

С. А. Яременко
М. Н. Жерлыкина

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ



«Инфра-Инженерия»

УДК 628.8
ББК 38.762
Я72

Рецензент:

заведующая кафедрой теплогазоводоснабжения
Юго-Западного государственного университета канд. техн. наук, доцент *Н. Е. Семичева*

Яременко, С. А.

Я72 Основы проектирования и функционирования систем обеспечения микроклимата зданий : монография / С. А. Яременко, М. Н. Жерлыкина. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 172 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0426-6

Предложены подробные сведения о микроклимате помещений, факторах воздействия наружной среды на здания, шуме систем обеспечения микроклимата зданий и способах его устранения, о струйных течениях в помещении. Даны методики расчетов характеристик инженерных систем. Приведены наиболее рациональные направления осуществления энергосбережения при обеспечении микроклимата в помещениях зданий, представлены показатели экономической эффективности энергосберегающих мероприятий.

Для студентов, специалистов и инженерно-технических работников, научных сотрудников и ученых, занимающихся вопросами проектирования и эффективной эксплуатации систем обеспечения микроклимата зданий.

УДК 628.8
ББК 38.762

ISBN 978-5-9729-0426-6

© Яременко С. А., Жерлыкина М. Н., 2020
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2020
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ТЕРМИНЫ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ	6
Глава 1. МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЯ.....	11
1.1. Условия формирования микроклимата помещения	11
1.2. Теплообмен человека с окружающей средой	13
1.3. Метаболические процессы в организме человека.....	14
1.4. Комфортные условия микроклимата и качество воздуха в помещении	17
1.5. Аэроионный состав воздуха.....	21
1.6. Технологические требования к микроклимату	23
1.7. Динамический микроклимат помещений.....	24
1.8. Методы контроля параметров микроклимата	26
Глава 2. ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НАРУЖНОЙ СРЕДЫ	29
2.1. Факторы воздействия наружной среды	29
2.2. Расчетные параметры наружного воздуха	37
2.3. Шум систем обеспечения микроклимата зданий	39
Глава 3. РАСЧЕТ ПОТОКОВ ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ	57
3.1. Теплопоступление от людей	57
3.2. Теплопоступления от источников искусственного освещения	59
3.3. Теплопоступления от солнечной радиации	60
3.4. Теплопоступления от нагревательных приборов.....	74
3.5. Теплопоступления от электрического оборудования.....	74
3.6. Теплопоступления от остывающей пищи и теплового оборудования предприятий общественного питания	74
3.7. Влаговыведения в помещении	76
3.8. Газовые выделения в помещении	77
Глава 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ПРИТОЧНОГО И ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ ВОЗДУШНОГО БАЛАНСА И БАЛАНСА ВРЕДНОСТЕЙ.....	78
4.1. Оценка эффективности воздухообмена в помещении.....	81
4.2. Общие рекомендации по выбору и обоснованию способа организации воздухообмена в помещении	85
Глава 5. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА В ВЕНТИЛИРУЕМЫХ И КОНДИЦИОНИРУЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ С ПОМОЩЬЮ J-D-ДИАГРАММЫ.....	90

5.1. <i>J-d-диаграмма влажного воздуха</i>	90
5.2. <i>Расчет и построение процессов изменения состояния воздуха в помещении при его обработке в приточной установке</i>	93
5.3. <i>Расчет и построение процессов изменения состояния воздуха в помещении при его обработке в кондиционере с изохлальной охладительной установкой с использованием J-d-диаграммы</i>	95
5.4. <i>Расчет и построение процессов изменения состояния воздуха при его обработке в кондиционере с применением внешних источников холода с использованием J-d-диаграммы</i>	98
5.5. <i>Сравнительная оценка энергетических затрат на системы кондиционирования воздуха</i>	106
5.6. <i>Регулирование и автоматизация в системах обеспечения микроклимата</i>	113
Глава 6. СТРУЙНЫЕ ТЕЧЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ	121
6.1. <i>Приточные струи</i>	121
6.2. <i>Воздушные фонтаны</i>	126
6.3. <i>Конвективные струи</i>	128
6.4. <i>Движение воздуха у всасывающего отверстия</i>	131
6.5. <i>Расчет концентраций вредных веществ в нижних слоях атмосферы с использованием теории вентиляционных струй</i>	132
Глава 7. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЙ	142
7.1. <i>Системы персональной вентиляции</i>	143
7.2. <i>Определение потребления тепловой энергии системами обеспечения микроклимата</i>	155
7.3. <i>Определение величины экономии энергии за счет снижения температуры воздуха в помещениях в нерабочие дни</i>	158
7.4. <i>Определение показателей экономической эффективности энергосберегающих мероприятий</i>	159
7.4.1. <i>Натуральные технико-экономические показатели (годовая экономия энергоресурсов)</i>	161
7.4.2. <i>Исходные стоимостные показатели</i>	162
7.5. <i>Требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий</i>	163
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	168

МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЯ

1.1. Условия формирования микроклимата помещения

Параметры микроклимата формируются в рамках теплового, влажностного, воздушного и газового режимов помещения. В основе формирования режимов лежат процессы теплообмена, фильтрации воздуха, диффузии паров и газов, а также перемещения потоков воздуха в объеме помещения.

Структурная схема формирования микроклимата помещения представлена на рис. 1.1.



Рис. 1.1 – Схема формирования микроклимата помещения:

- возмущающие потоки поступления теплоты, влаги, вредных веществ соответственно;
 – регулирующие потоки, направленные на разбавление избытков теплоты, влаги, вредных веществ соответственно

Состояние воздушной среды в помещении является, как правило, турбулентным и неоднородным [49, 52]. Структура воздушных потоков вентиляционного и гравитационного происхождения весьма разнообразна: от приточных струй, турбулентных по своей природе до конвективных струй – зачастую полых, с образованием вихревых дорожек.

Движущиеся воздушные потоки содержат структурные случайные образования. Для турбулентных течений, как известно, характерна высокая диссипативность энергии. При этом, энергия крупных вихрей, соизмеримых с масштабом всего потока в целом, вызывает более мелкие вихри. Наблюдается «поток энергии», непрерывно передаваемый от пульсации больших масштабов к пульсациям меньших масштабов. В вихрях мелких масштабов, где градиент скоростей большой и силы вязкости существенны, кинетическая энергия переходит в теплоту. Эльтерман В. М. [52], после многочисленных опытов предложил коэффициент турбулентного обмена в вентилируемых помещениях при однородной изотропной турбулентности определять по формуле [52]:

$$A = (0,25 \pm \Delta) \cdot \varepsilon^{1/3} \cdot \ell^{4/3}, \quad (1.1)$$

где Δ – доверительный интервал, принимаемый в зависимости от необходимой доверительной вероятности;

ε – удельная диссипируемая энергия, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}$;

ℓ – размер объекта.

Распределение вредностей по помещению носит, как правило, неравномерный характер, в связи с тем, что продолжительность процесса турбулентного перемешивания значительно больше, чем время перемещения воздушных потоков по помещению.

Задача по обеспечению требуемых параметров микроклимата в рабочей или обслуживаемой зоне является достаточно сложной для математического описания турбулентного состояния воздушной среды в зависимости от всего комплекса причин его образования. Поэтому основным путем изучения процессов формирования микроклимата в различных помещениях остается проведение экспериментальных исследований на физических моделях или в натурных условиях.

В настоящее время существуют математические модели, например, k – ε модели турбулентности, позволяющие решать дифференциальные уравнения процессов формирования микроклимата в помещениях.

Для получения решения k – ε модель турбулентности может быть реализована на ЭВМ в виде прикладной программы в среде пакета C++ Builder 6.0 [39].

На рис. 1.2 представлены примеры построения k – ε модель турбулентности, полученные решением математической модели на ЭВМ.

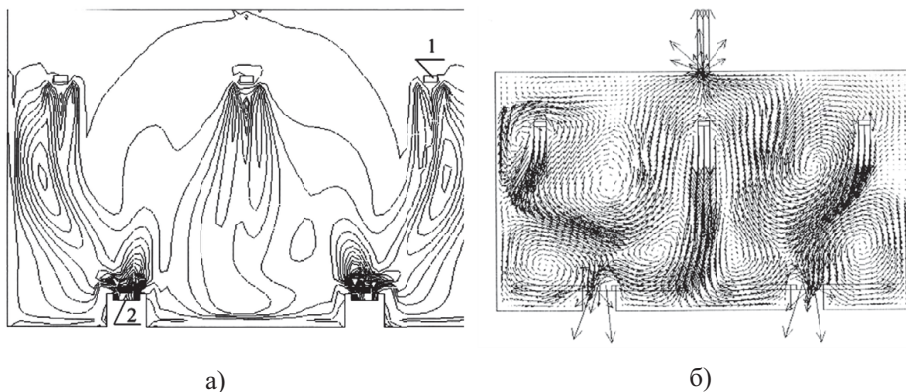


Рис. 1.2 – Примеры построения k – ε модель турбулентности:

а – картины формирования скорости турбулентной кинетической энергии воздушных потоков при кратности воздухообмена 10 ч^{-1} для гальванического цеха с двухрядным размещением гальванических ванн, 1 – воздухораспределители, 2 – местные отсосы;

б – картина структуры векторного поля воздушных потоков при кратности воздухообмена 16 ч^{-1} в помещении гальванического цеха

1.2. Теплообмен человека с окружающей средой

Несмотря на сложности математического описания физических закономерностей теплообмена поверхности кожи человека с окружающей средой для решения ряда инженерных задач, как для стационарных (стабильных), так и нестационарных (динамических) условий, предложены простые физические модели [32].

В основу моделей положены следующие представления о физической картине этого процесса:

1. Плотность потока теплоты, составляющего теплопродукцию человека при данной категории тяжести труда (q_T , Вт/м²), отводится от условного «ядра» тела, температура которого постоянна ($t_{я}$), к поверхности кожи за счет кровотока и теплопроводности тела. Величина кровотока и теплопроводность тела, формируемые системой терморегуляции, описываются величиной «условного термического сопротивления тела» (R_T , м²·°С/Вт):

$$R_T = \frac{(t_{я} - t_K)}{q_T}, \quad (1.2)$$

где t_K — температура поверхности кожи.

В физиологическом смысле величина R_T характеризует степень расширения или сжатия кровеносных сосудов и может служить одним из физиологических показателей напряжения системы терморегуляции. При малых значениях R_T^{MIN} (наибольшее расширение сосудов) начинается интенсивное потоотделение, а при больших значениях R_T^{MAX} (сжатие сосудов) может появиться опасность простуды.

Эти значения R_T зависят от категории тяжести труда. В задачу системы терморегуляции входит поддержание постоянства температуры человеческого тела.

2. Отдача потока теплоты с поверхности кожи конвекцией, теплопроводностью через одежду, лучеиспусканием и испарением влаги происходит по известным физическим законам тепломассообмена. Плотности тепловых потоков конвекцией и лучеиспусканием ($q_{кл}$, Вт/м²) определяют для данной категории тяжести труда оптимальное и допустимое тепловое состояние человека.

3. Вся информация об изменении условий теплообмена с окружающей средой поступает в систему терморегуляции через изменения теплового потока на поверхности кожи. Термическое сопротивление кожи находится в пределах от 0,04 до 0,09 м²·°С/Вт, что свидетельствует об ограниченных возможностях терморегуляции.

4. Влияние одежды на условия теплоотдачи тела описывается «условным термическим сопротивлением одежды» R_0 , м²·°С/Вт, полученным экспериментально с учетом «пододежной вентиляции».

В R_0 не входит переход тепла от одежды к воздуху. В гигиенической практике принято измерять R_0 в «clo».

Численное значение, равное 1 clo, соответствует термическому сопротивлению одежды, которая обеспечивает комфортное состояние человека в покое при теплопродукции 58,2 Вт/м², температуре воздуха 21 °С, относительной влажности 50 % и подвижности 0,1 м/с. 1 clo = 0,155 м²·°С/Вт.

5. На границе поверхности кожи происходит испарение влаги, которое уменьшает тепловой поток q_T на величину $q_U = G_U \cdot r$, где G_U – испарение влаги, г/с с 1 м² кожи; r – скрытая теплота парообразования при температуре кожи $r = 2,29$ кДж/г.

Сопротивление слоя от одежды к воздуху: $R_B = \frac{1}{\alpha_{KL}}$. Коэффициент теплоотдачи α_{KL} зависит от подвижности ϑ , м/с, и может быть получен из уравнения $\alpha_{KL} = 3,9 + 9,5\sqrt{\vartheta}$.

Общее уравнение для теплового потока теплопродукции с учетом выше сказанного имеет вид:

$$q_T = \frac{(t_A - t_K) + (t_K - t_O) + (t_O - t_B)}{R_T + m \cdot R_O + m \cdot R_B}, \quad (1.3)$$

где $m = q_{KL}/q_T$.

Таким образом, величина теплоотдачи организма человека определяется температурой кожи, температурой воздуха и окружающих человека поверхностей, парциальным давлением водяного пара в воздухе, скоростью потока воздуха, омывающего человека, и зависит от вида одежды и площади поверхности организма.

1.3. Метаболические процессы в организме человека

Процессы поглощения, превращения, хранения и выделения продуктов жизнедеятельности, которые протекают в организме человека, принято называть метаболическими.

Энергетический баланс в организме поддерживается, если количество производимой организмом энергии равно количеству выделяемой в окружающую среду энергии.

Производимую организмом энергию физически определяют по объему потребляемого кислорода [31]. В состоянии покоя взрослый человек потребляет 15 л/ч кислорода, при выполнении физической работы эта величина возрастает до 10 раз. Количество теплоты, выделяющейся при сгорании 15 л/ч кислорода в состоянии покоя равно 88 Вт.

Метаболическая тепловая энергия, определенная по количеству потребляемого кислорода, выражается формулой:

$$M = 5,8 \cdot \bar{V} \frac{V_{O_2}}{F_g}, \quad (1.4)$$

где 5,8 – энергетический эквивалент 1 л кислорода при нулевой температуре, нормальным барометрическим давлением и $\bar{V} = 1$ Вт·ч/л;

$\bar{V}$ – отношение количества выдыхаемого углекислого газа и вдыхаемого кислорода;

V_{O_2} – потребление кислорода при нормальных физических условиях, л/ч;

F_g – площадь поверхности организма человека, m^2 , равная:

$$F_g = 0,203 \cdot G^{0,425} L^{0,725}, \quad (1.5)$$

где G – масса человека, кг;

L – рост человека, м.

На практике метаболические процессы, происходящие в организме человека, увязывают с категориями тяжести работы, выполняемой человеком. Различают три категории работы человека:

а) легкая – обычная сидячая работа, когда потребление кислорода не превышает 30 л/ч и энергетические затраты менее 175 Вт;

б) работа средней тяжести, когда потребление кислорода в 2...4 раза больше, чем в состоянии покоя, и энергозатраты доходят до 300 Вт;

в) тяжелая работа, при которой потребление кислорода увеличивается в 4...8 раз по сравнению с состоянием покоя и энергозатраты возрастают до 700 Вт.

На терморегуляцию человеческого организма особое влияние оказывает радиационный теплообмен. Лучистые потоки проникают глубже и нагревают глубоко лежащие ткани. При этом замедляется реакция сосудистой системы, что отрицательно сказывается на иммунологическом состоянии организма.

Воздействие влажности на ощущение комфортности связано с дыхательным трактом человека. При относительной влажности 30 % и менее слизь в носовой полости, дыхательных путях движется с небольшой скоростью (рис. 1.3), что способствует проникновению в легкие бактерий и вирусов. Практика показывает, что оптимальное значение влажности составляет 40...60 %.

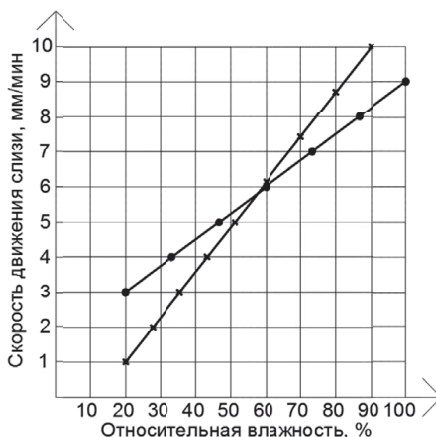


Рис. 1.3 – Зависимость между относительной влажностью вдыхаемого воздуха и скоростью движения слизи: × – курящие; ● – не курящие

Подвижность воздуха влияет на тепловой комфорт в помещении. Отсутствие подвижности или подвижность менее 0,05 м/с создает впечатление затхлости. Вокруг тела человека образуется воздушная оболочка, имеющая высокую температуру и насыщенную водяным паром. Значительная подвижность воздуха приводит к сквознякам. На рис. 1.4 показана область оптимального сочетания температуры и подвижного воздуха.

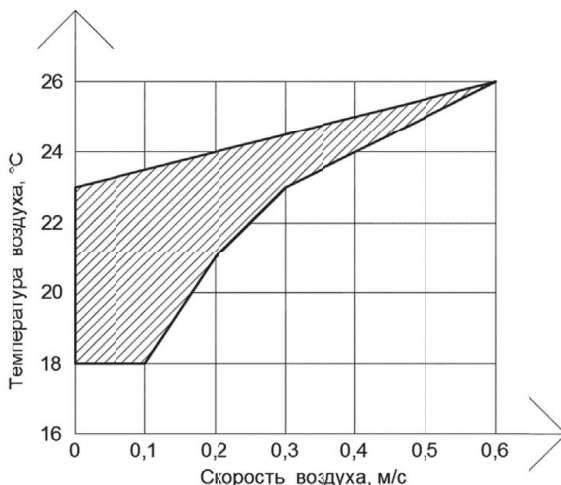


Рис. 1.4 – Область комфортного сочетания температуры и подвижности воздуха

На наш взгляд особое влияние на комфортное состояние человека оказывает не просто подвижность воздуха, а направление движения воздушного потока относительно находящегося в помещении человека.

По степени влияния на тепловой баланс человека микроклимат подразделяется на нейтральный, нагревающий и охлаждающий.

При нейтральном микроклимате сочетание его составляющих при воздействии на человека обеспечивает тепловой баланс организма. При этом разность между величиной теплопродукции и суммарной теплоотдачей находится в пределах ± 2 Вт, а доля отдачи испарением влаги не превышает 30 %.

Охлаждающий микроклимат – сочетание параметров, при котором суммарная теплоотдача в окружающую среду превышает величину теплопродукции организма. Это приводит к образованию общего и/или локального дефицита теплоты в теле человека (> 2 Вт).

Нагревающий микроклимат сочетание параметров, при котором имеет место изменение теплообмена человека с окружающей средой, проявляющееся в накоплении тепла в организме (> 2 Вт) и/или увеличении доли потерь теплоты испарением влаги (> 30 %).

1.4. Комфортные условия микроклимата и качество воздуха в помещении

В помещениях, где живет, трудится или отдыхает человек, должны выдерживаться определенные комфортные внутренние климатические условия.

Существует несколько зон комфортного сочетания параметров микроклимата в зависимости от назначения помещения, категории тяжести выполняемых работ, времени года, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, возраста находящихся в помещении людей. Место преимущественной деятельности человека в условиях помещения называется обслуживаемой или рабочей зоной. В этой зоне системы кондиционирования микроклимата должны обеспечить расчетные тепловые условия.

Температурная обстановка в помещении считается комфортной при соблюдении в основном двух условий [3, 17].

Первое условие комфортности: комфортной будет такая температурная обстановка в помещении, при которой человек, находясь в середине помещения, не испытывает перегрева или переохлаждения.

В качестве обобщающего температурного показателя используется температура помещения, равная средней между температурой воздуха t_B и радиационной температурой t_R :

$$t_{\Pi} = \frac{(t_B + t_R)}{2}. \quad (1.6)$$

Радиационная температура помещения – температура внутренних поверхностей в помещении, осредненная по площади поверхностей.

$$t_R = \sum t_i \cdot \varphi_{q-i}, \quad (1.7)$$

где φ_{q-i} – коэффициент облученности с поверхности человека в сторону окружающих его поверхностей, имеющих температуру t_i , принимаются по графикам [17].

Связь между температурой воздуха и радиационной температурой для помещений жилых и общественных зданий выражается зависимостью:

– для холодного периода года:

$$t_R = 1,57 \cdot t_{\Pi} - 0,057 \cdot t_B, \quad (1.8)$$

– для теплого периода года:

$$t_R = 1,5 \cdot t_{\Pi} - 0,5 \cdot t_B. \quad (1.9)$$

На рис. 1.5 графически показано первое условие комфортного сочетания t_R и t_B для холодного и теплого периода года при разной физической нагрузке человека.

График позволяет определить комфортную температуру воздуха при заданной радиационной температуре помещения и при известных времени года и степени тяжести выполняемой работы.

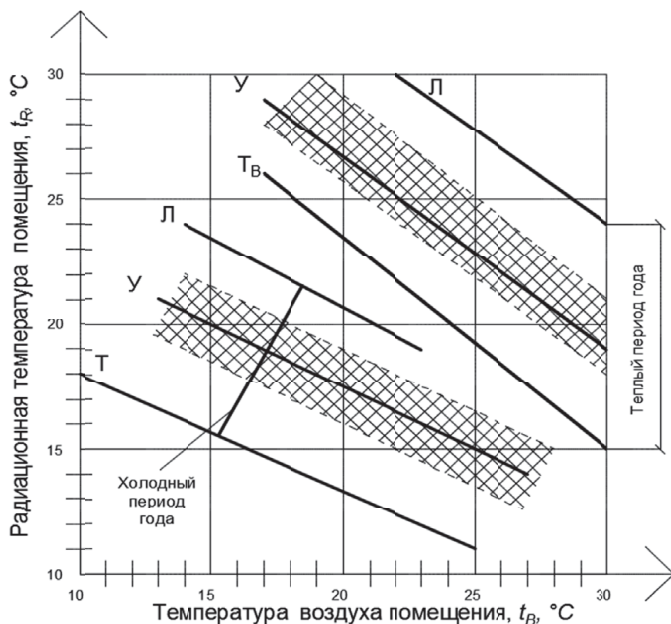


Рис. 1.5 – График комфортного сочетания температуры воздуха помещения и радиационной температуры помещения:

Т – тяжелая работа; У – умеренная работа (средней тяжести); Л – легкая работа

Второе условие комфортности определяет температурный комфорт для человека, находящегося непосредственно около нагретых или охлажденных поверхностей – на границе обслуживаемой или рабочей зоны.

На рис. 1.6 показан пример обслуживаемой рабочей зоны (выделена штриховой линией).

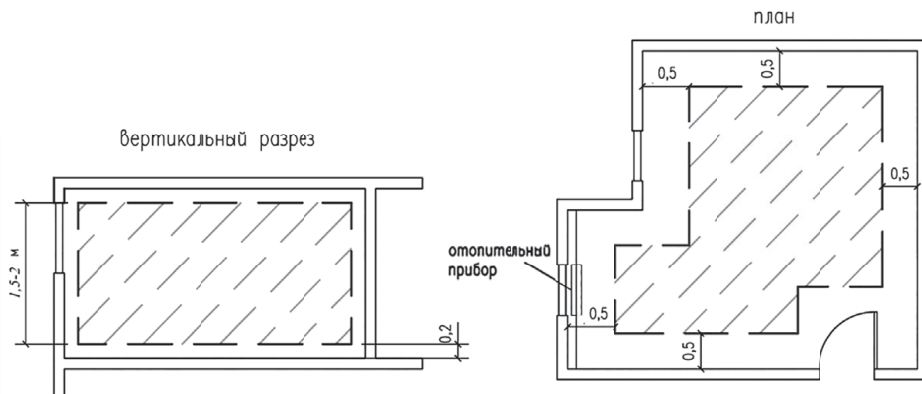


Рис. 1.6 – Пример рабочей зоны помещения

Второе условие комфортности связано с интенсивностью лучистого теплообмена человека. Наиболее чувствительна к радиационному нагреву поверхность головы. Радиационные условия в помещении должны быть такими, чтобы любая элементарная площадь поверхности головы отдавала излучением окружающим поверхностям не менее $11,6 \text{ Вт/м}^2$.

Максимально допустимая температура нагретой поверхности в помещении составляет не более:

- в холодный период года

$$t_{\Pi}^{\text{ДОП}} \leq 19,2 + \frac{8,7}{\varphi_{\text{ч-н}}}, \quad (1.10)$$

где $\varphi_{\text{ч-н}}$ – коэффициент облученности с элементарной площадки поверхности тела человека в сторону нагретой поверхности;

- в теплый период года

$$t_{\Pi}^{\text{ДОП}} \leq 29,3 + \frac{2,7}{\varphi_{\text{ч-н}}}. \quad (1.11)$$

Область допустимых температур поверхностей в помещении в холодный период года показана на рис. 1.7.

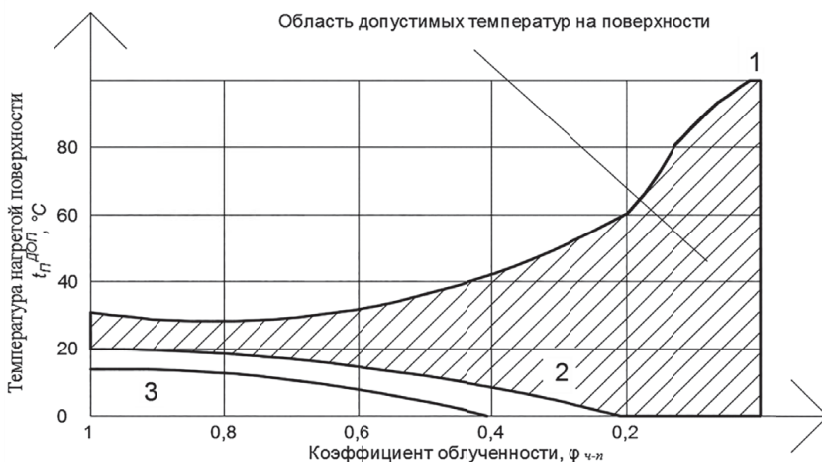


Рис. 1.7 – Допустимые температуры на нагретых (1) и охлажденных (2) поверхностях и поверхности окна (3) (второе условие комфортности)

Предельное значение температуры поверхности пола должно быть [15, 17]:

- для голых ноги при длительном контакте с поверхностью пола $32...33 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- для обуви с тонкой подошвой $36...38 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- для обуви с толстой подошвой $45...48 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Располагать панели систем летнего охлаждения помещений в плоскости пола и охлаждать поверхность пола не рекомендуется.

В соответствии с особенностями теплообмена все поверхности в помещении можно разделить на охлаждающие, нагревающие и нейтральные.

При обеспечении показателей микроклимата в различных точках обслуживаемой зоны допускается:

- перепад температуры воздуха не более 2 °С для оптимальных показателей и 3 °С для допустимых;
- перепад результирующей температуры помещения по высоте обслуживаемой зоны не более 2 °С;
- изменение скорости движения воздуха не более 0,07 м/с для оптимальных показателей и 0,1 м/с для допустимых;
- изменение относительной влажности воздуха не более 7 % для оптимальных показателей и 15 % для допустимых.

Специалистами было установлено, что степень концентрации газовых загрязнителей, выделяемых человеком, тесно коррелируют с изменением концентрации углекислого газа, выделяемого при дыхании человека. В этой связи концентрация углекислого газа была принята в качестве индикатора качества воздуха ГОСТ 30494-2011 [2]. Другие вредные газовые выделения в помещениях жилых и общественных зданий (фенолформальдегиды, ацетон, аммиак и другие компоненты, выделяемые мебелью, отделочными материалами) приводят к эквивалентам углекислого газа [36].

Требования к качеству воздуха принимаются по заданию на проектирование согласно табл. 1.1, а примерное содержание загрязнителей в наружном воздухе приведено в табл. 1.2 [2].

Таблица 1.1

Классификация воздуха в помещениях

Класс	Качество воздуха в помещении		Допустимое содержание CO ₂ , см ³ /м ³
	Оптимальное	Допустимое	
1	высокое	–	400 и менее
2	среднее	–	400...600
3	–	допустимое	600...1000
4	–	низкое	1000 и более
<i>Примечание.</i> Допустимое содержание CO ₂ принимают сверх содержания CO ₂ в наружном воздухе.			

Таблица 1.2

Примеры содержания загрязнений в наружном воздухе

Местность	Концентрация в воздухе			
	CO ₂ , см ³ /м ³	CO, мг/м ³	NO ₂ , кг/м ³	SO ₂ , мкг/м ³
Сельская местность, существенных источников нет	350	1	5–35	5

Местность	Концентрация в воздухе			
	CO ₂ , см ³ /м ³	CO, мг/м ³	NO ₂ , кг/м ³	SO ₂ , мкг/м ³
Небольшой город	375	1...3	15...40	5...15
Загрязненный центр большого города	400	2...6	30...80	10...50

Примечание. Приведенные значения являются среднегодовыми. Их не следует использовать при проектировании, т. к. максимальные концентрации будут выше. Для более подробной информации следует выполнить оценку загрязнений на месте.

Загрязнители от мебели и отделочных материалов (в основном формальдегиды и анилины) по отношению к вредностям, выделяемым человеком, носят в основном разнонаправленный характер и ассимилируются воздухообменом, рассчитанным по концентрации CO₂. Как правило, в отсутствие людей в помещении фоновая кратность воздухообмена 0,1...0,2 ч⁻¹ достаточна для ассимиляции вредностей от мебели и отделочных материалов.

Качество воздуха в помещениях зданий обеспечивается необходимым уровнем вентиляции (величиной воздухообмена в помещениях), обеспечивающим допустимые значения содержания углекислого газа в помещении.

1.5. Аэрионный состав воздуха

В приземном слое атмосферы в естественных условиях ионизация воздуха производится остаточным радиоактивным излучением земли и горных пород, чаще всего продуктами распада радия (например, радоном); доходящим до земли космическим излучением, путем объемной фотоионизации воздуха УФ-лучами, электрическими разрядами в атмосфере. Под действием электрического поля земли положительные ионы движутся к земле, а отрицательные – в верхние слои атмосферы. Поэтому у земли положительных ионов всегда больше, чем отрицательных, а в верхних слоях атмосферы – наоборот. Согласно экспериментальным исследованиям, нормализующее влияние и терапевтический эффект легких ионов отмечается как для отрицательных, так и для положительных ионов.

Ионизация воздуха происходит следующим образом [11]: под действием внешнего фактора молекуле или атому газа сообщается энергия, необходимая для удаления одного из электронов из ядра. Нейтральный атом становится положительно заряженным, а образовавшийся свободный электрон присоединяется к одному из нейтральных атомов, передавая ему отрицательный заряд и образуя отрицательный аэрион. К таким положительно и отрицательно заряженным аэрионам в доли секунды присоединяется определенное число молекул и газов, входящих в состав воздуха. В результате образуются комплексы молекул, называемые лёгкими аэрионами.

Интенсивность образования ионов зависит, прежде всего, от природных условий, времени суток и года, температуры, давления воздуха, скорости ветра,

осадков. На спектр образуемых ионов существенно влияет наличие примесей в воздухе, т. е. загрязнение воздуха, туман, дождь, снег. В достаточно сухом и чистом воздухе преобладают легкие ионы, а в загрязненном воздухе, при наличии осадков, тумана, количество легких ионов уменьшается, а средних и тяжелых возрастает.

Таким образом, аэроионы следует рассматривать в качестве естественного компонента окружающей среды, который может оказывать как благоприятное, так и неблагоприятное воздействие на организм человека.

Установлено, что присутствие легких ионов в воздухе является необходимым и вместе с тем может рассматриваться как показатель его чистоты, причем естественная ионизация атмосферного воздуха с преобладанием легких отрицательных ионов наиболее высока в лесах, на курортах и морских побережьях. В этих же местах обнаруживаются и наиболее высокие для приземного слоя концентрации атмосферного озона. Например, в воздухе курорта Сочи концентрация озона меняется в пределах от 11 до 72 мкг/м³, максимальное содержание озона в воздухе хвойного леса достигает 84...100 мкг/м³.

В то же время показано, что озон играет определенную роль в новом типе загрязнения атмосферного воздуха продуктами фотохимических реакций, участвуя в сложном комплексе окисления органических веществ при загрязнении атмосферы последними.

К настоящему времени изучены токсикологические свойства озона в больших концентрациях, вызывающие раздражение слизистых оболочек, поражение легочной ткани, местное разрушение белков с образованием продуктов, действующих на центральную нервную систему и внутренние органы и др.

Токсикологическими экспериментами установлено, что ПДК для озона в воздухе производственных помещений составляет 100 мкг/м³. Таким образом, биологическое действие озона в концентрациях более 100 мкг/м³ изучено достаточно полно и определены его токсические свойства в повышенных концентрациях, которые в основном имеют место в производственных условиях или при образовании фотохимического смога.

Биологическое же действие озона в концентрациях ниже 100 мкг/м³, т. е. в тех концентрациях, которые характерны для чистого атмосферного воздуха, изучено недостаточно, а имеющиеся отдельные сведения носят противоречивый характер.

Проведенными гигиеническими исследованиями установлено, что комплексное воздействие искусственно ионизированного и озонированного воздуха (на уровне природных концентраций) повышает выносливость экспериментальных животных к физической нагрузке, а также иммунный потенциал организма. Однако данный позитивный эффект проявляется только при условии, когда химический состав воздуха помещений отвечает гигиеническим требованиям.

В Российской Федерации установлены санитарные требования к аэроионному составу воздуха общественных помещений [4], где может иметь

место аэроионная недостаточность. Нормируемыми показателями аэроионного состава воздуха общественных помещений являются:

- концентрации аэроионов (минимально допустимая и максимально допустимая) обеих полярностей p^+ и p^- , определяемые как количество аэроионов в одном кубическом сантиметре воздуха (ион/см³);
- коэффициент униполярности Y (минимально допустимый и максимально допустимый), определяемый как отношение концентрации аэроионов положительной полярности к концентрации аэроионов отрицательной полярности).

Значения нормируемых показателей концентрации аэроионов и коэффициента униполярности приведены в табл. 1.3.

Для нормализации аэроионного состава воздуха следует применять соответствующие, прошедшие санитарно-эпидемиологическую оценку и имеющие санитарно-эпидемиологическое заключение, аэроионизаторы или деионизаторы, предназначенные для использования в санитарно-гигиенических целях.

Таблица 1.3

Нормируемые показатели концентрации аэроионов
и коэффициенты униполярности

Нормируемые показатели	Концентрация аэроионов, p (ион/см ³)		Коэффициент униполярности, Y
	Положительной полярности	Отрицательной полярности	
Минимально допустимые	$p^+ > 400$	$p^- > 600$	0,4 < Y < 1,0
Максимально допустимые	$p^+ < 50\,000$	$p^- \leq 500\,000$	

1.6. Технологические требования к микроклимату

Технологические требования к параметрам микроклимата химических, гальванических, сварочных и других производств, сельскохозяйственных зданий и сооружений, предприятий пищевых производств регламентируются как специальными СП, так и ведомственными рекомендациями по расчету, проектированию и эксплуатации систем обеспечения микроклимата.

Нормативные параметры микроклимата современных технологий могут отличаться от требований к микроклимату жилых и общественных зданий. Так, оптимальный микроклимат в птичниках – это комплекс действующих факторов внешней среды, который способствует наилучшему проявлению физиологических функций организма птицы и получению от нее максимальной продуктивности.

Микроклимат должен быть регулируемым. Так, при напольном содержании взрослых кур температура воздуха в холодный период года должна быть в пределах 16...18 °С; относительная влажность 60...70 %; скорость движения