

БИБЛИОТЕКА КЛИМАТЕХНИКА

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

А. БЕККЕР



50

ЕВРОКЛИМАТ
★ ★ ★ ★ ★
кондиционирование и вентиляция



ТЕХНОСФЕРА



БИБЛИОТЕКА КЛИМАТЕХНИКА

А. БЕККЕР

Системы вентиляции

Перевод с немецкого
Л. Н. Казанцевой
под редакцией
Г. В. Резникова

ТЕХНОСФЕРА
ЕВРОКЛИМАТ
Москва
2007

А. Беккер

Системы вентиляции

Москва:

Техносфера, Евроклимат, 2007. – 240с. ISBN 978-5-94836-147-5

Приведены физиолого-гигиенические основы создания в воздушной среде вентилируемых и кондиционируемых помещений комфортных параметров микроклимата для людей, в них находящихся; физические основы построения и классификация систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Изложены способы расчета основных конструктивных агрегатов систем, сетей воздухораспределения, а также подбора фильтров, вентиляторов и других элементов и узлов. Приведены требования, предъявляемые к системам и материалам и основные рекомендации по противопожарной защите при эксплуатации на основе опыта немецких фирм.

Большое внимание уделено проектированию современных систем вентиляции жилых домов.

Книга дополнена приложениями, облегчающими подбор оборудования.

Справочно-информационное руководство для студентов специальности "отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха", и менеджеров строительных и проектных организаций.



© 2000 by Vogel Industrie Medien GmbH & Co KG, Wurzburg (Germany). All Rights reserved.
© 2007, ЗАО "РИЦ "Техносфера", перевод на русский язык, оригинал-макет.
© 2007, ЗАО "Евроклимат", приложения, оформление.

ISBN 978-5-94836-147-5

ISBN 3-8023-1759-9 (нем.)



ЕВРОКЛИМАТ

★ ★ ★ ★ ★
ГРУППА КОМПАНИЙ

- Профессиональное климатическое оборудование
- Вентиляционное оборудование
- Бытовые кондиционеры
- Тепловое оборудование
- Воздухоочистители
- Осушители воздуха
- Увлажнители воздуха



Библиотека климатехника

Содержание

Предисловие	8
Предисловие к русскому изданию	9
От автора	12
Глава 1. Введение	13
Глава 2. Микроклимат в помещении и тепловой комфорт	15
2.1 Физиологические аспекты	15
2.2 Комфортность и влияющие факторы	17
2.2.1. Тепловые параметры	18
2.2.2. Прочие значимые характеристики	22
Глава 3. Физические основы кондиционирования воздуха	23
3.1. Параметры состояния влажного воздуха	24
3.2. Принципы построения h,x -диаграммы влажного воздуха Моллье	28
3.3. Процессы изменения состояния в h,x -диаграмме	28
3.3.1. Нагревание	28
3.3.2. Охлаждение	29
3.3.3. Смешивание двух потоков влажного воздуха	32
3.3.4. Увлажнение	33
Глава 4. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха	36
4.1. Понятия и символы	36
4.1.1. Разновидности воздушных потоков по ДИН 1946, ч.1	36
4.1.2. Символы по ДИН 1946, часть 1 (рис. 4.2)	37
4.2. Классификация систем кондиционирования воздуха	46
Глава 5. Общие задачи техники кондиционирования воздуха	50
Глава 6. Определение необходимых объемных расходов воздуха	53
6.1. Объемные расходы наружного воздуха V_{AU}	53
6.1.1. Определение V_{AU} по коэффициенту воздухообмена (кратности вентиляции) LW	54
6.1.2. Определение V_{AU} по часовой норме свежего воздуха AR	57
6.1.3. Определение V_{AU} по концентрации вредных веществ в помещении	62
6.2. Объемный расход приточного воздуха V_{ZU}	63
6.2.1. Определение V_{ZU} для целей вентиляции	64
6.2.2. Определение V_{ZU} для отопления помещения	65
6.2.3. Определение V_{ZU} для охлаждения помещения	66
Глава 7. Системы естественной вентиляции	69
7.1. Влияние разности плотностей $\Delta\rho$	69
7.2. Влияние ветра	72

ПРИЯТНЫЙ И ЗДОРОВЫЙ МИКРОКЛИМАТ



РЕГУЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ВОЗДУХА:
Регулирующие клапаны, защитные жалюзийные решетки ...

ЗАЩИТА ОТ ПОЖАРА:
Огнезадерживающие клапаны, клапаны дымоудаления

ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ:
Корпуса для фильтров тонкой очистки, перфорированные потолочные панели для операционных ...

ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ:
Вентиляционные решетки, диффузоры, сопла ...

**Дистрибьютор в России — компания «ЕВРОКЛИМАТ-ПРОФ»,
тел./факс: (495) 975-7530, www.euroclimat-prof.ru**

7.3. Системы естественной вентиляции	73
7.3.1. Инфильтрация воздуха через стеновые швы и проветривание через окна	73
7.3.2. Вентиляция с использованием вентиляционных шахт	76
7.3.3. Крышная вентиляция	79
Глава 8. Системы принудительной вентиляции	81
8.1. Принципы расчета	81
8.1.1. Объемные расходы воздуха и теплопроизводительность нагревателя для систем воздушного отопления	82
8.1.2. Поперечные сечения воздушных каналов	89
8.1.3. Типы давления	93
8.1.4. Потери давления в сети каналов	96
8.2. Акустические аспекты	113
8.2.1. Определение понятий	116
8.2.2. Суммирование звуковых волн	117
8.3. Системы вентиляции с индивидуальными вентиляторами без функции кондиционирования воздуха	120
8.3.1. Системы вытяжной вентиляции для расположенных внутри помещений ванных комнат и туалетов	120
8.3.2. Вытяжная вентиляция для кухонь	131
8.3.3. Приточная и вытяжная вентиляция с помощью настенных и оконных вентиляторов	134
8.4. Конструкционные элементы систем вентиляционной техники	135
8.4.1. Вентиляторы	135
8.4.2. Теплообменники	146
8.4.3. Воздушные фильтры	160
8.4.4. Смесительные камеры	163
8.4.5. Шумоглушители	163
8.4.6. Способы подачи и удаления воздуха	167
8.4.7. Решетки для защиты от атмосферных воздействий	170
8.4.8. Запорные приспособления	170
8.4.9. Воздушные каналы	170
8.5. Регенерация тепла в системах кондиционирования воздуха	173
Глава 9. Противопожарная защита	183
9.1. Общие сведения касательно норм и стандартов	183
9.2. Строительные материалы [23]	185
9.3. Воздуховоды [23]	185
9.4. Противопожарная защита для вентиляционных систем жилых помещений [23]	188
Глава 10. Техническое обслуживание содержание в исправности	189

Приложения	191
А.1. Законы, стандарты, нормы	191
А.2. Собрание формул	192
А.3. Пересчет единиц измерения	194
А.4. h,x -диаграмма влажного воздуха Моллье	197
А.5. Диаграмма определения величин удельного сопротивления трения (R) для каналов из стального листа круглого поперечного сечения	198
А.6. Параметры состояния насыщенного влажного воздуха [17]	199
А.7. Формуляр для расчета потерь давления	200
Перечень используемых формульных знаков и единиц измерения	200
Буквенно-цифровые обозначения, подстрочники	201
Краткий обзор оборудования	202
Б.1. Вентиляторы Rover	202
Б.2. Воздухораспределительные устройства Imp Klima	234
Список литературы	238
Литература, добавленная редактором перевода	239

ГЛАВА 1

ВВЕДЕНИЕ

Требование максимальной экономии энергии официально закреплено в Постановлении по тепловой защите зданий, разработанном на основе действующего Закона об экономии энергии, а также в известном Федеральном законе о воздушных выбросах. С учетом этого требования должны проектироваться и создаваться все системы инженерного оборудования зданий. На фоне повышенного внимания к теплоизоляции возводимых объектов все большее значение приобретает техника вентиляции и кондиционирования воздуха, прежде всего во вновь строящихся зданиях. Эти системы обязаны в полной мере соответствовать уровню техники.

В то время как обычные отопительные установки обуславливают лишь тепловой режим здания, системы кондиционирования воздуха способны выполнять более широкие специальные задачи по качеству воздуха помещений, оказывая влияние не только на его температуру, но также на влажность и чистоту. Тем самым, безусловно, вносится существенный вклад в дело сохранения здоровья и работоспособности человека, причем одновременно достигается и другой положительный эффект, а именно решается проблема защиты зданий от скопления влаги в стеновых конструкциях и на самих стенах и заметно повышается звукоизоляция строений.

По соображениям гигиены и с учетом ряда физических аспектов из области строительного дела необходимо в обязательном порядке отводить из помещений воздух, пропитанный влагой и содержащий вредные вещества и запахи.

Решение технических проблем вентиляции

Для решения связанных с вентиляцией технических проблем существует — как и во всех прочих сферах — множество разных возможностей. При этом, выбирая ту или иную установку, приходится учитывать особые граничные условия, относящиеся к данному зданию или помещению, ибо только решение применительно к конкретной проблеме даст искомый результат — экономичный, экологически чистый, энергосберегающий способ строительства. Поэтому все инженерные коммуникации, системы оборудования зданий, и техника кондиционирования воздуха в частности, непременно должны рассматриваться в тесной связи с архитектурно-строительными решениями строящегося объекта.

Стадия проектных работ

Требование относительно получения максимально возможной экономии энергии предполагает, что последние достижения науки в этой области будут непременно учитываться уже на стадии проектирования соответствующего оборудования. В смысле вентиляционной техники это касается, в частности, систем контролируемой вентиляции помещений и, следовательно, возможного использования устройств регенерации тепла, планируемых при возведении новых сооружений и капитальном ремонте старых зданий.

ГЛАВА 2

МИКРОКЛИМАТ В ПОМЕЩЕНИИ И ТЕПЛОВОЙ КОМФОРТ

Задачей вентиляционной техники и систем кондиционирования воздуха является забота о хорошем самочувствии человека в закрытых помещениях, что несомненно способствует сохранению его здоровья и высокой работоспособности на длительное время.

Под микроклиматом понимается в данном случае постоянное поддержание определенного состояния воздуха в помещении, характеризующегося, например, его температурой, влажностью и чистотой.

В целях получения в помещении воздуха требуемого качества необходимо иметь четкое представление о влиянии процесса кондиционирования на здоровье человека и, не в последнюю очередь, о взаимодействии человека с окружающей средой.

2.1. Физиологические аспекты

Для безупречного функционирования внутренних органов человека его тело всегда должно иметь температуру порядка 37°C.

Тепловое равновесие тела

Поскольку обмен веществ в человеческом организме сопровождается постоянным выделением тепла, человек вынужден — в целях поддержания требуемой температуры своего тела — непрерывно отводить это тепло во внешнюю среду (окружающий воздух). Тепловое взаимодействие человека с окружающей его средой именуют тепловым, или температурным, равновесием тела.

При этом особое значение придается осуществляемому через поверхность тела способу физического регулирования температуры, или наружной теплоотдаче. Приведенный далее обзор показывает, каким образом человеку удастся отдавать свое тепло в окружающую среду.

**Способы достижения теплового равновесия
между человеком и окружающей средой**

Конвекция – например, путем отвода тепла с поверхности тела в окружающий воздух ¹	Испарение – например, воды с поверхности кожи
Теплопроводность – например, через одежду	Дыхание – например, при выдохе водяного пара ¹
Тепловое излучение – например, с поверхности тела на окружающие поверхности	
= явное (ощутимое) тепло сухой части влажного воздуха $Q_{с.в}$	
+ скрытое (тепло водяного пара) $Q_{п}$	

$$\text{Общая теплоотдача } Q_{\text{общ}} = Q_{с.в} + Q_{п}$$

Какое количество тепловой энергии $Q_{с.в}$ (явной) и, соответственно, $Q_{п}$ (скрытой) может быть отдано, зависит преимущественно от температуры окружающего воздуха t_i в помещении и *степени активности* (физической нагрузки человека) (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1. Зависимость отдачи человеком тепла и водяного пара от температуры окружающей среды [5]

		Температура воздуха	°С	18	20	22	23	24	25	26
отсутствие активной физической деятельности	$Q_{с.в}$ (явное тепло)	Вт	100	95	90	85	75	75	70	70
	$Q_{п}$ (скрытое тепло)	Вт	25	25	30	35	40	40	45	45
среднетяжелая работа	$Q_{\text{общ}}$ (общая теплоотдача)	Вт	125	120	120	120	115	115	115	115
	Отвод водяного пара $m_{\text{д}}$	г/час	35	35	40	50	60	60	60	65
	$Q_{\text{общ}}$ (общая теплоотдача)	Вт	270	270	270	270	270	270	270	270
	$Q_{с.в}$ (явное тепло)	Вт	155	140	120	115	110	105	95	95

Чем ниже становится температура окружающей среды (зимой), тем выше будет явная (ощутимая) теплоотдача тела. Человек, безусловно, замерз бы, если бы соответствующей одеждой не защищал себя от чрезмерной потери тепла.

¹ В общем случае влажный воздух, окружающий человека, в системах вентиляции используется при атмосферном или близком к нему давлении, что позволяет с достаточной точностью рассматривать его как смесь идеальных газов, состоящую из сухого воздуха (с.в) и водяных паров (п). – *Прим. ред.*

При высоких температурах воздуха (летом) неизбежно возрастает скрытая (влажная) теплоотдача, так что общее количество отводимого через поверхность тела тепла остается примерно одинаковым.

При тяжелой физической работе человека многократно возрастает его теплоотдача в окружающую среду (см. табл. 2.2). Именно поэтому в рабочих помещениях с высокой затратой физической энергии температура может быть ниже, чем, например, в залах ожидания, приемных и проч.

Таблица 2.2. Зависимость теплоотдачи от активности человека [5]

Вид деятельности	Степень активности по ДИН 1946, ч. 2	Общая теплоотдача $Q_{\text{общ}} \approx \text{Вт}$
Состояние покоя	I	80
Сидя, в расслабленном состоянии		100
Стоя, в расслабленном состоянии		125
Легкая работа сидя (в канцелярии, дома, в школе, в лаборатории)		125
легкая работа стоя (у чертежной доски, ходьба по магазинам, несложное производство)	II	145
умеренная физическая нагрузка (работа по дому, езда на машине)	III	200
Тяжелая физическая работа (большая механическая нагрузка)	IV	300

2.2. Комфортность и влияющие факторы

Комфортность

Область внешних, поддающихся измерению параметров состояния воздуха, таких как его температура, влажность и скорость движения, при которых человек чувствует себя особенно хорошо, называют зоной комфортности. И все же точно обозначить этот диапазон во всех подробностях на основе этих параметров невозможно, поскольку, кроме прочего, необходимо принимать во внимание и достаточно большое число других факторов, например качество одежды, состояние здоровья, возраст человека, температуру ограждающих помещений поверхностей, уровень шума, наличие запахов и загрязняющих воздух примесей (рис. 2.1).

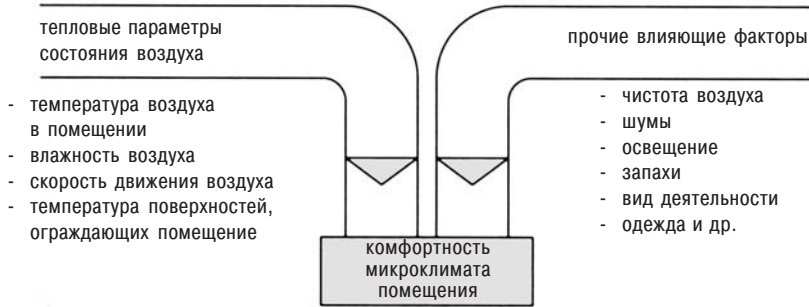


Рис. 2.1. Факторы, влияющие на комфортность помещения.

2.2.1. Тепловые параметры

Температура воздуха помещения t_i

Как уже упоминалось, температура воздуха в помещении играет решающую роль в деле общей отдачи тепла человека окружающей среде.

На рис. 2.2 представлены соответствующие температурные данные, а именно в виде среднего значения, т.е. не на уровне абсолютных величин.

Зимой по причине использования более теплой одежды величина t_i может устанавливаться ниже, чем летом. Этот факт находит свое отражение и в выборе стандартной (внутренней) температуры помещения в связи с определением норм расхода тепла согласно ДИН 4701.

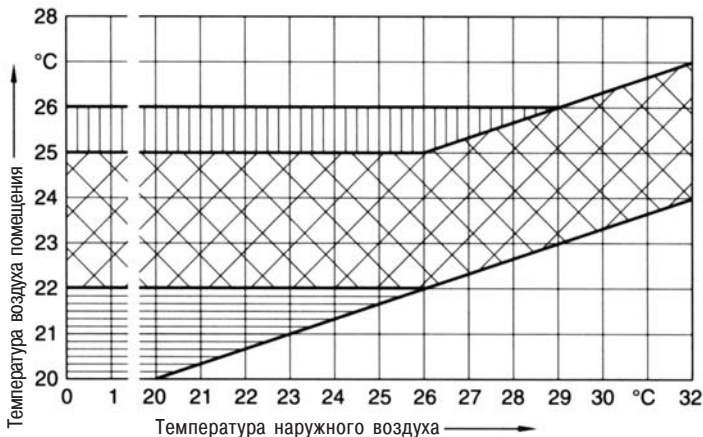


Рис. 2.2. Диапазон допустимых температур воздуха помещения по ДИН 1946, ч. 2, в зависимости от наружной температуры t_a :

- степени активности I и II,
- одежда из разряда легкой до среднетеплой.

**Температура воздуха помещения
как функция деятельности человека**

Также и при тяжелой физической работе температура воздуха в помещении должна быть соответственно ниже. В зависимости от вида деятельности человека она может составлять от 10 до 18°C.

Влажность воздуха помещения

Рекомендуемая относительная влажность φ_i

Часть своего тепла в виде теплоты парообразования $Q_{\text{п}}$ (скрытое тепло) люди всегда отдают в окружающую атмосферу. Но это также означает, что находящийся в помещении воздух должен обладать поглощающей способностью по отношению к выделяемому человеком водяному пару. С учетом вышесказанного рекомендуемая относительная влажность воздуха φ_i (ориентировочное значение) должна быть в диапазоне от 40 до 60% (рис. 2.3).

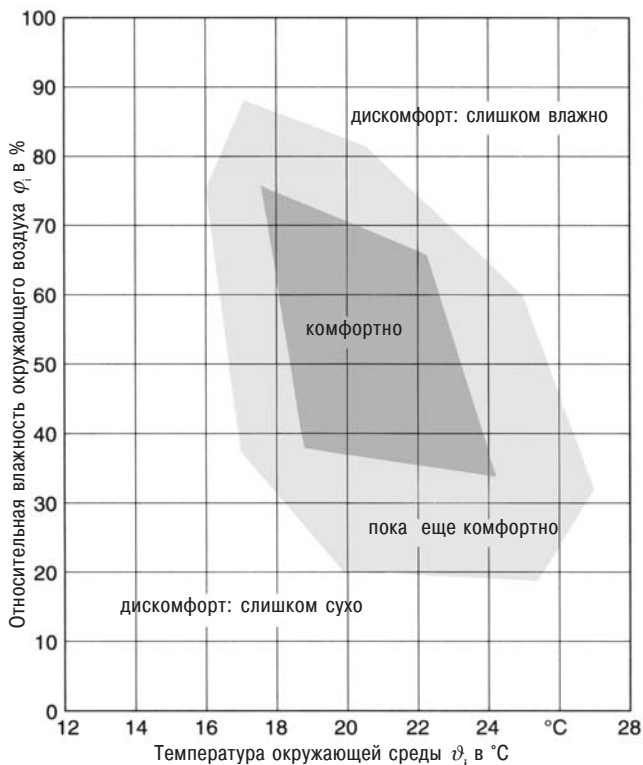


Рис. 2.3. Зона комфортности на уровне относительной влажности [12].

Итак, влажность воздуха в помещении обуславливается не только самим человеком и его жизнедеятельностью. В жилищах могут быть и иные источники влаги, например водяной пар, проникающий из ванной и кухни (см. табл. 2.3).

Таблица 2.3. Влагоотдача в жилых помещениях [3]

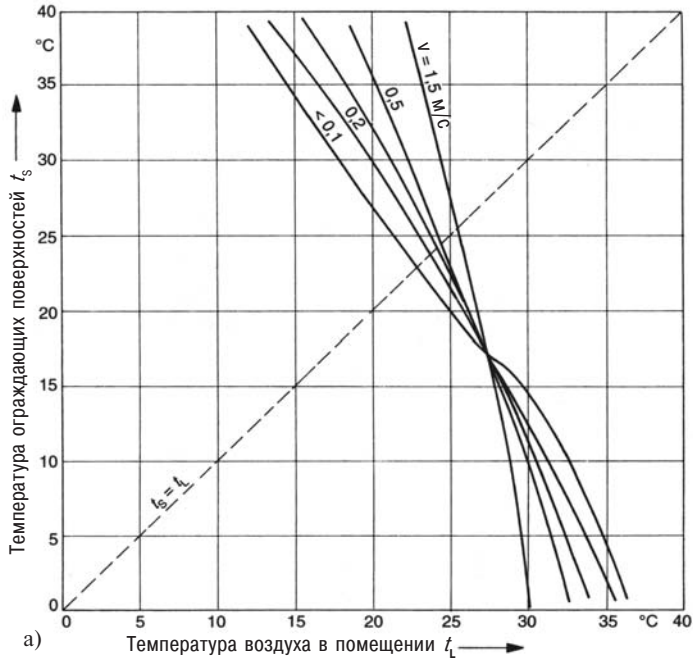
Горшочные растения	7–15 г/час
Фигус среднего размера	10–20 г/час
Сушка белья, барабан 4,5 кг с центрифугой	50–100 г/час
Ванная комната	примерно 1100 г за 1 купание
Душевая кабина	примерно 1700 г за 1 купание
Блюда быстрого приготовления	400–500 г/час варки
Блюда длительного приготовления	450–900 г/час варки
Посудомоечная машина	около 200 г за 1 процесс мытья
Стиральная машина	200–350 г за 1 стирку
Человек	
- во время сна	40–50 г/час
- при выполнении работы по дому	около 90 г/час
- при напряженной деятельности	около 175 г/час

Скорость движения воздуха v

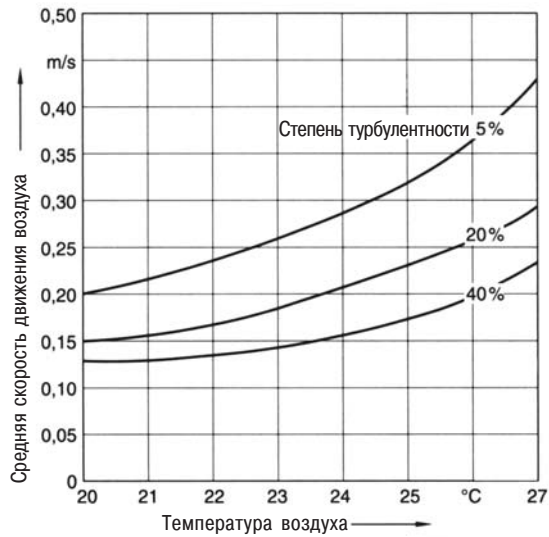
Движение воздуха в помещениях

Скорость потока воздуха в закрытых помещениях оказывает столь мощное влияние на самочувствие человека, что этот фактор едва ли можно переоценить. В связи с вентиляционными установками и системами кондиционирования сквозняки, вызываемые слишком холодным или чересчур быстро подаваемым воздухом, остаются наиболее частой причиной недовольства работой такого оборудования. Поэтому при нормальных температурах (20...22°C) в качестве допустимой скорости движения воздуха в помещении указывается величина примерно 0,1 до 0,2 м/с (рис. 2.4). Выбор скорости воздуха в зоне пребывания людей (обитаемой среде помещений) зависит также и от назначения того или иного помещения. Так, в среде с высокой активностью работающих там людей допускается более интенсивное движение воздуха.

Приведенные значения справедливы для степени активности I (табл. 2.2) и теплового сопротивления одежды порядка 0,12 м² К/Вт. При более высоких степенях активности и повышенных тепловых сопротивлениях предельные кривые могут быть взяты, например, из норм VDI (Союз немецких инженеров) 2083, л. 5 (пока в проекте). Характеристика для степени турбулентности 40% действительна также и для уровня >40%.



а)



б)

Рис. 2.4. а) Скорость воздуха как функция температуры воздуха в помещении t_L и температуры ограждающих поверхностей t_s [3]; б) средняя скорость воздуха в зависимости от температуры воздуха помещения и степени турбулентности [4].

2.2.2. Прочие значимые характеристики

Чистота воздуха

Пыль, вредные вещества и запахи в воздухе помещения не только неприятны, но и могут быть опасны для здоровья человека, поэтому их необходимо удалять из воздуха. Это удастся осуществлять с помощью подходящих фильтров или, соответственно, фильтровальных систем, а также на основе определенного воздухообмена, при котором загрязненный воздух эффективно заменяется свежим.

Шумы

Меры технического характера

Звуки определенной интенсивности и длительности способны не просто оказывать раздражающее действие, но в некоторых случаях становятся даже причиной ухудшения слуха. Шумы могут воздействовать на помещение снаружи или изнутри. Шум со стороны вентиляционных установок и систем кондиционирования воздуха в своей характеристике ограничен, кроме прочего, нормами ДИН 1946, ч. 5, либо регламентациями VDI 2081. При превышении допустимого уровня шума приходится в целях его снижения срочно принимать соответствующие меры технического характера (например, устанавливать шумоглушители). Общие сведения касательно звукоизоляции высотных домов содержатся в нормах ДИН 4109. В ч. 5 этих норм приведены предельные значения уровня звукового давления (УЗД) в связи с шумами, вызываемыми теми или иными устройствами и элементами технического оснащения зданий.

Освещение

Освещение, особенно освещенность мест работы, является чрезвычайно важным фактором сохранения хорошего зрения. При этом особое внимание следует уделять правильному выбору цвета и яркости освещения.

Прочие параметры, определяющие комфортность

Среди других факторов, так или иначе влияющих на комфортность, можно назвать также атмосферное электричество и *связанную с ним ионизацию воздуха*, цветовое оформление помещений, архитектуру интерьера и многое другое.