого газа, присутствие которого в помещении в значительном количестве может нарушить ощущение комфорта даже при оптимальном режиме сочетания температуры и относительной влажности.

При расчете необходимого воздухообмена в помещении по газовыделениям количество углекислоты, выделяемой 1 человеком принимают равным:

Взрослые люди при выполнении работы:	Расход CO_2	
	объемный, л/час	массовый, г/час
умственной	23	45
физической: легкой	30	60
тяжелой	45	90
Дети до 12 лет	12	24

Содержание газов, пыли, паров в воздухе помещений не должно превышать предельно допустимых концентраций **(ПДК) – такое количество тех или иных вредных выделений в воздухе помещения, которые не вызывают неблагоприятного воздействия на организм человека.**

ПДК CO_2, л/$м^3$ в воздухе помещений	объемный,	%:
При постоянном пребывании людей (жилые комнаты)	1л/$м^3$	0.1
При периодическом пребывании людей (учреждения)	1.25л/$м^3$	0.125
При кратковременном пребывании (кинотеатры)	2л/$м^3$	0.2
Детские учреждения, больницы	0.7л/$м^3$	0.07

Углекислота сама по себе не является вредной, но концентрация ее в воздухе свыше 2л/$м^3$ служит указанием о наличии недопустимого загрязнения воздуха сопутствующими ей газами, являющимися продуктом распада белковых веществ. Содержание CO_2 в наружном воздухе больших городов приблизительно 0.5 л/$м^3$, небольших – 0.4 л/$м^3$.

В настоящее время полагают, что важное значение имеет ионный состав воздуха. **Ионизация воздуха** – процесс расщепления газовых молекул и атомов под влиянием

ионизаторов на электроны и остатки, заряженные равным количеством положительного электричества. В качестве ионизаторов могут служить космические лучи, электрические разряды радиоактивные элементы в почве, пыли и в воде. Свободный электрон, присоединяясь к одному из нейтральных атомов или молекул, сообщает им отрицательный заряд, оставшаяся же часть молекулы сохраняет положительный заряд. Таким образом, появляется пара противоположно заряженных первичных легких атмосферных ионов. Несмотря на непрерывное действие ионизаторов, число легких ионов не увеличивается беспредельно, так как одновременно происходит потеря их вследствие восстановления разноименных ионов и адсорбции на различных поверхностях (дыхательных путях, поверхностях тела). Оседая на механических частицах, взвешенных в воздухе, легкие ионы превращаются в тяжелые. Экспериментальные исследования гигиенистов показали, что благоприятное влияние на организм оказывает в основном отрицательные ионы (преимущественно ионы кислорода). Чрезвычайно высокая концентрация положительных ионов, наблюдающаяся на производстве способна оказывать неблагоприятное действие.

Исходя из этого, имеется мнение о целесообразности искусственной ионизации воздуха в ряде общественных зданий, лечебных заведений (сеансы ингаляций отрицательных ионов), при этом ионизация рассматривается как фактор, ведущий к повышению сопротивляемости организма, работоспособности, выносливости физической работы.

2.5. Нормирование параметров микроклимата.

Выбор параметров метеорологического состояния воздуха жилых помещений подчинен только задаче создания комфортного теплового ощущения людей. При этом имеется в виду состояние людей спокойное или совершающих слабую мускульную работу [11]. Так как характер одежды определяется временем года, то параметры состояния воздуха в помещении выбирают также в зависимости от сезона. Летом одежда в большой степени соответствует наружной температуре, чем зимой, поэтому необходимо учитывать зависимость между температурой помещения и наружной температурой воздуха в теплый период года. Эта зависимость в пределах изменения относительной влажности воздуха $\varphi = 35 \div 70$ % приведена ниже:

$t_{нар}$, °C	10	20	25	30	35
$t_{вн}$, °C	20	21	22	25	27

Для холодного периода года температура воздуха в помещении может находиться в пределах 19-21°C в пределах значений относительной влажности воздуха φ = 40÷70 %. Средняя радиационная температура поверхностей ограждений не должна отличаться от температуры воздуха более чем $\pm 2 \div 4°C$, при подвижности воздуха 0.15 м/с.

В обычных условиях газовый состав воздуха жилых помещений сравнительно постоянен и отвечает следующим данным [7]:

Азот	N_2	78.11
Кислород	O_2	20.93
Аргон	Ar	0.93
Угл. газ	CO_2	0.029
Водород	H_2	0.00005
Гелий	He	0.0005
Неон	Ne	0.0015
Озон	O_3	следы
Криптон	Kr	0.0001
Ксенон	Xe	0.000005

Выдыхаемый человеком воздух насыщен водяным паром и характеризуется повышенным содержанием CO_2 - 5% по объему. При содержании в воздухе 2.25% CO_2 по объему человек непроизвольно вдыхает большой объем воздуха, кроме того, ускоряется наступление усталости. Подобные явления обусловлены не только повышенным содержанием CO_2, но и тем, что увеличение содержания CO_2 происходит параллельное убывании в воздухе кислорода O_2. Наступление усталости и депрессии ускоряется, если увеличение содержания CO_2 сочетается с повышением температуры и относительной влажности воздуха. В воздухе помещения может содержаться некоторое количество посторонних или токсичных газов, что может объяснить недостаточное санитарное состояние кожи, белья, одежды, газовыделения (духи, дезодоранты). Нормировать содержание в воздухе жилых и общественных помещений посторонних газов практически невозможно, поэтому в качестве критерия принимают количество CO_2. В помещениях без систем кондиционирования и вентиляции наблюдается непрерывного накопления CO_2 и других газов. В воздухе постоянно находится пыль. Воздух крупных

населенных и промышленных пунктов запылен особенно сильно. Среднее содержание пыли в воздухе следующее:

Предместья $0.4 \div 0.8 м^2/м^3$

Крупные города $0.8 \div 1.6 м^2/м^3$

Индустриальные города $1.6 \div 3.0 м^2/м^3$

Пыль содержится даже в воздухе, который практически считается чистым. В атмосферном воздухе, после дождя находится в 1л до 100 частиц пыли, а в воздухе городов 160-200 тыс. Пыль, содержащаяся в атмосферном воздухе, поглощает наиболее ценную часть солнечных лучей – ультрафиолетовые лучи. Размеры частиц пыли и их происхождение разнообразны. Движение частиц пыли в воздухе зависит от их размеров. По форме эти частицы условно считают сферическими, поэтому их размеры определяют условным диаметром в микронах (мкн).

Частицы диаметром более 10 мкн опадают в неподвижном воздухе с ускорением,

Частицы диаметром от $10 \div 0.1$ мнк опадают с постоянной скоростью,

Частицы диаметром менее 0,1 мкн не осаждаются.

Частицы пыли находятся в постоянном беспорядочном (броуновском) движении, обусловленным столкновением их с молекулами воздуха. В виду молекулярно-кинетического происхождения броуновского движения частицы пыли распространяются в воздухе путем диффузии. Количество пыли, выделяемое в воздух помещений практически определить нельзя. Кроме того, невозможно установить, сколько пыли останется в воздухе во взвешенном состоянии, а какая ее часть осаждается. Поэтому, приводимые ниже нормы ПДК нетоксичной пыли в воздухе помещений не могут быть использованы для определения количества чистого воздуха, необходимого для обеспечения нормированного содержания пыли. Эти нормы используют для контроля фактического содержания пыли в воздухе.

Для нетоксичной пыли, содержащей

частицы кварца или асбестовой пыли ПДК – 2 мг/$м^3$,

для остальных видов пыли ПДК – 10 мг/$м^3$.

Санитарные нормы не допускают проникновения в воздух пыли, обладающей токсичными свойствами.

2.6. Технологические требования к параметрам микроклимата.

Метеорологическое состояние воздуха некоторых общественных и промышленных помещений должны удовлетворять не только требованиям комфорта, но и специальным условиям [1]. Условия в библиотеках и книгохранилищах должны обеспечивать долговечность сохранения книг. Кроме того, содержание в воздухе посторонних газов (следы сернистого ангидрида) вызывает обесцвечивание чернил, пожелтение и хрупкость бумаги.

Библиотеке, книгохранилище φ = 40÷60 % при $t_з = 18°C$, $t_л = 28°C$.

Для читальных залов φ = 0.4, $t_з = 18°C$, $t_л = 24°C$.

Помещения консервации рукописей (архивы) φ = 45÷50 %, $t_з = 20°C$, $t_л = 25°C$.

Если помещение предназначено для непродолжительного пребывания, то различие в параметрах состояния наружного и внутреннего воздуха не должно быть резким. Это требование обусловлено тем, что при переходе в воздушную среду с резко отличными параметрами человек претерпевает явления, так называемого шока – неприятные тепловые ощущения, вызываемые резким изменением температуры. В дальнейшем наступает период акклиматизации, в течение которого терморегуляция приводит теплоотдачу организма в соответствие с новыми условиями [2].

Зона комфортного микроклимата в теплый период года определена в пределах 22.6÷25.7°C,

в холодный период года – 15.9÷20.3°C.

Максимальная разность температуры приточного воздуха и температуры в помещении принимается равной 7÷15°C.

Допускается использование до 30% воздуха помещений для рециркуляции, если он не содержит вредных примесей.

Санитарными правилами установлены нормы минимального количества наружного воздуха:

для в служебных помещениях и жилых помещениях – 33$м^3$/чел*час,

для общественных помещениях – 20$м^3$/чел*час.

Допустимая концентрация CO_2 в помещениях не должна превышать 0.1÷0.15% по объему.

В производственных помещениях выбор параметров состояния воздуха производится не соображениями комфорта, а требованием технологического процесса. Например, в некоторых пищевых продуктах могут самопроизвольно возникать ферментативные биохимические процессы, в результате которых качество продуктов

снижается. Целесообразно подобранные параметры состояния воздуха производственных помещений могут предупредить, либо существенно затормозить развитее этих процессов, осуществляющихся только при определенных метеорологических условиях.

Оценка взрывопожароопасности различных объектов (помещений, зданий) заключается в определении возможных разрушительных последствий пожаров и взрывов на этих объектах, а также опасных факторов этих явлений на людей. В связи с этим вводится несколько категорий производственных помещений [3]

Табл. 3

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А (взрывопожароопасная)	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28^{0}С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчётное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
Б (взрывопожароопасная)	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28^{0}С, горючие жидкости в таком количестве ,что могут образовать взрывоопасные пыле- или паровоздушные смеси ,при воспалении которых развивается расчётное избыточное давление взрыва в помещении, превышающие 5 кПа.
В (пожароопасная)	Легковоспламеняющиеся, горючие и трудногорючие жидкости, твёрдые горючие и трудногорючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздухаили друг с другом только гореть, при условии что помещения, в которых они имеются в наличии или или обращаются, не относятся к категориям А и Б.
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскалённом или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются и утилизируются в качестве топлива.
Д (не пожароопасная)	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Тема №3. Параметры наружного климата и их нормирование.

3.1 Понятие о метеорологии и климатологии.

Климат-это среднее состояние метеорологических условий, установленное на основании многолетних наблюдений и характерное для данной местности [8]. Для более полного суждения о климате учитывают крайние значения таких метеорологических факторов как температура, влажность воздуха, направление и сила ветра, напряжение солнечной радиации, атмосферное давление, облачность, количество атмосферных осадков. **Цель метеорологии и метеорологических наблюдений** состоит в познании и их измерении явлений погоды: образования облаков, циркуляции атмосферы, ветра, циклонов, грозы, торнадо; прогнозе будущей погоды по данным о предшествовавших явлениях. Для этого обнаруживают и картографируют различные атмосферные наблюдения. Самым широко известным видом обобщения исходных метеорологических данных является ежедневная синоптическая карта. Она содержит данные о погоде, полученные с большого числа метеорологических станций. Сбор данных для синоптических карт производится в закодированном виде несколько раз в день в соответствующих центрах [10].

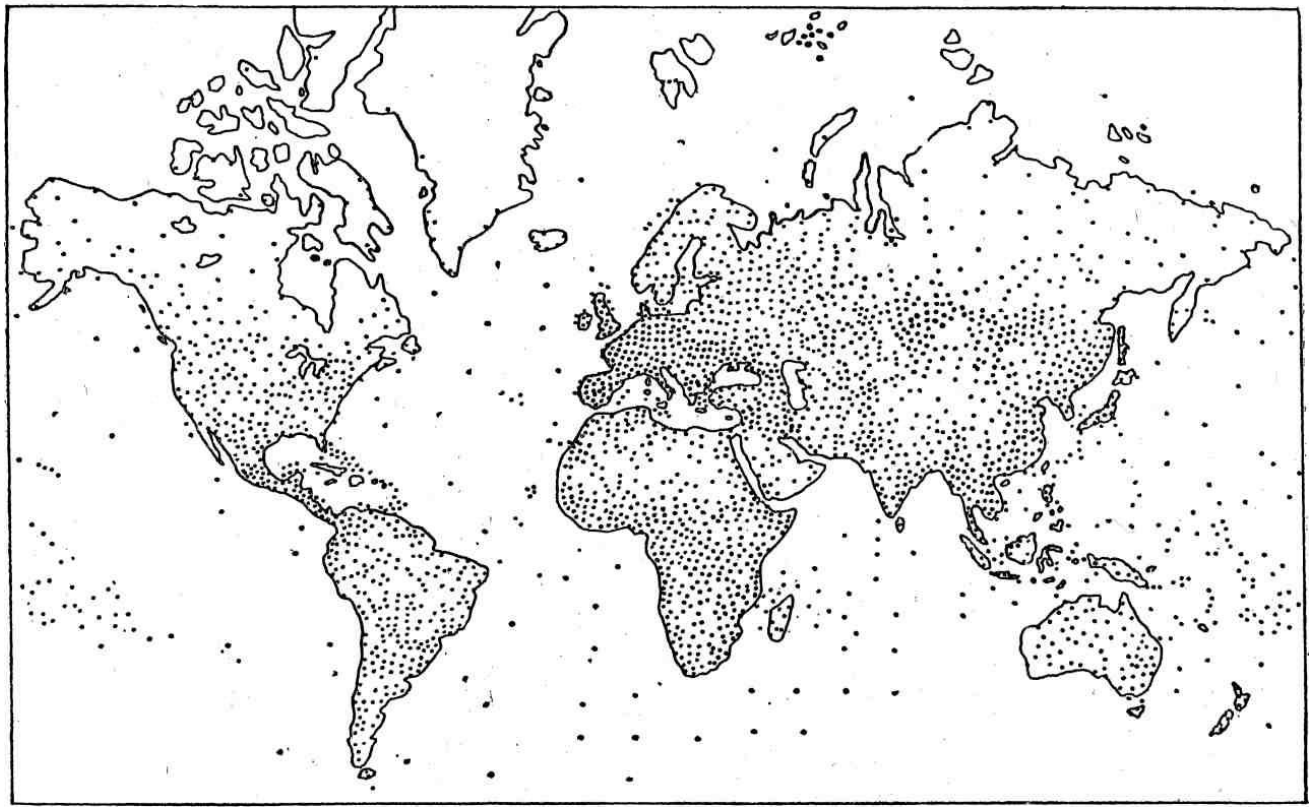


Рис. 8 Глобальная сеть метеорологических станций. Акватории океанов и полярные области имеют очень редкую сеть станций

Различные процессы обмена энергией, происходящие на земной поверхности и возле неё, изменяют давление, что свидетельствует о предстоящем изменении погоды. Атмосферное давление является следствием веса воздуха, находящегося над земной поверхностью и подвергающегося действию силы тяжести. Сведения о перемещении воздуха лежат в основе любых метеорологических прогнозов. Когда воздух перемещается из одной местности в другую, он несёт с собой целый комплекс свойств, приобретенных им в очаге формирования. Этот комплекс определяет погоду того района, куда поступает воздух. Количество содержащегося тепла в воздухе, выражаемое температурой, поддается измерению и является важной характеристикой его свойств.

Задачи всемирной службы погоды (ВСП) [6].

- метеорологические наблюдения явлений погоды;
- составление и публикация ежедневных, недельных и долгосрочных прогнозов погоды;
- составление сведений для заинтересованных организаций всего мира (космос, военные) из различного вида метеорологических данных;
- подготовка и распространение предупреждений о наводнениях, торнадо, циклонах и других опасных явлений природы;
- исследования мировой погоды;
- разработка и совершенствование методов наблюдений за погодными явлениями.

Климатология и метеорология тесно связаны между собой: они изучают один и тот же объект – земную атмосферу – применяя при этом близкие методы исследования. Однако основное внимание метеорологи обращают на состояние атмосферы в отдельный момент, климатологи - изучают средние значения метеорологических величин и их изменчивость. Одна из задач климатологии состоит в том, чтобы с помощью данных о суточном ходе метеорологических величин получить общую картину для всех этих величин и выявить диапазон их колебаний в обширных областях земного шара. Климатологи сравнивают метеорологический режим разных областей Земли, используя различные градации и таблицы значений этих величин. На основании сведений об изменении климата, полученных в результате интенсивного изучения факторов, которые влияли на климат в последние десятилетия

составляются карты климатических прогнозов, выявляются причины кратковременных и длительных колебаний климата.

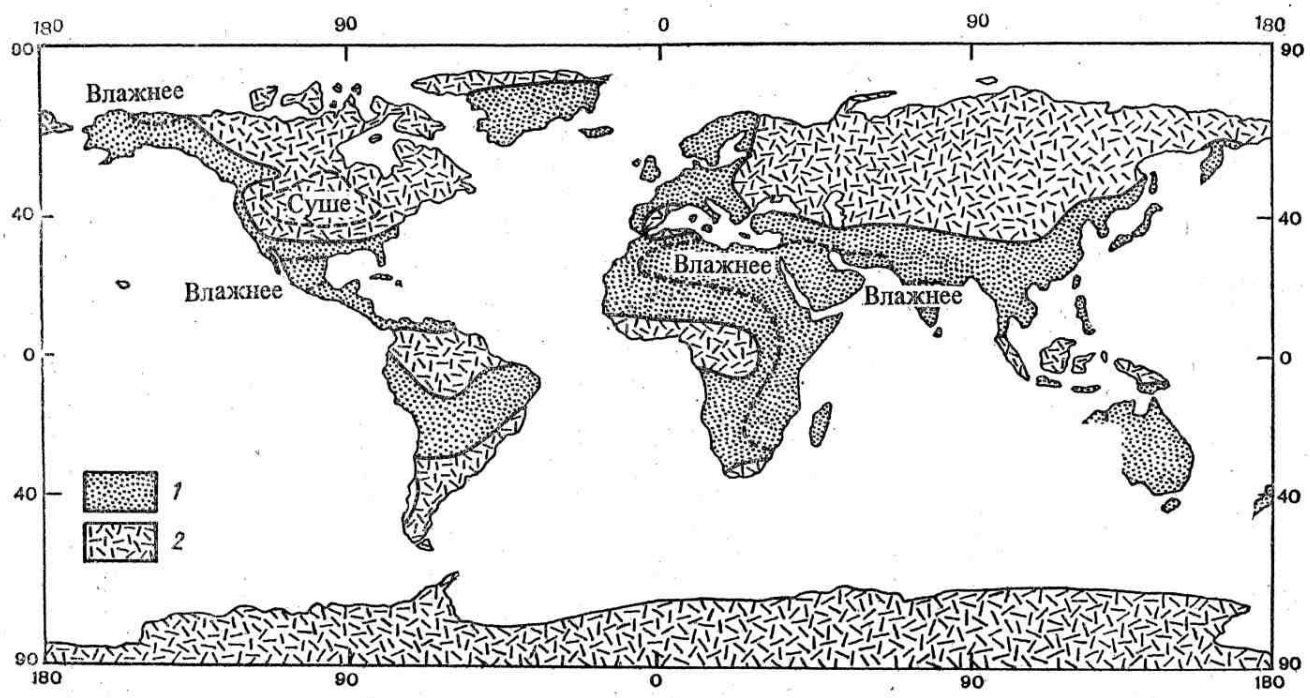


Рис 9 Сценарий возможного изменения увлажнения на «разогревающейся Земле», основанный на реконструкции климата прошлого и на моделировании климата.
Районы, где тенденция изменения увлажненности, полученная обоими методами, совпала, обведены пунктиром и помечены надписями, *1* — влажнее, чем сейчас, *2* — суше, чем сейчас.

3.2. Закономерности суточного и годового изменения параметров наружного воздуха.

Для анализа климата отдельной местности или обширного района климатологу нужна различная информация о ходе метеорологических величин, используют многолетние суточные, месячные, годовые значения величин (норм), амплитуды суточного и годового хода этих величин [6]. Изучается влияние осадков, широты места, соотношения площадей и расположение континентов и океанов, рельефа и других факторов на климат и его колебания. Выявляются причины кратковременных и длительных колебаний климата. Средние значения и амплитуду изменения температуры воздуха вычисляют за каждый год и сопоставляют, чтобы выяснить, как они изменяются в те или иные периоды или отклоняются от обычных значений. Кроме того, находят минимум и максимум температуры каждый год. Также находят минимум и максимум количества осадков. Определяют число дней с температурой выше и ниже

некоторых заданных значений (выше 37,8, ниже 0). Среднегодовые значения метеорологических величин сопоставляют. Находят среднегодовую относительную влажность, количество осадков за год и отдельно за сезон, число дней в году со снегом, дождем, градом. Определяют повторяемость штормов, шквал. Климатические соотношения находят путём исследования перемещений воздушных масс, направления и повторяемости этих перемещений. Отмечают даты особых явлений: первого мороза, снегопада. Для каждого района подсчитывают число облачных дней и долю фактической продолжительности солнечного сияния от возможной за год; выявляют преобладающее направление ветра за каждый месяц, дату самого сильного ветра, и другие явления, которые могут быть типичными. Вычислив амплитуду суточного хода температур, составляется общая крупномасштабная характеристика данного района. Суточные максимум и минимум температуры разных районов сравнивают между собой. По записям и карте особых метеорологических явлений находят их повторяемость. Отмечают наибольшую интенсивность разных штормов, максимум и минимум температуры, давлений при этих штормах. Записывают время выпадения осадков и их количество, периоды выпадения самых сильных осадков, виды осадков.

Ежедневные данные о погоде состоят из сведений о форме облаков, высоте их нижней границы, о дальности видимости, о сырости и направлении ветра в определённое время суток о продолжительности всех отмечаемых явлений [10]. Находят средние перемещения воздуха за каждый час и соответствующие изменения давления.

Тема №4. Тепловая мощность систем отопления охлаждения.

4.1. Уравнение теплового баланса.

Состав и состояние воздуха помещения изменяются в результате выделения газов, водяного пара и тепла. Назовем эти виды выделений – **«возмущающими агентами» (ВА). (ВА)** характеризуются абсолютной величиной и знаком [7]. Присвоим знак плюс «+» **(ВА)**, если источник сообщает некоторое количество тепла, и знак минус «-» если источник отнимает **(ВА)** от воздуха. Строительные ограждения помещения негерметичны, они имеют поры щели, кроме того, теплопроницаемы. Вследствие этого параллельно выделению **(ВА)** внутренними источниками происходит его

перемещение через строительные конструкции в помещение или наружу. Если бы все выделения **(ВА)** не изменялись во времени по величине и направлению, то состав и состояние воздуха помещения достигли бы некоторого состояния равновесного уровня. В действительности все выделения **(ВА)** непрерывно изменяются по величине и знаку; одно равновесное состояние сменяется другим. Подобное равновесие является динамическим. Если обозначить сумму всех выделений возмущающих агентов с учётом знака $\sum A$, то условие динамического равновесия можно записать $\sum A = 0$. Каждому конкретному сочетанию слагаемых величины $\sum A$ соответствуют определённые значения параметров состава и состояния воздуха помещения, на основе которых устанавливается динамическое равновесие. Эти параметры так же переменны, как и величины $\sum A$. Кондиционирование воздуха и системы вентиляции обеспечивают состав и состояние воздуха помещения неизменными. Эта задача может быть решена при условии, что параллельно самопроизвольному выделению **(ВА).** Системы кондиционирования воздуха и вентиляции сообщают воздуху помещения тождественный регулирующий агент **(РА),** равный по величине **(ВА),** но обратный по знаку. Непрерывное изменение **(ВА)** по величине и знаку компенсируется соответственным изменением (РА). Постоянство состава и состояния воздуха, достигаемое при непрерывно изменяющихся **(ВА)** и **(РА)**, называется **динамическим равновесием.**

$$\sum A + K = 0 \qquad (9)$$

$\sum A$ – мгновенное значение суммы **(ВА)**,

K– мгновенное значение суммы **(РА).**

В отличие от самопроизвольного, динамическое равновесие устанавливается на основе конкретных и постоянных значений параметров состава и состояния воздуха помещений. Оно обеспечивается работой системы кондиционирования воздуха и вентиляции, управляемой аппаратом автоматического регулирования. Очевидно, что производительность этих систем должна соответствовать величине $\sum A$.

Выделения возмущающих агентов.

Газовыделения. Способ расчета количества выделяющихся в помещении газов зависит от причин, их вызывающих:

- утечки технологических газов через неплотности соединений
- выделение углекислого газа в процессе дыхания человека
- выделение углекислого газа в помещениях, где находится скот

Для предупреждения вредного воздействия выделяющихся газов на людей, необходимо вводить в помещение воздух. Количества потребления определяется в зависимости от величины газовыделений, удельного веса и влагосодержания воздуха. Испарение воды в воздух помещений происходит на основании теплового беспорядочного движения молекулярных частиц жидкости. Организм человека выделяет водяной пар в процессе дыхания, с поверхности кожи. Количество пара не постоянно и зависит от ряда обстоятельств: интенсивности мускульной работы, температуры, относительной влажности воздуха. Вода, содержащаяся в пищевых продуктах, выделяется в процессе усушки, т. е. потери продуктом влаги в процессе хранения. Процент усушки различных продуктов указан в справочной литературе.

Под влиянием разности температур t и действия ветра, наружный воздух проникает в помещение через поры и щели в ограждающих конструкциях. Это явление называется инфильтрацией. Поскольку влагосодержание наружного и внутреннего воздуха могут отличаться, то в результате инфильтрации содержание влаги в воздухе изменяется по сравнению с заданным [5], [2].

Определение количества воздуха, проникающего через щели путём инфильтрации

$$V = v_n * l \text{ , } \frac{м^3}{ч} \qquad (10)$$

Весовое количество сухого воздуха проникающего в помещение

$$L = \frac{V + \Upsilon_н}{1 + d_н} \qquad (11)$$

Количество водяного пара, вносимого инфильтрацией

$$\rho_{в=} L * (d_н - d_в) \text{ , кг/час} \quad (12)$$

Где: $\Upsilon_н$, - удельный вес наружного воздуха

$d_н$ влагосодержание наружного воздуха

$d_В$ влагосодержание внутреннего воздуха

Выделения ощутимого тепла обусловлено возникновением разности температур воздуха помещения и различных поверхностей, соприкасающихся с ним.

- Количество ощутимого тепла, отдаваемого организмом путём конвекции и излучения, зависит от интенсивности мускульной работы и метеорологических условий. Данные о составляющих полной теплоотдачи человека занесены в справочную литературу.
- Тепло солнечной радиации проникает в помещение в результате пропускания солнечных лучей остеклёнными поверхностями и поглощения их наружными неостекленными поверхностями.

Способ определения количества ощутимого тепла инфильтрацией:

$$Q = 0.28 * L * \rho * c * (t_{в} - t_{н}) * К' \quad (13)$$

Механическая работа и электроэнергия могут полностью или частично превратится в ощутимое тепло, влияющее на температурный режим помещения. Если, например, работают электродвигатели, то исходной величиной служит полезная мощность $N_{кВт}$ на валу электродвигателя. Однако для компенсации потерь энергии в самом двигателе необходимо подвести к нему несколько большую мощность. Эта дополнительная мощность оценивается КПД двигателя в пределах 0,9 ÷ 0,97. Не все рабочие машины, потребляющие энергию, работают одновременно, и фактически израсходованная работа не во всех случаях полностью превращается в ощутимое тепло. Для этого вводят поправочные коэффициенты: одновременности - η_0 и превращение энергии в тепло $\eta_{пр}$. Численные значения коэффициентов различны для каждого вида производства. Между помещением и окружающим пространством происходит постоянный теплообмен. В зависимости от направления теплового потока его называют теплопотерями или теплопритоком. Рассматриваемый тепловой поток менее постоянен, чем другие, т. к. объясняется непрерывным колебанием наружной температуры.

Избытки тепла в помещении (тепловой баланс) образуется в результате несоответствия теплопоступлений теплопотерь и может быть записан следующим образом:

-- для теплового периода года; когда $t_{нар} > 10^0C$

$$Q_{изб}^{летн} = \sum Q + Q_{рад} - Q_{пот}^{летн}, \text{ кДж/ч (Вт)} \quad (14)$$

-- для холодного периода и переходного, когда $t_{нар} < 10^0C$

$$Q_{изб}^{зимн} = \sum Q - Q_{пот}^{зимн}, \text{ кДж/ч (Вт)} \quad (15)$$

$\sum Q$ - суммарные тепловыделения (теплопоступления) в помещении от всех источников, (от оборудования, освещения, нагретых поверхностей, продуктов сгорания, людей).

$Q_{рад}$ – тепло, поступающее от солнечной радиации.

$Q_{пот}$ - теплопотери в помещении (для лета: на испарение влаги, на нагрев поступивших материалов; для зимы: теплопотери через ограждения, потери тепла на нагревание, инфильтрации воздуха).

Воздухообмен по избыткам явного тепла [3]**:**

$$L = \frac{Q_{изб}}{C*\rho*(t_{ух}-t_{пр})}, \text{ м}^3\text{/ч} \quad (16)$$

$$G = \frac{3{,}6*Q_{изб}}{C*(t_{ух}-t_{пр})}, \text{ кг/ч} \quad (17)$$

С – теплоёмкость воздуха (4,2 кДж/кг*К, 1,005ккал/кг*^{0}С, 1,2кг/м^3)

р – плотность воздуха,

$t_{пр} - t$ температура приточного воздуха,

$t_{ух} = t_в + grad\, t * (H - h)$ grad t 0,8÷1,5 $q_я$=23,2Вт/м^3

0,3÷1,2 $q_я$=11,6÷23,2 Вт/м^3

0,0÷0,5 $q_я$=11,6 Вт/м^3

Н – высота здания,

h – высота рабочей зоны,

$t_{пр} = t_в - \Delta t_{доп}$

$\Delta t_{доп} = 2$ (подаче в рабочую зону)

$\Delta t_{доп} = 4 \div 6$ (на высоту 1,5 м и выше от пола)

$\Delta t_{доп} = 6 \div 8$ (на высоту 4 м от пола)

Воздухообмен по избыточной влаге

$$G' = \frac{1000W}{d_2 - d_1}; \text{ кг/ч} \quad (18)$$

d_2, d_1 - влагосодержание конечное и начальное.

Воздухообмен по газовыделениям (паров, газов)

$$L = \frac{z}{z_2 - z_1}, \text{ м}^3/\text{ч} \qquad (19)$$

z – количество газа, выделяющегося в помещении, $\text{м}^3/\text{ч}$

z_2 – концентрация данного газа в удаляемом воздухе (для удаления из рабочей зоны z_2=ПДК)

z_1 - концентрация данного газа в приточном воздухе (z_1= до 0,3 ПДК)

При наличии всех перечисленных возмущающих агентов (**ВА)** для данного помещения для подбора оборудования системы вентиляции и кондиционирования выбирают максимальные значения воздухообмена. Для ряда помещений, где выделения вредных веществ невелики или не поддаются расчетам, воздухообмен определяют по кратностям. **Кратность воздухообмена К(n) – это объём вентиляционного воздуха, подаваемого или удаляемого из помещения, к внутреннему объёму помещения.**

$$\text{К}(n) = \pm\frac{L}{V} \qquad (20)$$

Под знаком «+» подразумевается подача воздуха в помещение, «-» удаления его из помещения. Величина кратности воздухообмена для помещений различного назначения приведена в справочной литературе.

4.2. Аэродинамика здания.

При исследовании воздействия ветра (турбулентного потока воздуха) на здания и сооружения предметом изучения является распределение давления ветра. Знание этого давления дает возможность строителям рассчитать ветровую нагрузку на здание, специалистам по вентиляции – воздухообмен через открытые проемы и неплотности в ограждениях [5]. Такие процессы исследуются самолетостроителями, транспортниками, судостроителями. Исследования ведутся в основном экспериментальными методами с привлечением теории подобия. При обтекании здания потоком воздуха около него образуется застойная зона. Определение размеров этой зоны, условий циркуляции в ней воздушных потоков, условии проветривания зоны является целью исследования аэродинамики здания.

Рассмотрим схему обтекания потоком воздуха отдельно стоящего здания. Вследствие действия статического и гравитационного давления столба воздуха под

действием ветра на ветреных поверхностях здания возникает избыточное давление, а на заветренных поверхностях – разряжение. При набегании на здание потока воздуха его нижние слои затормаживаются, кинетическая энергия потока переходит в потенциальную, статическое давление по мере приближения к зданию увеличивается. Давление достигает максимальное значение на наветренной поверхности здания.

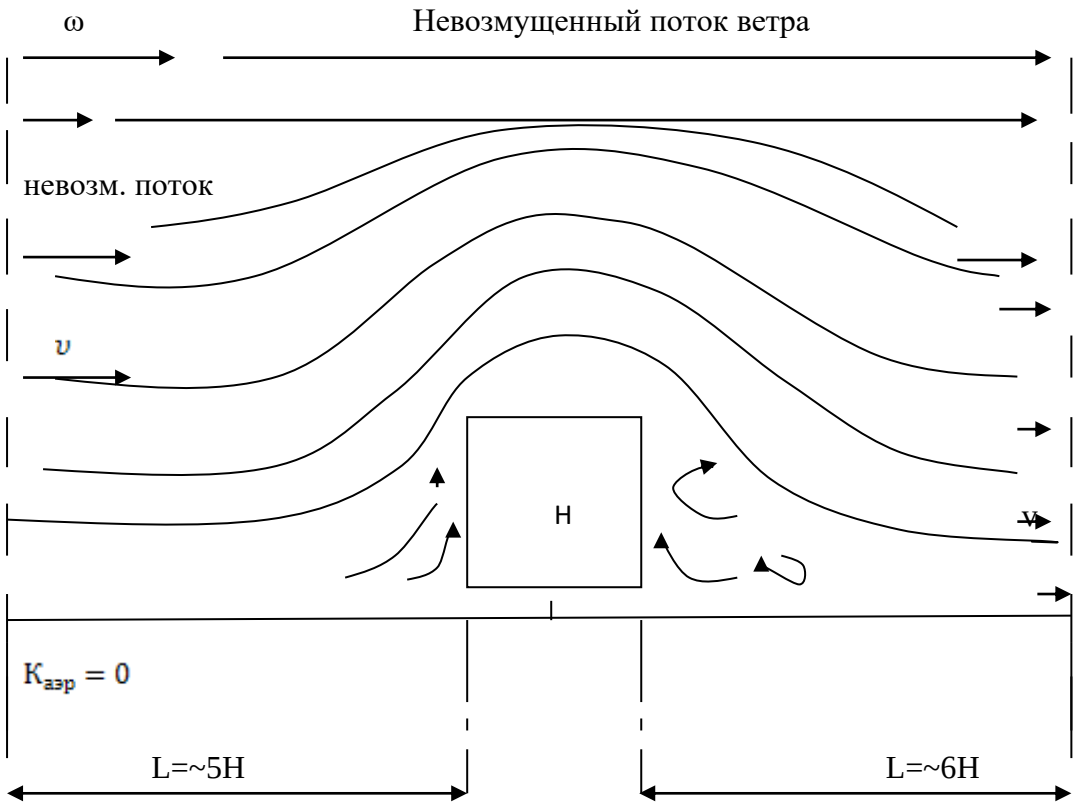


Рис. 10 Схема обтекание потоком воздуха отдельного здания.

Возмущение, вносимое зданием, захватывает сравнительно небольшую область в поперечном сечении потока. В этой области течение остаётся практически невозмущенным. Вследствие стеснения потока зданием скорость ветра вдоль крыши и сбоку здания будет больше, чем в невозмущенном потоке. Полную энергию вдоль потока принимают неизменной, следовательно, увеличение скорости потока происходит за счет его потенциальной энергии. В результате на боковых поверхностях здания и над ним образуется пониженное давление. Кроме того, обтекающий поток эжектирует воздух с заветренной стороны здания, где давление также уменьшается. Избыточное статическое давление $P_{ст}$, Па в той или иной точке на поверхности здания пропорционально динамическому давлению невозмущённого потока перед зданием

$$Pñò = \frac{Ê\ àýð * \rho\upsilon 2}{2} \qquad (21)$$

$К_{аэр}$ - аэродинамический коэффициент.

Значение $К_{аэр}$ показывает, какая доля кинетической энергии потока переходит в потенциальную. Аэродинамический коэффициент определяют опытным путем испытывая модели здания в аэродинамической трубе и решая уравнение Бернулли. Значение $К_{аэр}$ остаётся неизменным при изменении скорости ветра и масштаба модели. Для наиболее распространённой формы здания (параллелепипед) $К_{аэр}$ находится в следующих пределах:

- на фасаде с наветренной стороны здания $К_{аэр}$=0,4÷0,8

- на фасаде с заветренной $К_{аэр}$= -0,3÷-0,6.

При совместном действии на здание ветра и гравитационных сил внешнее давление в любой точке на поверхности здания выражается уравнением:

$$P_n = К_{аэр} * \rho_n * \frac{\upsilon^2}{2} + g * h * (\rho_н - \rho_в). \qquad (22)$$

Внутреннее давление в помещении определяется внешним давлением, воздействующим на здание и характеристикой сопротивления путей миграции воздуха. Фильтрация наружного воздуха через ограждающие конструкции в холодный период года вызывает дополнительные потери тепла помещениями и охлаждение внутренних поверхностей ограждений. В промышленных и многоэтажных зданиях расход теплоты на нагревание холодного воздуха, поступающего через притворы окон, фонарей, дверей, ворот составляет 30 – 40% от основных теплопотерь. Количество наружного воздуха, поступающего в помещение в результате инфильтрации, зависит от конструктивно - планировочного решения здания, направления и скорости и температуры ветра, герметичности конструкций. **Общий процесс обмена между воздухом помещения и наружным воздухом, который происходит под действием естественных сил и работы искусственных побудителей движения воздуха называется воздушным режимом здания.** Воздухообмен происходит через все воздухопроницаемые объекты (притворы, стыки,

вентканалы и т. д.) под действием разности давлений, поэтому расчет воздушного режима сводится к аэродинамическому расчету системы вентиляционных каналов с заданными условиями на её границах. Для определения теплозатрат на нагревание наружного воздуха при инфильтрации расчет воздушного режима упрощен и производится по формуле:

$$Q_n = 0{,}28 * \sum G_i^{'} * c * \rho * (t_в - t_н)^{\beta} * K_н \qquad (23)$$

$\sum G_i^{'}$ – расход инфильтрирующегося воздуха через отдельные ограждающие конструкции помещения, $м^3/ч$, принимается равным утроенной площади поверхности пола в помещении,

ρ – плотность воздуха,

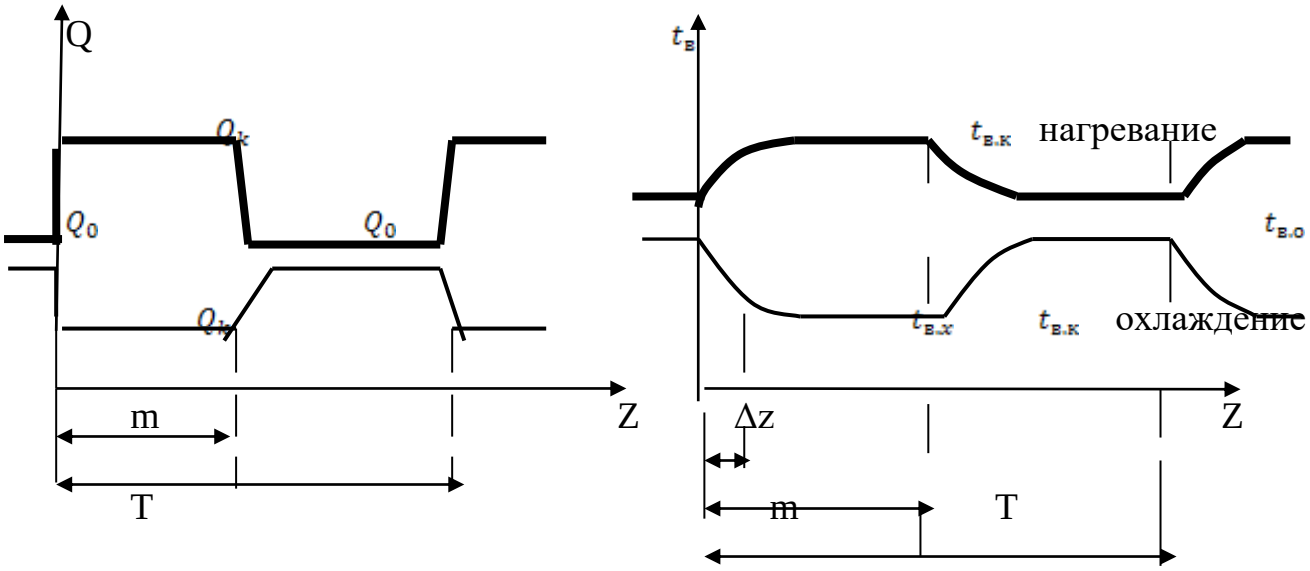
С – теплоемкость воздуха,

$t_в$ и $t_н$ – расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха,

$K_н$ - коэффициент, учитывающий нагревание инфильтрирующего воздуха в ограждении ветреным тепловым потоком.

4.3. Колебания температуры воздуха при тепловых воздействиях.

Рассмотрим процессы, происходящие в воздухе помещения при его остывании [5]. При прекращении подачи теплоты помещение начинает постепенно охлаждаться. Вначале резко снижается температура воздуха, достигая уровня осредненной температуры поверхностей t_R. Затем температура во всех точках помещения начинает понижаться почти одновременно. Основные потери теплоты при этом происходят через окна, массивные наружные ограждения при постепенном понижении температуры их поверхности частично отдают теплоту воздуху помещения. Процесс охлаждения рассчитывается при помощи метода определения теплоустойчивости помещения при прерывистых подачах теплоты. Начальная температура воздуха в помещении будет соответствовать установившейся температуре в период подачи начального количества теплоты Q_0. Температура воздуха в помещении будет соответствовать установившемуся стационарному состоянию температуры в период подачи нового количества теплоты $Q_к$.



Периодически длительные прекращения и подача теплоты

Соответствующие изменения температуры воздуха в помещении

Рис. 11

m – длительность охлаждения (нагревания),

T – общая длительность колебания теплоотдачи определяется по формуле

В процессе прекращения подачи теплоты или нагревание помещения важна начальная часть кривой понижения температуры в начале периода охлаждения или нагревания спустя время ΔZ. Понижение температуры

$$\Delta t_в = t_{в.о} - t_{в.к} \qquad (24)$$

происходит в результате понижения теплоподачи в помещение на некоторую величину

$$\Delta Q = Q_0 - Q_k \qquad (25)$$

Величина понижения теплоподачи ΔQ определяется по формуле:

$$\Delta t_в = \frac{\Omega * \Delta Q}{Y_n} \qquad (26)$$

Ω – коэффициент прерывистости, определяется в зависимости от отношения $\frac{\Delta z}{T}$

Табл.4

$\frac{\Delta z}{T}$	0	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1
Ω	0	0,73	0,84	0,84	0,76	0,03	0,45	0,24	0

Y_n - коэффициент теплоусвоения помещения,

$$Y_n = \frac{A_U}{A_T}, \qquad (27)$$

A_U - амплитуда теплового потока,

A_T - температура равномерности ограждения.

$$Y_n = f(R, \lambda, c\rho). \quad (28)$$

Скорость изменения температуры $t_{в.к}$ определяется показателем темпа охлаждения а. Имея примерные значения показателя, а можно рассчитать понижение температуры в помещении $t_{в.а} - t_{в.х}$ во времени после прекращения или частичного снижения подачи теплоты.

$$\frac{t_{в.х} - t_{в.к}}{t_{в.о} - t_{в.к}} = e^{-az} \qquad (29)$$

4.4. Определение тепловой мощности систем отопления – охлаждения при сменной работе систем [5]

Система отопления предназначена для создания в помещениях здания в холодный период года температурной обстановки, соответствующей комфортной и отвечающей требованиям технологического процесса. Температура помещений зависит от поступлений и потерь тепла, а также от теплозащитных свойств наружных ограждений, расположения обогревающих устройств. Тепло поступает в помещение от технологического оборудования, нагретых материалов, источников искусственного освещения, людей, а также от технологических процессов, связанных с выделением тепла. В холодный период года помещение теряет тепло через наружные ограждения, на нагревание материалов, транспортных средств и оборудования, поступающих извне. Тепло расходуется на нагревание воздуха, который поступает в помещение через неплотности в ограждениях, на компенсацию воздуха, удаляемого технологическим оборудованием и вытяжными системами вентиляции, если удаление этого воздуха не компенсируется притоком подогретого воздуха приточной вентиляции. Кроме того, технологические процессы могут быть связаны с испарением жидкостей и другими процессами, сопровождающимися затратами тепла. Сведением всех составляющих прихода и расхода тепла в тепловом балансе помещения определяется дефицит или избыток тепла. Дефицит тепла указывает на необходимость устройства в помещении отопления. Для определения тепловой мощности системы отопления составляют баланс часовых расходов тепла для расчетных зимних условий.

$$Q_{от} = Q_{огр} + Q_{и.в} + Q_{техн.} \quad (30)$$

$Q_{огр}$ - потери тепла через наружные ограждения

$Q_{и.в}$ - расход тепла на нагревание воздуха поступающего в помещение при инфильтрации и вентиляции,

$Q_{техн.}$ – дисбаланс между расходом тепла на технологические нужды и минимальными технологическими и бытовыми расходами.

Расчетная тепловая мощность с отопления соответствует максимальному дефициту тепла. Для промышленных зданий в расчет принимают интервал с наименьшими тепловыделениями. Для гражданских зданий уславливаются, что в помещении отсутствуют люди, нет искусственного освещения, бытовых выделений, поэтому определяющими расхода тепла являются теплопотери через ограждения и инфильтрация. В жилых зданиях при определённой тепловой мощности системы отопления учитывают теплопотери через ограждающие конструкции, больший из расходов тепла на нагревание наружного воздуха, поступающего в помещение вследствие инфильтрации, а также бытовые теплопоступления.

Для оценки теплотехнических показателей принятого конструктивно – планировочного решения здания, а также для ориентировочных подсчётов потребности в тепле для отопления зданий используется так называемая удельная тепловая характеристика здания:

$$q = \frac{Q_{от}}{V * \Delta t}, \text{ Вт/м}^3 \qquad (31)$$

V – объем здания по наружному обмеру,

Δt – расчетная разность температур.

Эта характеристика численно равна теплопотерям одного кубического метра здания в ватах при перепаде температур внутреннего и наружного воздуха $1C^0$. Её значение при прочих равных условиях зависит от назначения, объёма, этажности и формы здания; от теплозащитных свойств ограждений, от степени остекления здания и климатических особенностей района застройки. Значение q для различных видов гражданских и промышленных здании в зависимости от их объёма даны в справочных пособиях. Приближенно теплопотери здания с использованием величины q определяют по формуле:

$$Q = a * q * (t_в - t_н) * V \qquad (32)$$

a – коэффициент учитывающий влияние расчетной разности температур $t_в - t_н$

$$a = 0{,}54 + \frac{22}{t_в - t_н} \qquad (33)$$

Учет годовых расходов теплоты имеет важное практическое значение, т.к. позволяет правильно планировать распределение тепловых нагрузок между

различными категориями потребителей, что способствует экономии тепловой энергии и повышению надёжности работы систем отопления.

$$Q_{от.год} = \frac{Q}{t_п - t_н} * (t_п - t_{а.с}) * \Delta z_{ас} * V_{зд} \qquad (34)$$

Q – расчетная удельная тепловая мощность отопления,

$$Q = \beta * (Q_{огр} + Q_{ин.} - Q_{техн}) \qquad (35)$$

β – коэффициент, учитывающий неизбежные потери теплоты арматурой, трубопроводами в системе отопления.

$Q_{огр}$ - теплопотери наружными ограждениями с учетом добавочных,

$Q_{ин.}$ - теплопотери на инфильтрацию,

$Q_{техн}$ - технологические и бытовые тепловыделения,

$t_п$ - температура в помещении,

$t_{а.с}$ - средняя температура отопительного сезона, определяется числом дней в году с устойчивой средней суточной температурой наружного воздуха 8^0C и ниже.

$\Delta z_{ас}$ - продолжительность отопительного сезона,

$V_{зд}$ - объем здания по наружному обмеру.

Вентиляционные системы здания и их производительность выбирают в результате расчета воздухообмена. Подход к решению этой задачи зависит от вида систем, способов раздачи воздуха и удаления его из помещения. При расчете общеобменной вентиляции должны быть известны количество воздуха, подаваемого в помещение и удаляемого из него местной вентиляцией, воздухообмен в смежных помещениях, количество воздуха перетекающего через неплотности в наружных ограждениях. Если перетекание воздуха между помещениями здания не регламентировано нормами, то расход его через проёмы оценивают ориентировочно при анализе воздушного режима здания. Рассчитываемый воздухообмен принято называть по виду вредных выделений, для борьбы с которыми он предназначен. Для определения требуемой производительности систем общеобменной вентиляции по заданному виду вредных выделений необходимо решить соответствующую систему двух уравнений: уравнение баланса вредных выделений и уравнение баланса воздуха в помещении.

Воздухообмен по нормативной кратности. **Кратностью воздухообмена называется отношение объёма воздуха, подаваемого в помещение или удаляемого из него в течение 1 часа и объёму помещения.** Эта величина используется для оценки правильности расчета воздухообмена в помещениях. Значение красности воздухообмена для различных видов помещений гражданских и промышленных здании приведены в справочных пособиях.

Расчетный воздухообмен помещения в этом случае должен составлять

$$L = K_p * V_{\text{помещ}} \text{ , м}^3/\text{ч} \qquad (36)$$

$K\rho$ - кратность воздухообмена помещения , 1/м^3

Список используемой литературы

1. СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование» СНиП 2.04.05-86. Госстандарт, М.: 1988 г.
2. Справочник проектировщика под общей редакцией Староверова И.Г. «Вентиляция и кондиционирование» часть II: М: - Издательство литературы по строительству, 1969 г.
3. Справочник по теплоснабжению и вентиляции под ред. Щекина т. II.
4. Богуславский В.Н., Сканави А.Н. «Отопление» учебник для ВУЗов: М. Стройиздат, 1991 г.
5. Богуславский В.Н. «Отопление и вентиляция» в двух частях, часть II «Вентиляция» учебник для ВУЗов: М. Стройиздат, 1976 г.
6. Вайсберг Дж. «Погода на земле». Метеорология. Гидрометеоиздат, 1980 г. центр. библ.
7. Ладыженский Р.М. «Кондиционирование воздуха» учебник для ВУЗов: Москва, 1992 г.
8. Лосев К.С. Климат: вчера, сегодня…и завтра Ленинград: Гидрометеоиздат 1985 центр. библ.
9. Минх АА «Общая гигиена». Изд. Медицина М., 1984 г.
10. Остапенко П.Д. «Вопросы о погоде». Л. Гидрометеиздат. 1982 г.
11. Петров Ю.С. «Вентиляция и кондиционирование воздуха» учебник: Ленинград «Судостроение» 1984 г.

Таблица IV **Нормативные параметры воздуха в рабочей зоне производственных помещений и в обслуживаемой зоне общественных и жилых зданий (СНиП II—Г. 7—62)**

Характеристика помещений	Категория работы	Холодный и переходный периоды года ($t_н < +10°$)							Теплый период года ($t_н > +10°$)					
		На постоянных рабочих местах или в обслуживаемой зоне жилых и общественных зданий						Допускаемая температура вне рабочих мест °С	На постоянных рабочих местах или в обслуживаемой зоне жилых и общественных зданий					Допускаемая температура вне рабочих мест, °С
		Оптимальные			Допускаемые				Оптимальные			Допускаемые		
		температура, °С	относительная влажность, проц.	скорость движения, м/с (не более)	температура, °С	относительная влажность, проц.	скорость движения, м/с (не более)		температура, °С	относительная влажность, проц.	скорость движения, м/с (не более)	температура, °С	относительная влажность, проц.	скорость движения, м/с (не более)
Производственные, незначительные избытки явного тепла (20 *ккал/м³·ч* и менее)	Легкая	18—21	60—40	0,2	17—22	80	0,3	15—20	22—25	60—40	0,3	Не более чем на 3° выше расчетной наружной вентиляционной температуры (параметры *А*), но не более 28°	При 28° не более 55; при 26° не более 60; при 24° не более 65; ниже 24° — не более 75	0,5	Не более чем на 3° выше расчетной наружной вентиляционной температуры (параметры А)
	Средней тяжести	16—18		0,3	15—17		0,5	13—15	20—23					0,7
	Тяжелая	14—16		0,3	13—15		0,5	12—14	17—20					1, но не менее 0,5
Производственные; значительные избытки явного тепла (более 20 *ккал/м³·ч*)	Легкая	18—21	60—40	0,2	17—24	80	0,5	15—26	22—25	60—40	0,3	Не более чем на 5° выше расчетной наружной вентиляционной температуры (параметры *А*), но не более 28°	При 28° не более 55; при 26° не более 60; при 24° не более 65; ниже 24° не более 75	0,7	Не более чем на 5° выше расчетной наружной вентиляционной температуры (параметры А)
	Средней тяжести	16—18		0,3	17—22			15—24	20—23					0,7 — 1
	Тяжелая	14—16		0,3	14—17			12—19	17—20					1 — 1,5, но не менее 0,5
Общественные и и жилые здания	—	19—21	60—40	0,3	По соответствующим главам СНиПа			—	22—25	60—40	0,3	Не более чем на 3° выше расчетной наружной вентиляционной температуры (параметры *А*)	—	0,5	—

Примечания. 1. Незначительными считаются избытки явного тепла не превышающие 20 *ккал/м³*, явным считается тепло, воздействующее на изменение температуры воздуха в помещениях. 2. При определении характеристики помещений по избыткам явного тепла для установления норм метеорологических параметров в рабочей зоне не следует исключать из расчета тепло, которое выделяется в рабочую зону и уносится с воздухом, удаляемым местными отсосами.