

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет  
им. К. И. Сатпаева

Ф. К. Батесова

**ХИМИЯ ОТХОДОВ, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ  
САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА**

Рекомендовано Научно-методическим советом  
университета в качестве учебного пособия

Алматы 2015

УДК 628.5(075.8)

ББК 51.24 я 73

Б28

Рецензенты:

*Приходько Н. Г.*, д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Охрана труда и окружающей среды» АО «АУЭС»

*Амирхожаева Д. А.*, канд. техн. наук, доц. НОУ «Международная Академия Бизнеса»

*Утепов Е. Б.*, д.т.н., проф. каф. «Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды» КазНТУ им. К. И. Сатпаева

Печатается по плану издания Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2015 год

Батесова Ф. К.

**Б28** Химия отходов, производственная санитария и гигиена труда: Учеб. пособие. – Алматы: КазНТУ, 2015 – 181 с. Ил. 33. Табл. 21. Библиогр. – 25 назв.

ISBN 978-601-228-789-9

*В пособии освещены проблема размещения отходов производства и потребления, а также особенности воздействия, нормирование и защита от таких вредных факторов, как: вредные вещества, неблагоприятные микроклиматические условия на рабочем месте, шум и вибрация, ионизирующее излучение, лазерное и электромагнитное излучения. В пособие включены вопросы организации производственной вентиляции, защиты от теплового воздействия и проблемы обеспечения производственного освещения.*

*Данное учебное пособие предназначено для трех специализаций специальности «Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды»: для специалистов по безопасности и охране труда и других специальностей.*

УДК 628.5(075.8)

ББК 51.24 я 73

ISBN978-601-228-789-9

© Батесова Ф. К., 2015

© КазНТУ, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Высшей формой деятельности человека является труд. Последовательное и непрерывное оздоровление условий труда на производстве, характера трудовых процессов в направлении устранения операций, утомляющих организм работающих, – характерные черты промышленности.

Работающий примерно треть своего времени находится на производстве, во взаимосвязи с производственной средой. В условиях производства в физических, химических и биологических технологических процессах при использовании различных видов энергии, сырьевых материалов и т. п. возможны выделения в воздушную среду газов, паров, пыли, тепла, микроорганизмов, вирусов, а также образование шума, вибрации, различных видов излучений (инфракрасных, световых, электромагнитных радиоактивных), повышенного или пониженного давления. Все эти производственные факторы встречаются в разных сочетаниях, обуславливая собой определенную производственную ситуацию, что объединяется понятием «условия труда».

И чем сложнее производство, тем большую опасность оно представляет. С развитием производства все актуальнее становятся проблемы обеспечения безопасности жизни и деятельности человека. Большое значение в решении проблем безопасности имеет образование и воспитание в области безопасности, охватывающей все ступени образования от дошкольного воспитания до системы повышения квалификации и переподготовки кадров. Особенно это касается технических вузов, где высокий уровень знаний в области безопасности будущих разработчиков новой техники и технологии, руководителей производства, полученный во время обучения, будет определять эффективность решения проблем безопасности непосредственно на производстве.

Важнейшей целью изучения проблем безопасности является формирование у специалистов мышления, основанного на глубоком осознании главного принципа безопасности – безусловности приоритета безопасности человека при решении любых инженерных задач.

Анализ производственных травм и профессиональных заболеваний показывает, что основной причиной их возникновения является несоблюдение требований безопасности, незнание человеком опасностей и вредностей и методов защиты от них. Поэтому необходима подготовка высококвалифицированных специалистов, способных эффективно решать задачи обеспечения безопасности человека, а также комфортных условий на производстве.

Важной составной частью «Безопасности жизнедеятельности» является «Производственная санитария». Основной задачей является изучение влияния окружающей среды на здоровье и трудоспособность населения, а также разработка соответствующих оздоровительных мероприятий. Другой задачей является разработка средств и способов, направленных на повышение сопротивляемости организма к возможным неблагоприятным воздействиям окружающей среды, на улучшение состояния здоровья и физического развития, повышение работоспособности и ускорение восстановительных процессов после тех или иных нагрузок. Производственная санитария не только фиксирует характер взаимодействия внешней среды и человека и возможное влияние среды на здоровье, но и разрабатывает мероприятия, направленные на усиление её положительного влияния и снижение вредного воздействия.

В предлагаемом учебном пособии по производственной санитарии рассмотрены основные виды производственных вредностей, методы и средства обеспечения безопасности труда. Учебное пособие «Химия отходов, производственная санитария и гигиена труда» соответствует программе подготовки студентов по специальности «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды», а также будет полезно для студентов различных специальностей, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности» и «Охрана труда».

## **1. АКТУАЛЬНОСТЬ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ И ГИГИЕНЫ ТРУДА**

### **Актуальность научных исследований и практической деятельности в области БЖД**

Современный человек не всегда пребывает в комфортных или допустимых условиях. Опасные и даже чрезвычайно опасные условия жизнедеятельности пока вероятны в условиях техносферы. Отклонения от допустимых условий деятельности всегда сопровождаются воздействием негативных факторов на человека и принуждают его к толерантности, что отрицательно влияет на производительность труда, ухудшает самочувствие, приводит к травмам и заболеваниям, а иногда и к гибели людей.

*Толерантность* – способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды.

**Производственная санитария** – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работников вредных производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности.

К производственной санитарии относится организация освещения и вентиляция на рабочих местах, очистка воздуха в рабочей зоне от вредных веществ, обеспечение оптимальных и допустимых параметров микроклимата на рабочих местах, защита от различного вида излучений (тепловых, электромагнитных, акустических, лазерных и ионизирующих).

Производственная санитария и гигиена труда своими методами и способами обеспечивают безопасность труда.

**Безопасность труда** – это состояние трудовой деятельности, при которой с определенной вероятностью исключаются потенциальные опасности и вредности, влияющие на здоровье человека.

*Предметом изучения гигиены труда* являются:

– санитарные особенности производственных процессов, оборудования и обрабатываемых материалов (сырья, продукты и отходы производства) с точки зрения их влияния на организм человека;

- санитарные условия труда (метеорологические факторы, загрязнение воздуха пылью и газами, излучения различного характера, шум, вибрация, ультразвук и др.);
- характер и организация трудовых процессов, изменение психофизиологических функций в процессе работы;
- состояние здоровья работников во время трудовой деятельности;
- состояние и гигиеническая эффективность санитарно-технических устройств и установок, санитарно-бытовых устройств, средств индивидуальной защиты.

*Задачами гигиены труда* являются определение предельно допустимых уровней воздействия вредных производственных факторов, классификация условий трудовой деятельности, оценка тяжести и напряженности трудового процесса, рациональная организация рабочего места, режима труда и отдыха.

В соответствии с изложенными задачами гигиены труда применяются различные методы исследования:

- *физические и химические методы* для исследования условий труда на производстве и оценки эффективности оздоровительных мероприятий;
- *физиологические методы* для исследования изменений в организме под влиянием условий и характера труда;
- *клинико-статистические и санитарно-статистические методы* для изучения состояния здоровья, общей и профессиональной заболеваемости работников.

### **1.1. Основы физиологии труда. Классификация основных форм деятельности человека**

Характер и организация трудовой деятельности оказывают существенное влияние на изменение функционального состояния организма человека. Многообразные формы трудовой деятельности делятся на физический и умственный труд.

В современной трудовой деятельности человека объем чисто физического труда незначителен. В соответствии с существующей физиологической классификацией трудовой деятельности различают:

- *формы труда, требующие значительной мышечной активности*. Этот вид трудовой деятельности имеет место при

отсутствии механизированных средств для выполнения работ и характеризуется повышенными энергетическими затратами;

– *механизированные формы труда.* Особенностью механизированных форм труда являются изменения характера мышечных нагрузок и усложнение программы действий. В условиях механизированного производства наблюдается уменьшение объема мышечной деятельности, в работу вовлекаются мелкие мышцы конечностей, которые должны обеспечить большую скорость и точность движений, необходимых для управления механизмами. Однообразие простых и большей частью локальных действий, однообразие и малый объем воспринимаемой в процессе труда информации приводят к монотонности труда и быстрому наступлению утомления;

– *формы труда, связанные с полуавтоматическим и автоматическим производством.* При таком производстве человек выключается из процесса непосредственной обработки предмета труда, который целиком выполняет механизм. Задача человека ограничивается выполнением простых операций на обслуживание станка: подать материал для обработки, пустить в ход механизм, извлечь обработанную деталь. Характерные черты этого вида работ – монотонность, повышенный темп и ритм работы, утрата творческого начала;

– *групповые формы труда – конвейер.* Эта форма труда определяется дроблением процесса труда на операции, заданным ритмом, строгой последовательностью выполнения операций, автоматической подачей деталей к каждому рабочему месту с помощью конвейера. При этом, чем меньше интервал времени, затрачиваемый работающим на операцию, тем монотоннее работа, тем упрощеннее ее содержание, что приводит к преждевременной усталости и быстрому нервному истощению;

– *формы труда, связанные с дистанционным управлением.* При этих формах труда человек включен в системы управления как необходимое оперативное звено, нагрузка на которое уменьшается с возрастанием степени автоматизации процесса управления. Различают формы управления производственным процессом, требующие частых активных действий человека, и формы управления, в которых действия оператора носят эпизодический характер, и основная его задача сводится к контролю показаний приборов и поддержанию постоянной готовности к вмешательству при необходимости в процесс управления объектом;

– *формы интеллектуального (умственного) труда* подразделяются на операторский, управленческий, творческий, труд медицинских работников, труд преподавателей, учащихся, студентов. Эти виды различаются организацией трудового процесса, равномерностью нагрузки, степенью эмоционального напряжения.

## **1.2. Классификация условий трудовой деятельности. Идентификация вредных факторов производственной среды**

Условия труда – это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Различают четыре группы факторов трудовой деятельности:

– *физические факторы*, включающие микроклиматические параметры и запыленность воздушной среды, все виды излучений, виброакустические характеристики рабочего места и качество освещения;

– *химические факторы*, включающие некоторые вещества биологической природы;

– *биологические факторы*, куда отнесены патогенные микроорганизмы, белковые препараты, а также препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов;

– *факторы трудового процесса*.

Условия труда, при которых воздействие на работающего вредных и опасных производственных факторов исключено или их уровень не превышает гигиенических нормативов (Р.2.2755–99 «Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса»), называют **безопасными условиями труда**.

В процессе трудовой деятельности человека осуществляется взаимодействие производственной среды и организма человека. Воздействие производственной среды на организм человека обуславливается:

– *особенностями технологического процесса* (степень автоматизации и механизации, герметичность оборудования и т. п.);

– *характером трудового процесса* (организация труда, рабочая поза, степень нервно-эмоционального и мышечного напряжения и др.);

– *санитарными условиями труда* (интенсивность излучения, загрязнение воздуха газами и пылью, микроклиматические условия и т. д.);

– *общесанитарными условиями труда*.

Факторы производственной среды, организация труда и производства, которые могут служить прямо или косвенно причиной нарушения работоспособности или здоровья работников, называются ***вредными производственными факторами***.

Заболевания, возникающие исключительно или преимущественно в результате воздействия на организм вредных производственных факторов, называются ***профессиональными заболеваниями***. К профессиональным заболеваниям относятся, например, болезни, вызываемые длительным вдыханием различных видов производственной пыли (пневмокониоз), воздействием химических веществ (отравление производственными ядами, болезни кожи), различными физическими факторами (вибрационная, лучевая болезнь и др.), а также чрезмерным напряжением нервно-мышечного аппарата (миозит, тендовагинит и др.).

Для обеспечения безвредных условий труда необходимо решить следующие основные задачи:

– идентификацию вредных производственных факторов;

– разработку соответствующих технических мероприятий и средств защиты от вредных производственных факторов.

Идентификация вредных производственных факторов включает ряд этапов:

– *выявление* вредных факторов;

– *оценку воздействия* вредных факторов на человека, определение допустимых уровней воздействия;

– *определение* пространственно-временных и количественных характеристик вредных факторов.

Важное значение на первой стадии идентификации вредностей имеет классификация опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ).

По природе воздействия на человека ОВПФ подразделяются на четыре группы (рис.1): физические; химические; биологические; психофизиологические.

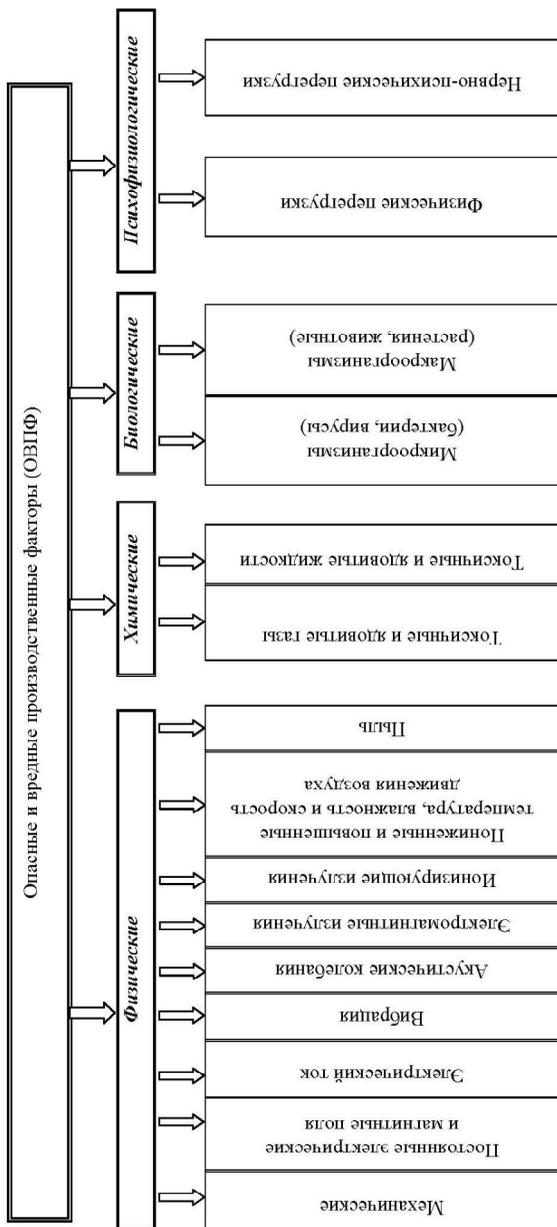


Рис. 1. Классификация опасных вредных производственных факторов

Примеры производств и работ, где встречаются производственные вредности, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Производственные вредности

Факторы среды и трудовой деятельности	Примеры производств и работ
I. Физические производственные вредности	
1. Повышенная или пониженная температура, влажность, подвижность воздуха рабочей зоны	Металлургия, машиностроительные заводы, техническое обслуживание авиационной техники, красильные цехи, холодильники, строительные работы на открытом воздухе
2. Повышенный уровень инфракрасного излучения	Металлургические заводы, производство стекла, авиаремонтные заводы и др.
3. Повышенный уровень ультрафиолетового излучения	Сварочные работы, электроплавка металла и др.
4. Повышенный уровень лазерного излучения	Исследовательский труд, связь и локация, работы в приборостроении, медицине и др.
5. Повышенный уровень ионизирующего излучения	Атомные электростанции, гамма- и рентгенодефектоскопия
6. Повышенный уровень электромагнитных излучений, напряженности электрического и магнитного полей	Производство и применение генераторов, радиолокация
7. Повышенный уровень статического электричества	Производство искусственной кожи, тканей и др.
8. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	Рудники, шахты, машиностроительные заводы и др.
9. Повышенный уровень шума, вибрации, ультразвука и инфразвука	Работа с ручным механизированным инструментом, транспорт, в том числе авиатранспорт, машиностроительные заводы
10. Недостаточная освещенность или нерациональное освещение рабочей зоны	Шахты, приборостроение, ткацкие и другие производства

## Продолжение табл. 1

11. Повышенное или пониженное атмосферное давление	Строительство мостов, тоннелей, авиатранспорт и др.
II. Химические производственные вредности	
Газы, пары, жидкости, аэрозоли	Химические заводы, литейные, гальванические, малярные цехи машиностроительных заводов
III. Биологические производственные вредности	
1. Микро- и макроорганизмы – источники инфекции	Уход за больными животными, обработка шкур
2. Витамины, гормоны, антибиотики, вещества белковой природы	Фармацевтические заводы, мясокомбинаты, производство кормов и питательных средств
IV. Психофизиологические факторы	
1. Физические (статические и динамические) перегрузки опорно-двигательного аппарата	Немеханизированный труд
2. Физиологически недостаточная двигательная активность (гиподинамия)	Большинство видов умственного труда: работа ученых, педагогов, бухгалтеров и др.
3. Физиологические перегрузки органов кровообращения, дыхания, голосовых связок	Работа музыкантов, певцов, стеклодувов и др.
4. Нервно-психические перегрузки: умственное перенапряжение анализаторов, монотонность труда	Труд операторов, диспетчеров, водителей, работы на конвейере и т.п.

**1.3. Оценка производственных факторов**

При оценке воздействия вредностей на организм человека следует учитывать степень влияния на здоровье и жизнь человека, уровень возможностей организма, его потенциальных возможностей и адаптивных способностей.

При оценке допустимости воздействия вредных факторов на организм человека исходят из психофизиологического закона субъективной количественной оценки раздражителя Вебера –

Фехнера. Основоположник психофизики Г. Фехнер так сформулировал этот закон:

*«Величина ощущения пропорциональна не абсолютному значению стимула, а логарифму величины стимула, если эта последняя выражена через свою пороговую величину».*

Основываясь на этом законе, Г. Фехнер выразил зависимость изменения интенсивности ощущения от силы физического раздражителя, следующей формулой:

$$L = 10 \lg \frac{R}{R_0}, \quad (1)$$

где  $L$  – разностная чувствительность;  $R$  – величина действующего раздражителя;  $R_0$  – величина абсолютного порога чувствительности, т. е. начало ощущения.

На базе закона Вебера – Фехнера построено нормирование вредных факторов. Для исключения необратимых биологических эффектов устанавливаются предельно допустимые уровни воздействия вредных факторов.

**Предельно допустимый уровень (ПДУ)** – это максимальное значение негативного фактора, который, воздействуя на человека в течение рабочей смены, ежедневно, на протяжении всего периода трудового стажа, не вызывает у него и у его потомства биологических изменений, в том числе заболеваний, а также психологических нарушений (снижение интеллектуальных и эмоциональных способностей, умственной работоспособности).

При установлении ПДУ руководствуются следующими принципами:

- *приоритетность* медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов перед прочими подходами (технической достижимостью, экономическими возможностями);
- *пороговость* действия неблагоприятных факторов.

#### 1.4. Основные методы защиты человека от вредных производственных факторов

Одним из основных методов защиты человека от воздействия вредных производственных факторов является установление предельно допустимых уровней ПДУ (ПДК) воздействия (нормирование).

Защита человека от воздействия вредных производственных факторов осуществляется путем снижения уровня вредных факторов до уровней, не превышающих предельно допустимых (ПДУ).

Основные методы защиты человека представлены на рис. 2.

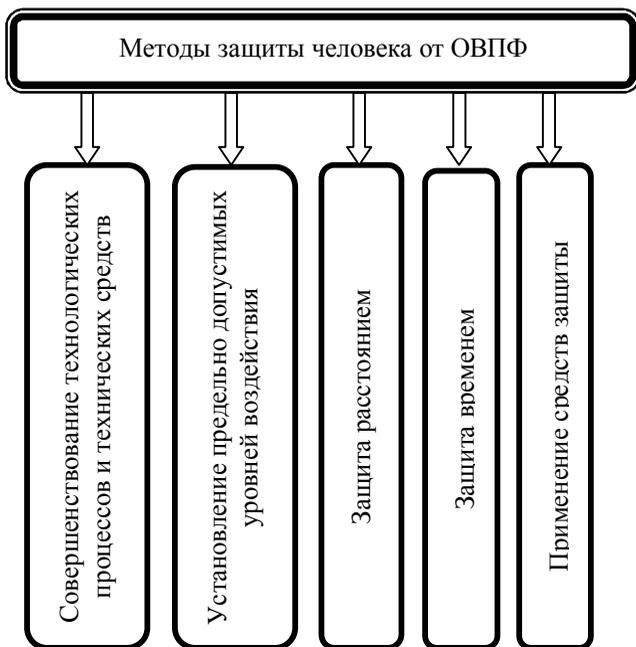


Рис. 2. Основные методы защиты человека от вредных производственных факторов

С технической точки зрения, наиболее перспективным методом защиты является совершенствование конструкций

машин и технологических процессов, их замена на более прогрессивные, обладающие минимальным уровнем физических вредных производственных факторов и выделением вредных веществ.

При невозможности исключения воздействия вредных факторов используют следующие методы защиты:

- *удаление человека* на безопасное расстояние от источника вредного фактора (защита расстоянием);
- *уменьшение времени* пребывания в зоне действия вредного фактора (защита временем);
- *применением средств защиты*.

**Средство защиты человека** – это средство, предназначенное для предотвращения или уменьшения воздействия на работника опасных и (или) вредных производственных факторов.

Средства защиты подразделяются на:

- ***средства коллективной защиты***, обеспечивающие защиту всех работников данного производства, связанные конструктивно и (или) функционально с производственным оборудованием, производственным процессом, производственным помещением (зданием) или производственной площадкой;
- ***средства индивидуальной защиты***, обеспечивающие защиту одного человека и надеваемые на тело человека или его части.

К средствам коллективной защиты относятся: отопление, вентиляцию, кондиционирование, звукопоглощение, звукоизоляцию, осветительные приборы, различные экраны, ограждения и др. К средствам защиты предъявляются следующие требования: они не должны быть источником опасных и вредных производственных факторов, должны отвечать требованиям технической эстетики и эргономики. Выбор конкретного типа средства защиты работающих должен осуществляться с учетом требований безопасности для данного процесса или вида работ.

## 1.5. Физиология труда

### 1.5.1. Классификация основных форм деятельности человека

Производственная деятельность является неотъемлемой частью жизни взрослого человека. Организация и характер трудовой деятельности оказывают ощутимое влияние на изменение функционального состояния организма человека. Понятие «работа» можно рассматривать с физической и физиологической точек зрения. С физической точки зрения работа – это мера внешнего воздействия на тело, которая количественно характеризует переход одной формы энергии в другую. С физиологической стороны работа является функцией человеческого организма, и каково бы ни было ее содержание и форма, она является по существу своему тратой человеческого мозга, нервов, мускулов и т. д.

Разнообразные формы трудовой деятельности делятся на физический и умственный труд.

Сложившееся деление на физический и умственный труд с физиологической точки зрения условно. Никакая мышечная деятельность невозможна без участия центральной нервной системы, регулирующей и координирующей все процессы в организме. В то же время нет такой умственной работы, которая не сопровождалась бы мышечной деятельностью. Различие трудовых процессов при их осуществлении проявляется лишь в преобладании деятельности мышечной или центральной нервной системы.

Основные виды трудовой деятельности (по М. И. Виноградову) представлены на рис. 3.

**Физический труд** характеризуется нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма человека, обеспечивающие его деятельность (сердечно-сосудистую, нервно-мышечную, дыхательную и др.). Физический труд, развивая мышечную систему и стимулируя обменные процессы, в то же время имеет ряд отрицательных последствий. Прежде всего, это социальная неэффективность физического труда, связанная с низкой его производитель-

ностью, необходимостью высокого напряжения физических сил и потребностью в длительном (до 50 % рабочего времени) отдыхе.



Рис. 3. Виды трудовой деятельности

Физическая работа требует значительной мышечной активности. Она подразделяется на два вида: *динамическую* и *статическую* работу. Динамическая работа связана с перемещением тела человека, его рук, ног, пальцев в пространстве; статическая работа – с воздействием нагрузки на верхние конечности, мышцы корпуса и ног при удерживании груза, при выполнении работы, стоя или сидя. Динамическая физическая работа, при которой в процессе трудовой деятельности задействовано более 2/3 мышц человека, называется *общей*, при участии в работе от 2/3 до 1/3 мышц человека (мышцы только корпуса, ног, рук) – *региональной*, при *локальной* динамической работе задействовано менее 1/3 мышц (например, набор текста на компьютере).

Особенности **труда на конвейере (групповая форма)** определяются дроблением процесса на операции, заданным ритмом, строгой последовательностью выполнения операций, автоматической подачей деталей к каждому рабочему месту с помощью движущейся ленты конвейера.

Конвейерная форма труда требует синхронизированной работы ее участников в соответствии с заданным темпом и ритмом. При этом, чем меньше интервал времени, затрачиваемый работником на операцию, тем монотоннее работа, тем упрощеннее ее содержание.

**Монотония** – одна из ведущих отрицательных особенностей конвейерного труда, приводящая к преждевременной усталости и быстрому нервному истощению. В основе этого специфического явления лежит преобладание процесса торможения в корковой деятельности, развивающееся при действии однообразных повторных раздражителей. При этом снижается возбудимость анализаторов, рассеивается внимание, снижается скорость реакций и быстро наступает утомление.

Особенностью **механизированных форм труда** являются изменения характера мышечных нагрузок и усложнение программы действий. Профессии механизированного труда нередко требуют специальных знаний и двигательных навыков. В условиях механизированного производства наблюдается уменьшение объема мышечной деятельности, в работу вовлекаются мелкие мышцы дистальных отделов конечностей, которые должны обеспечить большую скорость и точность движений, необходимую для управления механизмами. Однообразие простых и большей частью локальных действий, и малый объем воспринимаемой в труде информации приводит к монотонности труда и быстрому наступлению утомления.

При **формах труда, связанных с частично автоматизированным производством** (полуавтоматическом производстве), человек выключается из процесса непосредственной обработки предмета труда, который целиком выполняет механизм. Задача человека ограничивается выполнением простых операций по обслуживанию станка: подать материал для обработки, пустить в ход механизм, извлечь

обработанную деталь. Характерные черты этого вида работ – монотонность, повышенный темп и ритм работы, утрата творческого начала.

Физиологической особенностью в значительной мере автоматизированных форм труда является готовность работника к действию и связанная с ней быстрота реакции по устранению возникавших неполадок. Такое функциональное состояние «оперативного ожидания» бывает различным по степени утомительности в зависимости от отношения к работе, срочности необходимого действия, ответственности предстоящей работы и т. д.

При **формах труда, связанных с дистанционным управлением производственными процессами и механизмами**, человек включен в систему управления как необходимое оперативное звено – чем менее автоматизирован процесс управления, тем больше его участие. С физиологической точки зрения различаются две основные формы управления производственным процессом. В одних случаях пульта управления требуют частых активных действий человека, а в других – редких. В первом случае непрерывное внимание работника получает разрядку в многочисленных движениях или речедвигательных актах, во втором – работник находится, главным образом, в состоянии готовности к действию, его реакции малочисленны.

**Формы интеллектуального (умственного) труда** представлены как профессиями, относящимися к сфере материального производства (конструкторы, инженеры, техники, диспетчеры, операторы и т. д.), так и вне ее (врачи, учителя, писатели, артисты, художники и др.). Интеллектуальный труд характеризуется, как правило, необходимостью переработки большого объема разнородной информации с мобилизацией памяти, внимания, частотой стрессовых ситуаций. Вместе с тем мышечные нагрузки, как правило, незначительны, суточные энергозатраты составляют 10...11,7 МДж. Для данного вида труда характерна *гипокинезия*, т. е. значительное снижение двигательной активности человека, приводящее к ухудшению реактивности организма и повышению эмоционального напряжения. Гипокинезия является

неблагоприятным производственным фактором, одним из условий формирования сердечно-сосудистой патологии у лиц умственного труда.

В условиях научно-технического прогресса возрастает роль творческого элемента во всех сферах профессиональной деятельности. Во многих профессиях преимущественно физического труда увеличивается доля умственного компонента, что приводит к стиранию граней между умственным и физическим трудом.

Умственный труд объединяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требующие преимущественного напряжения сенсорного аппарата, внимания, памяти, а также активации процессов мышления, эмоциональной сферы.

Формы умственного труда подразделяются на операторский, управленческий, творческий труд, труд медицинских работников, труд преподавателей, учащихся и студентов. Указанные виды труда отличаются по организации трудового процесса, равномерности нагрузки, степени эмоционального напряжения.

В условиях современного механизированного производства основными становятся функции контроля за работой машин, широкое распространение приобретает **операторская деятельность**. Работа оператора отличается большой ответственностью и высоким нервно-эмоциональным напряжением.

**Управленческий труд** – труд руководителей учреждений, предприятий характеризуется чрезмерным ростом объема информации, возрастанием дефицита времени для ее переработки, повышенной личной ответственностью за принятие решений, периодическим возникновением конфликтных ситуаций.

**Творческий труд** – наиболее сложная форма трудовой деятельности, требующая значительного объема памяти, напряжения внимания, что повышает степень нервно-эмоционального напряжения. Эта форма труда присуща научным работникам, писателям, композиторам, артистам, художникам, архитекторам, конструкторам.

**Труд преподавателей и медицинских работников** отличается постоянными контактами с людьми, повышенной ответственностью, часто дефицитом времени и информации для принятия правильного решения, что обуславливает высокую степень нервно-эмоционального напряжения.

**Труд учащихся и студентов** характеризуется напряжением основных психических функций, таких как память, внимание, восприятие; наличием стрессовых ситуаций (экзамены, зачеты).

При умственной работе так же, как и при физической, наблюдаются изменения циркуляторного характера и нарушения обменных процессов, но они менее интенсивно выражены и непостоянны. В отличие от физической работы, при умственной работе происходит сужение сосудов конечностей и расширение сосудов внутренних органов. Исследования центральной нервной системы показывают, что при умственной работе происходят качественно такого же характера изменения, как и при физической, но более интенсивно выраженные. Это особенно резко выражено при выполнении работ, требующих большого нервно-эмоционального напряжения. Длительная работа такого характера может иметь негативные последствия. Лица умственного труда, особенно сопровождающегося эмоциональными компонентами, значительно чаще страдают сердечно-сосудистыми и некоторыми другими заболеваниями.

### ***1.5.2. Энергетические затраты при деятельности человека***

Энергия, необходимая человеку для его деятельности, выделяется в процессе окислительно-восстановительного распада углеводов, белков, жиров и других органических соединений, содержащихся в продуктах питания. Окислительно-восстановительные реакции в живых организмах могут протекать как с участием кислорода (аэробное окисление), так и без участия кислорода (анаэробное окисление). Анаэробное окисление характеризуется меньшим количеством высвобождаемой энергии и имеет ограниченное значение у высших организмов.

При аэробном окислении 1 г жира в организме высвобождается 38,94 кДж, а при окислении 1 г белка или 1 г углеводов – 17,6 кДж энергии. Эта энергия частично расходуется на совершение полезной работы и частично рассеивается в виде теплоты, нагревая тело человека и окружающую среду (КПД мышечных тканей человека – 40...60 %).

Обменом веществ называется **совокупность химических реакций в организме человека**. Для характеристики суммарного энергетического обмена веществ используют понятия основного обмена и обмена при различных видах деятельности.

Основной обмен характеризуется величиной энергетических затрат в состоянии полного мышечного покоя в стандартных условиях (при комфортной температуре окружающей среды, спустя 12...16 ч после приема пищи в положении лежа). Энергозатраты на процессы жизнедеятельности в этих условиях для человека массой 75 кг составляют 87,5 Вт.

Изменение позы, интенсивности мышечной деятельности, информационной насыщенности труда, степени эмоционального напряжения и других факторов приводят к дополнительным затратам энергии. Так, в положении сидя, за счет работы мышц туловища, затраты энергии превышают на 5... 10 % уровень общего обмена, в положении стоя — на 10... 15 %, при вынужденной неудобной позе – на 40...50%.

При интенсивной интеллектуальной работе потребность мозга в энергии составляет 15...20 % основного обмена (масса мозга составляет 2 % массы тела). Повышение суммарных энергетических затрат при умственной работе определяется степенью нервно-эмоциональной напряженности. Так, при чтении вслух сидя расход энергии повышается на 48 %, при выступлении с публичной лекцией – на 94 %, у операторов вычислительных машин – на 60... 100 %. Повышение обмена веществ и расхода энергии при работе приводит к повышению теплообразования. При тяжелой физической работе температура тела повышается на 1...1,5 °С.

Уровень энергозатрат может служить критерием тяжести и напряженности выполняемой работы, имеющим большое значение для оптимизации условий труда и его рациональной

организации. Уровень энергозатрат определяют методом непрямой калориметрии, т. е. полного анализа (учитывается объем потребления кислорода и выделенного углекислого газа). С увеличением тяжести труда значительно возрастает потребление кислорода и количество расходуемой энергии, отсюда наблюдаются различные суточные энергозатраты человека, МДж (табл. 2).

Таблица 2

Суточные энергозатраты человека

Работники умственного труда (инженеры, врачи, педагоги и др.)	10,5... 11,7
Работники механизированного труда и сферы обслуживания (медсестры, продавцы, рабочие, обслуживающие автоматы и др.)	11,3...12,5
Работники, выполняющие работу средней тяжести (станочники, шоферы, хирурги, полиграфисты, литейщики, сельскохозяйственные рабочие и др.)	12,5...15,5
Работники, выполняющие тяжелую работу (лесорубы, грузчики, горнорабочие, металлурги и др.)	16,3...18,0

Затраты энергии на мышечную работу в труде (сверх уровня покоя и независимо от влияния эмоций, связанных с работой, влияния температуры воздуха и пр.) могут быть рассчитаны для среднего рабочего как сумма затрат на поддержания рабочей позы и на выполняемую мышцами механическую работу.

Энергетические затраты в процессе трудовой деятельности определяют *физическую тяжесть работы*, которая в зависимости от энергетических затрат подразделяется на следующие категории: легкие, средней тяжести и тяжелые физические работы.

*Легкие физические работы* (категория I) подразделяются на две категории: *Ia*, при которой энергозатраты составляют до 139 Вт, и *Iб*, при которой энергозатраты составляют 140...174 Вт.

*Физические работы средней тяжести* (категория II) подразделяются на две категории: *II а*, при которой энергозатраты составляют 175...232 Вт, и *II б*, при которой энергозатраты составляют 233 ... 290 Вт.

*Тяжелые физические работы* характеризуются расходом энергии более 290 Вт.

### ***1.5.3. Работоспособность человека и ее динамика***

Одним из главных показателей здоровья человека является такой социально значимый фактор, как его работоспособность.

Под *работоспособностью* понимается способность человека производить сформированные, целенаправленные действия. С физиологической точки зрения это способность человеческого организма выдерживать в ходе трудового процесса заданную физическую и эмоциональную нагрузку.

Предел работоспособности является величиной переменной. Ее изменение во времени называют ***динамикой работоспособности***.

Во время выполнения мышечной работы и в течение восстановительного периода наблюдаются многофазные изменения функционального состояния центральной нервной системы. Физиологи Ю. М. Данько и Н. К. Верещагин в своих работах различают три фазы изменения функционального состояния центральной нервной системы во время работы и три фазы после ее прекращения.

#### **Во время работы:**

*Первая фаза* изменений возникает в начале работы, соответствует периоду вработываемости, кратковременна и является фазой инерционного торможения, характеризующего начальные усилия.

*Вторая фаза* – состояние рабочего возбуждения, появляющаяся в процессе дальнейшего выполнения работы. Длительность этой фазы зависит от тяжести работы.

*Третья фаза* – состояние вторичного или охранительного торможения, возникающего к концу тяжелой утомительной работы.

### После прекращения работы:

*Первой фазой* периода восстановления является кратковременное состояние послерабочего возбуждения.

*Вторая фаза* – период послерабочего торможения, длительность которого тем больше, чем тяжелее была работа.

*Третья фаза* – период восстановления возбудимости. Протекает часто волнообразно через фазу повышения возбудимости.

На основании этих наблюдений сделано заключение – вся трудовая деятельность протекает по фазам (рис. 4) (по В. Л. Лапину):

**I фаза.** Предрабочее состояние (фаза мобилизации) – субъективно выражается в обдумывании предстоящей работы (идеомоторный акт), определенные предрабочие сдвиги в нервно-мышечной системе, соответствующие характеру предстоящей нагрузки.

**II фаза.** Врбатываемость или стадия нарастающей работоспособности (фаза гиперкомпенсации) – период, в течение которого совершается переход от состояния покоя к рабочему, т. е. преодоление инертности покоя системы и налаживание координации между участвующими в деятельности системами организма. Длительность периода врбатываемости может быть значительной. Например, утром после сна все характеристики сенсомоторных реакций значительно ниже, чем в дневные часы. Производительность труда в эти часы ниже. Период может занять от нескольких минут до двух–трех часов. На длительность этой фазы оказывают влияние: интенсивность работы, возраст, опыт, тренированность, отношение к работе.

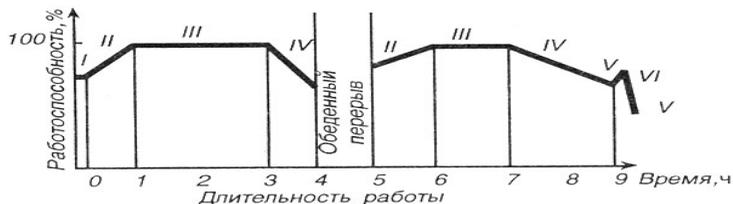


Рис. 4. Фазы работоспособности человека в течение рабочего дня

**III фаза.** Период устойчивой работоспособности (фаза компенсации). В этот период устанавливается оптимальный режим работы систем организма, вырабатывается стабилизация показателей, а его длительность составляет ко всему времени работы примерно 2/3. Эффективность труда в этот период максимальная.

**IV фаза.** Период утомления (фаза декомпенсации). Характеризуется снижением продуктивности, замедлением скорости реакции, появлением ошибочных и несвоевременных действий, физиологической усталостью.

**V фаза.** Период возрастания продуктивности за счет эмоционально-волевого напряжения.

**VI фаза.** Период прогрессивного снижения работоспособности и эмоционально-волевого напряжения.

**VII фаза.** Период восстановления – необходим организму для восстановления работоспособности. Продолжительность этого периода определяется тяжестью проделанной работы, величиной кислородного долга, величиной сдвигов в нервно-мышечной системе. После легкой однократной работы период может длиться 5 минут. После тяжелой однократной работы – 60...90 мин, а после длительной физической нагрузки восстановление может наступить через несколько дней.

Период устойчивой работоспособности определяется выносливостью человека при данном виде работы и заданном уровне интенсивности.

Выносливость обуславливается следующими факторами:

– *интенсивностью* работы. Чем больше интенсивность, тем короче период устойчивой работоспособности;

– *спецификой* работы. Например, динамическая работа может продолжаться без признаков утомления в десятки раз дольше, чем статическая. Имеет значение то, какой орган включен в действие. Для мышц ног выносливость в 1,5...2 раза больше, чем для мышц рук. Среди мышц рук выносливее сгибатели, а среди мышц ног – разгибатели;

– *возрастом*. В юношеском и молодом возрасте выносливость увеличивается, в пожилом – снижается;

– *полом*. При нагрузке, равной половине максимальных возможностей, выносливость при статической и

двигательной деятельности у мужчин и женщин одинакова. При больших нагрузках мужчины выносливее;

– *концентрацией внимания* и волевым напряжением при интенсивной работе снижают показатели выносливости;

– *эмоциональным состоянием*. Уверенность, спокойствие, хорошее настроение активизируют деятельность, удлиняя период устойчивой работоспособности. Страх, неуверенность, плохое настроение оказывают угнетающее действие, снижая период устойчивой работоспособности;

– *наличием умений, навыков, тренированностью* снижают волевое и эмоциональное напряжение, повышая работоспособность;

– *типом высшей нервной деятельности* (индивидуальные природные возможности нервной системы). Сила нервной системы характеризует работоспособность и надежность работы оператора особенно в экстремальных ситуациях.

В течение суток работоспособность также изменяется определенным образом.

С 6 до 15 ч – первый интервал, во время которого способность постепенно повышается. Она достигает своего максимума к 10–12 ч, а затем постепенно начинает понижаться. Во втором интервале (15...22 ч) работоспособность повышается, достигая максимума к 18 ч, а затем начинает уменьшаться до 22 часов. Третий интервал (22...6 ч) характеризуется тем, что работоспособность существенно снижается и достигает минимума около трех часов утра, затем начинает возрастать, оставаясь при этом, однако, ниже среднего уровня. Для работоспособности также имеют значения дни недели. Вработывание приходится на понедельник, высокая работоспособность – на вторник, среду и четверг, а развивающееся утомление – на пятницу и, особенно, на субботу. Работоспособность создается в результате происходящих в организме процессов, которые определяют потенциальные возможности человека выполнять конкретную работу при заданных режимах. Но энергетические ресурсы человека не беспредельны. При непрерывной работе различные органы человека должны расходовать только определенное количество энергии, не превышающее предела работоспособности. При

расходе энергии выше этого предела работоспособность падает. Снижение работоспособности объективно оценивается как утомление, а субъективно воспринимается в виде чувства усталости.

**Утомление** – снижение работоспособности, возникающее в результате выполнения труда большой тяжести, напряженности или продолжительности и выражающееся в количественном и качественном ухудшении его результатов. Утомление может быть мышечным (физическим) и умственным (психическим). Различают (М. И. Виноградов) быстро развивающееся утомление в результате непривычной или чрезмерной работы и медленно развивающееся утомление (вторичное) с не резко выраженными изменениями в организме в результате привычной, но слишком длительной работы.

**Быстро развивающееся утомление** может наступить в результате значительных физических усилий или непривычной очень напряженной работы. Утомление в этом случае наступает вследствие нарушения центральной координации функций и возникновения экстренных очагов торможения в результате несоответствия рабочего задания функциональным возможностям организма. Быстро развивающееся утомление чаще всего наступает до приобретения трудовых навыков. При дальнейшей работе образуется динамический рабочий стереотип, дающий возможность выполнять работу длительное время при высокой работоспособности.

**Медленно развивающееся утомление** характеризуется постепенным снижением работоспособности в результате привычной, но чрезмерно длительной или монотонной работы. Утомление представляет собой обратимое физиологическое состояние. При отсутствии перегрузок работоспособность организма при прекращении работы или смене вида деятельности полностью восстанавливается. Однако, если работоспособность не восстанавливается к началу следующего периода работы, утомление может накапливаться и переходить в **переутомление** – более стойкое снижение работоспособности, которое в дальнейшем в некоторых случаях ведет к развитию болезни. Утомление может быть причиной повышенного травматизма на производстве. Признаком переутомления

является пониженная работоспособность в начале рабочего дня, мало отличающаяся от уровня работоспособности в последний час работы в предыдущий рабочий день. Первая степень характерна быстрым падением работоспособности в течение рабочего дня. Вторая степень переутомления характеризуется снижением работоспособности против обычного уровня уже в первый час работы.

Хроническое переутомление определяется следующими признаками:

- ощущением утомления еще до начала работы;
- повышенной раздражительностью;
- снижением интереса к работе и окружающим;
- снижением аппетита, потерей веса;
- нарушением сна, трудным засыпанием и пробуждением,

бессонницей;

- понижением сопротивляемости организма инфекциям.

Кроме того, при хроническом утомлении возможны тошнота, тремор вытянутых рук, понижение артериального давления.

**Меры повышения работоспособности.** *Основными направлениями повышения работоспособности являются:*

- рациональная организация трудового процесса;
- создание условий для быстрого овладения трудовыми навыками;
- рациональная организация режима труда и отдыха.

## 2. МИКРОКЛИМАТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

### 2.1. Особенности микроклиматических условий производственных помещений

**Микроклимат производственных помещений** представляет собой комплекс физических факторов в ограниченном замкнутом пространстве, оказывающих влияние на теплообмен человека с окружающей средой, его тепловое состояние, самочувствие, работоспособность и здоровье.

Микроклимат бытовых, производственных и жилых помещений определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры воздуха ( $t$ , °C), относительной влажности ( $\phi$ , %), скоростью движения воздуха ( $V$ , м/с), теплового излучения от внутренних поверхностей помещения (стен, потолка, пола, технического оборудования) ( $I$ , Вт/м<sup>2</sup>).

*Повышенная температура* в производственных помещениях обуславливается:

- технологическим оборудованием (плавильные, обжигательные, нагревательные, сушильные печи, паровые котлы, паропроводы и т. д.);
- нагретыми до высокой температуры обрабатываемыми материалами и готовыми изделиями (расплавленный металл, стекло, поковки, слитки и т. д.);
- выделением тепла при экзотермических химических реакциях;
- выбросом горячих паров и газов через неплотности печей, аппаратов, труб, паропроводов и др.;
- переходом в теплоту электрической и механической энергии движущихся механизмов;
- нагревом помещения прямыми солнечными лучами, особенно в летнее время (инсоляция).

Тепловыделения от указанных источников нередко превышают теплотери через наружные ограждения зданий и вызывают повышение температуры воздуха.

При расчете теплового баланса для большинства помещений исходят из того, что все ограждения и оборудование

в помещении находятся в состоянии теплового равновесия, т. е. их температура остается неизменной во времени, и количество получаемого ими тепла в единицу времени равно количеству теряемого тепла. Разность поступления и потерь тепла определяет теплоизбытки в помещении, которые должны быть компенсированы вентиляцией.

В производственных помещениях избыточное тепло можно определить из уравнения теплового баланса

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_{л} + Q_{р} - Q_{отд}, \quad (3)$$

где  $Q_{об}$ ,  $Q_{осв}$ ,  $Q_{л}$  – тепло, выделяемое производственным оборудованием, системой искусственного освещения и работающим персоналом соответственно;  $Q_{р}$  – тепло, вносимое солнечной радиацией;  $Q_{отд}$  – теплоотдача естественным путем.

*Теплопоступления в производственное помещение от оборудования, приводимого в движение электродвигателями, определяют по формуле*

$$Q_{об} = P_{об} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4, \quad (4)$$

где  $P_{об}$  – установочная мощность электродвигателя, кВт;  $\eta_1$  – коэффициент использования установочной мощности, равный 0,7...0,9;  $\eta_2$  – коэффициент загрузки – отношение средней потребляемой мощности к максимально необходимой, равный 0,5...0,8;  $\eta_3$  – коэффициент одновременности работы электродвигателей, равный 0,5...1;  $\eta_4$  – коэффициент, характеризующий долю механической энергии, превратившейся в тепло.

Для приближенного определения теплопоступлений в механических и механосборочных цехах при работе станков без охлаждающей эмульсии значение произведений коэффициентов можно принимать как 0,25; при работе станков с охлаждающей эмульсией – 0,2; при наличии местных отсосов равным 0,15.

*Теплопоступления от осветительных установок*

Считая, что вся электрическая энергия, затрачиваемая на освещение, переходит в тепловую, количество тепла, поступающего в помещение от искусственного освещения, может быть определено по формуле

$$Q_{осв} = E \cdot F \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв}, \quad (5)$$

где  $E$  – освещенность, лк;  $F$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;  $q_{осв}$  – удельные выделения тепла, Вт/м<sup>2</sup> на 1 лк освещенности, составляющие: для люминесцентных светильников – 0,05...0,13; для ламп накаливания – 0,13...0,25;  $\eta_{осв}$  – доля тепловой энергии, попадающей в помещение.

В тех случаях, когда арматура и лампы находятся вне помещения (за остекленной поверхностью, в потоке вытяжного воздуха), доля тепловой энергии, попадающей в помещение, составляет для люминесцентных светильников 0,55 потребляемой энергии, для ламп накаливания – примерно 0,85.

*Теплопоступления от солнечной радиации* определяют по формуле

$$Q_p = F_{ост} \cdot q_{ост} \cdot A_{ост}, \quad (6)$$

где  $F_{ост}$  – площадь поверхности остекления, м<sup>2</sup>;  $q_{ост}$  – теплопоступления от солнечной радиации через 1 м<sup>2</sup> поверхности остекления при коэффициенте теплопередачи, равном 1 Вт/(м<sup>2</sup>· К);  $A_{ост}$  – коэффициент остекления.

Значения  $q_{ост}$  в зависимости от географической ориентации поверхности и характеристики окон или фонарей принимаются в пределах 70...210; значение коэффициента  $A_{ост}$  в зависимости от вида остекления и его защитных свойств – в пределах 0,25...1,15. При расчетах теплопоступления от солнечной радиации учитываются в тепловом балансе помещений для теплого периода года.

*Теплопоступление от людей* зависит в основном от степени тяжести выполняемой ими физической работы и в меньшей мере от температуры помещения и теплозащитных свойств одежды. При расчете вентиляции важно правильно определить отдачу явного тепла (Вт) по формуле

$$Q_{ч.я} = \beta_u \cdot \beta_{од} (2,5 + 10,3\sqrt{v_в}) (35 - t_n), \quad (7)$$

где  $\beta_u$  – коэффициент, учитывающий интенсивность работы и равный 1 для легкой работы, 1,07 – для работы средней тяжести и 1,15 – для тяжелой работы;  $\beta_{од}$  – коэффициент, учитывающий

теплозащитные свойства одежды и равный 1 – для легкой одежды, 0,65 – для обычной одежды и 0,4 – для утепленной одежды;  $v_в$  – скорость движения воздуха в помещении, м/с;  $t_n$  – температура помещения, °С;

В табл. 3 приведено количество тепла, выделяемого одним человеком [12].

Таблица 3  
***Количество тепла и влаги, выделяемых одним человеком***

Выполняемая работа	Тепло, Вт				Влага, г/ч	
	полное		явное		при 10 °С	при 35 °С
	при 10 °С	при 35 °С	при 10 °С	при 35 °С		
В состоянии покоя	160	93	140	12	30	115
Физическая:						
легкая	180	145	150	5	40	200
средней тяжести	215	195	165	5	70	280
тяжелая	290	290	195	10	135	415

*Теплопоступления с продуктами сгорания*

В результате горения топлива в печах, при газовой сварке, стеклодувных работах и т. п. в помещение частично попадают продукты сгорания, которые загрязняют воздух и одновременно вносят в помещение некоторое количество тепла. Если продукты сгорания выпускаются в цех, теплопоступления  $Q_{n.c}$  (Вт) подсчитываются по формуле

$$Q_{n.c} = G_T \cdot Q_n^p \cdot \eta_T, \quad (8)$$

где  $G_T$  – расход топлива, кг/ч;  $Q_n^p$  – низшая рабочая теплота сгорания топлива, кДж/кг;  $\eta_T$  – коэффициент, учитывающий неполноту сгорания топлива (0,9...0,97).

*Влажность воздуха*

На ряде производств относительная влажность очень высока (80...100 %). Источниками влаговывделений являются

заполненные растворами различные ванны, красильные и промывочные аппараты, емкости с водой и др., особенно если эти растворы подвергаются нагреванию, и создаются условия для свободного испарения.

#### *Движение воздуха*

Движение воздуха внутри производственных помещений вызывается неравномерным нагреванием воздушных масс в пространстве и вентиляционными установками. Движение воздуха может быть использовано в качестве оздоровительного мероприятия при высокой температуре воздуха и инфракрасном излучении. Для некоторых производств характерна недостаточная подвижность воздуха, создающая ощущение духоты (текстильная, швейная промышленность и др.).

### **2.2. Теплообмен между организмом человека и окружающей средой**

Человек в процессе труда постоянно находится в состоянии теплового взаимодействия с окружающей средой. Тепловой обмен человеческого организма с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла в результате жизнедеятельности организма и отдачей или получением им тепла из внешней среды. Интенсивность и характер теплообмена между человеком и окружающей средой зависят от микроклиматических условий производственного помещения, теплопродукции организма человека, функционального состояния организма и передачи тепла от глуболежащих тканей к коже.

Величина тепловыделения организмом человека зависит от степени его физического напряжения и параметров микроклимата в производственном помещении и составляет в состоянии покоя 85 Вт, возрастая до 500 Вт при тяжелой физической работе.

Теплоотдача от организма человека в окружающую среду происходит следующими путями: в результате теплопроводности через одежду ( $Q_T$ ); конвекции тела ( $Q_K$ ), излучения на окружающие поверхности ( $Q_{из}$ ), испарения влаги с поверхности кожи ( $Q_и$ ), а также за счет нагрева выдыхаемого воздуха ( $Q_д$ ).

**Теплопроводность** ( $Q_T$ ) представляет собой перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц (атомов, молекул или электронов), непосредственно соприкасающихся друг с другом. Теплота может передаваться только от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой. Интенсивность отдачи теплоты зависит от разности температур тел и теплоизолирующих свойств одежды.

Передачу теплоты теплопроводностью можно описать уравнением Фурье

$$Q_T = \frac{\lambda_0}{\Delta_0} F_{\text{э}} (t_{\text{пов}} - t_{\text{oc}}), \quad (9)$$

где  $\lambda_0$  – коэффициент теплопроводности тканей одежды человека, Вт/(м·°C);  $\Delta_0$  – толщина одежды человека, м;  $F_{\text{э}}$  – эффективная поверхность тела человека;  $t_{\text{пов}}$  – температура поверхности тела, °C;  $t_{\text{oc}}$  – температура окружающей среды, К.

Так как температура тела человека почти постоянная (36,5 °C), то изменение отдачи теплоты от человека происходит в основном за счет изменения температуры окружающей среды, а при температуре воздуха или окружающих человека предметов выше температуры 36,5 °C происходит нагрев организма человека. Одежда человека обладает теплоизолирующими свойствами: чем более теплая одежда, тем меньше теплоты отдается от человека окружающей среде.

**Конвекцией** ( $Q_K$ ) называется перенос тепла вследствие движения и перемешивания макроскопических объемов газа или жидкости. Интенсивность теплоотдачи пропорциональна площади поверхности тела, разности температуры тела и окружающей среды и скорости движения воздуха.

Количество тепла, переданного окружающему воздуху конвекцией ( $Q_K$  Вт), при непрерывном процессе теплоотдачи может быть рассчитано по закону теплоотдачи Ньютона, который для непрерывного процесса теплоотдачи записывается в виде

$$Q_K = \alpha_K F_{\text{э}} (t_{\text{пов}} - t_{\text{oc}}), \quad (10)$$

где  $\alpha_K$  – коэффициент теплоотдачи конвекцией; при нормальных параметрах микроклимата  $\alpha_K = 4,06$  Вт/(м<sup>2</sup> · °C). Значение

коэффициента теплоотдачи конвекцией можно приближенно определить как  $\alpha_k = \lambda / \delta$ , где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности газа пограничного слоя, Вт/(м · °С);  $\delta$  – толщина пограничного слоя омывающего газа, м;  $F_3$  – эффективная поверхность тела человека (размер эффективной поверхности тела зависит от положения его в пространстве и составляет приблизительно 50...80 % геометрической внешней поверхности тела человека); для практических расчетов  $F_3 = 1,8 \text{ м}^2$ ;  $t_{\text{ПОВ}}$  – температура тела, °С;  $t_{\text{oc}}$  – температура окружающей среды, °С.

По данным ряда авторов теплоотдача конвекцией у людей в состоянии покоя в комфортных условиях составляет 14,2...33,1 % общей теплоотдачи организма.

**Тепловое излучение** ( $Q_{\text{из}}$ ) – это процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волны, обусловленный тепловым движением атомов или молекул излучающего тела. Передача тепла инфракрасным излучением происходит в направлении поверхностей с более низкой температурой. Количество передаваемой этим путем теплоты определяется законом Стефана-Больцмана. По этому закону удельная мощность излучения с повышением температуры излучающего тела увеличивается пропорционально 4-й степени его абсолютной температуры. Для характеристики теплообмена излучением между двумя излучающими поверхностями принято следующее уравнение:

$$Q_{\text{из}} = C_{\text{пр}} \cdot F_1 \cdot \Psi_{1-2} [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4], \quad (11)$$

где  $C_{\text{пр}}$  – приведенный коэффициент излучения, Вт/(м<sup>2</sup> К<sup>4</sup>);  $F_1$  – площадь поверхности, излучающей лучистый поток, м<sup>2</sup>;  $\Psi_{1-2}$  – коэффициент облучаемости, зависящий от расположения и размеров поверхностей  $F_1$  и  $F_2$  и показывающий долю лучистого потока, приходящуюся на поверхность  $F_2$  от всего потока, излучаемого поверхностью  $F_1$ ;  $T_1$ ,  $T_2$  – средние температуры поверхности тела человека и окружающих его поверхностей, соответственно, К.

Для практических расчетов в диапазоне температур окружающих человека предметов 10...60 °С приведенный

коэффициент излучения  $C_{пр} = 4,9 \text{ Вт/ (м}^2 \text{ К}^4)$ . Коэффициент облучаемости  $\Psi_{1-2}$  обычно принимают равным 1,0.

Отдача тепла излучением тем больше, чем выше температура источников тепловыделения. Скорость же движения воздуха на теплоотдачу излучением не влияет, так как воздух для инфракрасного излучения теплопрозрачен. Передача тепла инфракрасным излучением в производственных условиях составляет в состоянии покоя в комфортных метеоусловиях 43,8...59,1 % общей теплоотдачи.

Большое место в теплообмене между работником и окружающей средой занимает **отдача тепла испарением влаги** ( $Q_u$ ) с поверхности тела человека. Количество теплоты, отдаваемое человеком в окружающую среду при *испарении влаги*, выводимой на поверхность потовыми железами,

$$Q_u = G_u r, \quad (12)$$

где  $G_u$  – масса выделяемой и испаряющейся влаги, кг/с;  $r$  – скрытая теплота испарения выделяющейся влаги, Дж/кг.

Количество влаги, выделяемое с поверхности кожи человека, в зависимости от температуры воздуха и физической нагрузки человека, приведено в табл. 4. Как видно из таблицы, количество выделяемой влаги меняется в значительных пределах. Так, при температуре воздуха 30 °С у человека, не занятого физическим трудом, влаговыделение составляет 2 г/мин, а при выполнении тяжелой работы увеличивается до 9,5 г/мин.

На величину теплоотдачи испарением влаги влияет не только температура, а также влажность и подвижность окружающего воздуха. Наиболее важное гигиеническое значение имеет так называемый **физиологический дефицит влажности**, который представляет собой разность между максимальной влажностью при температуре кожи и абсолютной влажностью воздуха. Эта величина характеризует возможность насыщения воздуха в данных условиях водяными парами при испарении влаги с поверхности кожи и верхних дыхательных путей. Чем больше физиологический дефицит влажности, тем больше испарение, тем выше теплоотдача этим путем.

Количество влаги, выделяемое с поверхности кожи  
и из легких человека, г/мин

Характеристика выполняемой работы (по Н. К. Витте)	Температура воздуха, °С				
	16	18	28	35	45
Покой, $J^* = 100$ Вт	0,6	0,74	1,69	3,25	6,2
Легкая, $J = 200$ Вт	1,8	2,4	3,0	5,2	8,8
Средней тяжести, $J = 350$ Вт	2,6	3,0	5,0	7,0	11,3
Тяжелая, $J = 490$ Вт	4,9	6,7	8,9	11,4	18,6
Очень тяжелая, $J = 695$ Вт	6,4	10,4	11,0	16,0	21,0

\* $J$  – интенсивность труда, производимого человеком, Вт.

На испарение 1 г влаги требуется около 0,6 ккал. Подвижность воздуха благоприятствует отдаче тепла, ускоряя влагу с поверхности тела.

На долю испарения в состоянии покоя в комфортных метеоусловиях приходится 21,7...29,1 % всей теплоотдачи человека.

В процессе дыхания воздух окружающей среды, попадая в легочный аппарат человека, нагревается и одновременно насыщается водяными парами. В технических расчетах можно принимать (с запасом), что выдыхаемый воздух имеет температуру 37 °С и полностью насыщен.

Количество *теплоты, расходуемой на нагревание вдыхаемого воздуха*,

$$Q_d = V_{\text{лв}} \cdot \rho_{\text{вд}} \cdot c_p (t_{\text{выд}} - t_{\text{вд}}), \quad (13)$$

где  $V_{\text{лв}}$  – объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, «легочная вентиляция», м<sup>3</sup>/с;  $\rho_{\text{вд}}$  – плотность вдыхаемого влажного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $c_p$  – удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха, Дж/(кг·°С);  $t_{\text{выд}}$  – температура выдыхаемого воздуха, °С;  $t_{\text{вд}}$  – температура вдыхаемого воздуха, °С.

«Легочная вентиляция» определяется как произведение объема воздуха, вдыхаемого за один вдох,  $V_{\text{в-в}}$ , м<sup>3</sup>, на частоту

дыхания в секунду  $n$ :  $V_{лв} = V_{в-в}n$ . Частота дыхания человека непостоянна и зависит от состояния организма и его физической нагрузки. В состоянии покоя она составляет 12...15 вдохов-выдохов в минуту, а при тяжелой физической нагрузке достигает 20...25. Объем одного вдоха-выдоха является функцией проводимой работы. В состоянии покоя с каждым вдохом в легкие поступает около 0,5 л воздуха. При выполнении тяжелой работы объем вдоха-выдоха может возрасти до 1,5...1,8 л.

Среднее значение легочной вентиляции в состоянии покоя примерно 0,4...0,5 л/с, а при физической нагрузке в зависимости от ее напряжения может достигать 4 л/с.

В реальных условиях тепло передается не каким-либо одним из указанных выше способов, а комбинированным. Направление тепловых потоков  $Q_{из}$ ,  $Q_{к}$ ,  $Q_{Т}$  может быть от человека к окружающим человека воздуху и предметам, и наоборот, в зависимости от того, что выше – температура тела человека или окружающего воздуха и предметов.

В производственных условиях, когда температура воздуха и окружающих поверхностей ниже температуры поверхности кожи, теплоотдача осуществляется преимущественно конвекцией и излучением. Если температура воздуха и окружающих поверхностей такая же, как и температура кожи, или выше ее, теплоотдача возможна лишь испарением влаги с поверхности тела и с верхних дыхательных путей, если при этом воздух еще не насыщен водяными парами.

Наилучшее тепловое самочувствие человека будет при выполнении условия **теплового баланса**, т. е. когда тепловыделения ( $Q_{мс}$ ) организма человека полностью отдаются окружающей среде ( $Q_{мо}$ ):

$$Q_{мс} = Q_{мо} = Q_{Т} + Q_{к} + Q_{из} + Q_{и} + Q_{о}, \quad (14)$$

Превышение тепловыделения организма над теплоотдачей в окружающую среду ( $Q_{мс} > Q_{мо}$ ) приводит к нагреву организма и к повышению его температуры – человеку становится жарко. Наоборот, превышение теплоотдачи над тепловыделением ( $Q_{мс} < Q_{мо}$ ) приводит к охлаждению организма и к снижению его температуры – человеку становится холодно.

В условиях теплового баланса имеет место **комфортное тепловое самочувствие** человека, при котором нагрузка на системы организма человека, поддерживающие нормальную температуру, минимальна.

Для нормального протекания физиологических процессов в организме человека требуется поддержание практически постоянной температуры его внутренних органов (приблизительно 36,5 °С).

Процессы регулирования тепловыделений для поддержания нормальной (36,5 °С) температуры человека называются **терморегуляцией**. С помощью терморегуляции поддерживается относительное динамическое постоянство функций организма при различных метеоусловиях и разной тяжести выполняемой работы, которое обеспечивается установлением определенного соотношения между теплообразованием (*химическая терморегуляция*) и теплоотдачей (*физическая терморегуляция*).

При анализе теплового состояния организма в зависимости от метеоусловий окружающей среды отмечено несколько наиболее характерных зон термического воздействия на организм, и связанных с ними соотношения теплообразования и теплоотдачи.

Терморегуляция осуществляется биохимическим путем, изменением интенсивности кровообращения и потоотделением. При этом в регулировании процесса теплообмена участвуют одновременно все виды терморегуляции.

**Терморегуляция биохимическим путем** состоит в изменении интенсивности окислительных процессов, происходящих в организме человека. Внешним проявлением этих регулирующих процессов является мышечная дрожь, которая возникает при переохлаждении и повышает тепловыделение в организме.

**Терморегуляция изменением интенсивности кровообращения** заключается в способности организма регулировать объем подаваемой крови. В данном случае кровь можно рассматривать как переносчик тепла от внутренних органов к поверхности тела человека. Объем подаваемой крови в организме регулируется за счет сужения или расширения кровеносных сосудов. При высокой температуре окружающей

среды периферические кровеносные сосуды расширяются, приток крови к коже увеличивается, температура кожи повышается, и увеличивается интенсивность теплоотдачи за счет теплопроводности, конвекции и излучения. При низкой температуре происходит обратное явление: кровеносные сосуды сужаются, количество крови, подаваемой к коже, уменьшается. Следовательно, уменьшается и отдача тепла от организма человека окружающей среде.

**Терморегуляция изменением интенсивности выделения пота** заключается в изменении теплоотдачи за счет испарения. Теплоотдача за счет испарения может иметь большое значение для охлаждения организма. Так, при температуре окружающей среды 36 °С отвод тепла от человека в окружающую среду осуществляется практически только за счет испарения пота.

Различают острые и хронические формы нарушения терморегуляции. Острые формы нарушения терморегуляции:

– *тепловая гипертермия* – теплоотдача при относительной влажности воздуха 75...80 % – легкое повышение температуры тела, обильное потоотделение, жажда, небольшое учащение дыхания и пульса. При более значительном перегреве возникает также одышка, головная боль и головокружение, затрудняется речь и др.;

– *судорожная болезнь* – преобладание нарушения водно-солевого обмена различные судороги, особенно икроножных мышц, и сопровождаемые большой потерей пота, сильным сгущением крови. Вязкость крови увеличивается, скорость ее движения уменьшается и поэтому клетки не получают необходимого количества кислорода;

– *тепловой удар* – дальнейшее протекание судорожной болезни

– потеря сознания, повышение температуры до 40–41 °С, слабый учащенный пульс. Признаком тяжелого поражения при тепловом ударе является полное прекращение потоотделения.

Тепловой удар и судорожная болезнь могут заканчиваться и смертельным исходом. Хронические формы нарушения терморегуляции приводят к изменениям в состоянии нервной, сердечно-сосудистой и пищеварительной системе человека, формируя производственно-обусловленные заболевания.

Основное требование, обеспечивающее нормальные условия жизнедеятельности человека при длительном пребывании в помещении, это оптимальное сочетание параметров микроклимата, которые, прежде всего, должны исключить напряжение механизмов терморегуляции организма или свести к минимуму физиологические приспособительные возможности организма, позволяющие сохранить здоровье и работоспособность.

Отклонения отдельных параметров микроклимата от медико-биологически обоснованных значений могут привести к различным заболеваниям, особенно у людей с ослабленным иммунитетом. Например, известно, что понижение температуры вызывает повышенную теплоотдачу в окружающую среду, что вызывает охлаждение организма, понижает его защитные функции и способствует возникновению простудных заболеваний, наоборот – повышение температуры приводит к повышенному выделению солей из организма, а нарушение солевого баланса организма также ведет к снижению иммунитета, значительной потере внимания, а, следовательно, к значительному повышению вероятности несчастного случая.

Повышение влажности воздуха нарушает баланс испарения влаги из организма человека, что ведет к нарушению терморегуляции с вышеупомянутыми последствиями. С другой стороны, понижение относительной влажности (до 20 и менее процентов) нарушает нормальное функционирование слизистых оболочек верхних дыхательных путей. Повышенная влажность ( $\varphi > 85\%$ ) затрудняет теплообмен между организмом человека и внешней средой вследствие уменьшения испарения влаги с поверхности кожи, а низкая влажность ( $\varphi < 20\%$ ) приводит к пересыханию слизистых оболочек дыхательных путей.

Скорость движения воздуха также является фактором, влияющим на механизм терморегуляции организма. Установлено, что действие воздушного потока зависит от температуры помещения и сказывается на состоянии человека при скорости 0,15 м/с. Такой поток при температуре менее 36 °С оказывает освежающее действие и способствует

терморегуляции, а при температуре более 40 °С – противоположное действие. Движение воздуха в производственном помещении улучшает теплообмен между телом человека и внешней средой, но излишняя скорость движения воздуха (сквозняки) повышает вероятность возникновения простудных заболеваний.

Условия воздушной среды, которые обуславливают оптимальный обмен веществ в организме человека и при которых отсутствуют неприятные ощущения и напряженность системы терморегуляции, а физическая и интеллектуальная работоспособность человека высоки, и организм устойчив к воздействию вредных факторов окружающей среды, называют **комфортными (оптимальными) условиями**.

Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называются **дискомфортными**. Условия небольшой дискомфорта определяются **допустимыми** значениями параметров микроклимата. При превышении допустимых значений микроклиматических параметров человек испытывает сильный дискомфорт, возникает перегрев или переохлаждение организма.

### **2.3. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата**

Гигиеническое нормирование параметров производственного микроклимата установлено Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к производственным помещениям», а также ГОСТ 12.1.005–88.

Санитарные правила устанавливают оптимальные и допустимые параметры микроклимата рабочих мест производственных помещений – температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года.

**Оптимальные микроклиматические условия** установлены по критериям оптимального теплового и

функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

**Допустимые микроклиматические условия** установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

При нормировании различают теплый и холодный период года. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; холодный период года – температурой, равной  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже.

Существующие в организме людей суточные и сезонные ритмические колебания физиологических функций имеют большое значение в гигиеническом нормировании микроклимата. Например, более низкие значения температуры воздуха в течение ночного времени нормируются в связи с тем, что умеренное понижение температуры вдыхаемого воздуха при соответствующей термоизоляции всей кожной поверхности способствует углублению сонного торможения. В спальнях помещений для лучшего сна желательна температура воздуха  $16...18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Сезонные изменения физиологических функций организма также должны быть учтены при нормировании микроклимата.

В холодный период года в организме людей наблюдается некоторое повышение обмена веществ, усиление сосудистых реакций на охлаждение и другие изменения, происходящие при воздействии низких температур воздуха. Поэтому в холодное время года для быстрой нормализации теплового состояния необходима

более высокая температура в жилище. Зимой в жилых помещениях (при конвекционной системе отопления) наиболее благоприятной температурой воздуха в условиях умеренного климата является температура 18...20 °С, в холодном климате – 21...22 °С. Однако широкое использование в современном строительстве больших площадей остекления обуславливает снижение температуры ограждающих поверхностей и увеличение теплоотдачи человека излучением. Поэтому большинство людей чувствуют себя комфортно при температуре воздуха в помещении 20...23 °С. В качестве допустимых для холодного и переходных периодов года рекомендуются температуры воздуха в пределах 17...25 °С. В теплый период года в организме человека происходит некоторое снижение обмена, повышение кожной температуры, ускорение потоотделения и другие изменения. В жаркие летние дни оптимальные микроклиматические условия могут быть обеспечены различными средствами улучшения микроклимата: устройствами кондиционирования воздуха, вентиляцией и др. Оптимальной величиной температуры воздуха для данного периода считается 22...24 °С, а допустимыми – 20...28 °С. Указанные нормативы температуры воздуха помещений удовлетворяют гигиеническим требованиям только в том случае, если температура внутренних поверхностей стен ниже температуры комнатного воздуха не более чем на 2...3 °С. Более низкая температура стен и окружающих предметов, даже при оптимальной температуре воздуха, усиливает радиационные теплопотери и вызывает ощущение дискомфорта. Для обеспечения теплового комфорта человека большое значение имеет величина перепадов температуры воздуха по высоте помещения и по горизонтали. Разница температур воздуха в вертикальном направлении на каждый метр высоты не должна быть более 2...3 °С. Повышение вертикального перепада температур более 3 °С может привести к охлаждению ног, неприятному самочувствию, рефлекторным изменениям температуры верхних дыхательных путей и к простудным заболеваниям. Градиент температуры воздуха на одном уровне по горизонтали – от наружной стены к противоположной внутренней

стене – не должен превышать 2...3 °С. Суточные колебания температуры воздуха в отопительный период должны быть в пределах: для помещений с центральным отоплением 2...3 °С; с печным – 4...6 °С. Многообразие климатических условий в РК исключает возможность установления единых параметров микроклимата в жилых помещениях для всей страны. Так, для различных климатических районов рекомендованы на зимний период следующие температуры жилых помещений: для холодной климатической зоны – 21 ...12 °С; умеренной – 18...20 °С; теплой – 18...19 °С; жаркой – 17...18 °С. При нормировании параметров микроклимата учитываются энергозатраты организма человека при выполнении различных по тяжести работ. Различают следующие категории работ:

**Легкие физические работы** (категории Ia и Ib). Энергозатраты организма при выполнении работ до 174 Вт. К данным категориям относятся работы, которые проводятся сидя, стоя или связаны с ходьбой, и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (в основном люди умственного труда, ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производстве, в сфере управления и т. п.).

**Физические работы средней тяжести** (категории IIa и IIб). Энергозатраты организма при выполнении работ 175–290 Вт. Работы, относящиеся к категориям IIa и IIб, проводятся стоя или связаны с ходьбой и переноской небольших тяжестей (до 10 кг), сопровождаются умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, сварочных цехах и т. п.).

**Тяжелые физические работы** (категория III). Энергозатраты организма при выполнении работ более 290 Вт. Работа связана с постоянным перемещением и переноской значительных тяжестей (свыше 10 кг), требует больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных, литейных цехах с ручным трудом и т. п.). Оптимальные и допустимые величины температуры, влажности и скорости движения

воздуха представлены в табл. 5. Для оценки воздействия параметров микроклимата в целях осуществления мероприятий по защите работающих от возможного перегревания в помещении с нагревающим микроклиматом, а также на открытой территории в теплый период года, рекомендуется использовать интегральный показатель тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс).

$$TNC = 0,7 \cdot t_{\text{влж}} + 0,3 \cdot t_{\text{шар}}, \quad (15)$$

где  $t_{\text{влж}}$  – температура влажного термометра;  $t_{\text{шар}}$  – температура шарового термометра.

В целях защиты работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, СанПиН 2.2.4.548–96 устанавливает время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену).

Время пребывания должно быть ограничено величинами, указанными в табл. 6. При этом среднесменная температура воздуха, при которой работающие находятся в течение рабочей смены на рабочих местах и местах отдыха, не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для соответствующих категорий работ.

Среднесменная температура воздуха ( $t_{\text{с}}$ ) рассчитывается по формуле

$$t_{\text{с}} = \frac{t_1 \cdot r_1 + t_2 \cdot r_2 + \dots + t_n \cdot r_n}{8}, \quad (16)$$

где  $t_1, t_2 \dots t_n$  – температура воздуха (°C) на соответствующих участках рабочего места;  $r_1, r_2, \dots r_n$  – время (ч) выполнения работы на соответствующих участках рабочего места; 8 – продолжительность рабочей смены (ч).

Таблица 5  
 Нормируемые параметры микроклимата в производственных помещениях

Категория работ	Температура воздуха, °С							Относительная влажность, %	
	оптимальная	верхняя граница		допустимая		нижняя граница		оптимальная	допустимая, не более*
		на рабочих местах		в помещениях		в помещениях			
		постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных		
Легкая I а I б	22...24	25	26	21	21	18	40...60	75	
Средней тяжести II а II б	21...23	24	25	20	20	17	40...60	75	
	18...90	23	24	17	17	15			
	17...19	21	23	15	15	13			
Тяжелая III	16...18	19	20	13	13	12	40...60	75	
	25...25	28	30	22	22	20			
Легкая I а I б	22...24	28	30	21	21	19	40...60	75	
	21...23	27	29	18	18	17			
Средней тяжести II а II б	20...22	27	29	16	16	15	40...60	75	
	18...20	26	28	15	15	13			

Таблица 6

Время пребывания на рабочих местах  
при температуре воздуха выше и ниже допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч				
	Ia–Iб	IIa–IIб	III		
1	2	3	4		
<b>Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин</b>					
32,5	1	–	–		
32,0	2	–	–		
31,5	2,5	1	–		
31,0	3	2	–		
30,5	4	2,5	1		
30,0	5	3	2		
29,5	5,5	4	2,5		
29,0	6	5	3		
28,5	7	5,5	4		
28,0	8	6	5		
27,5	–	7	5,5		
27,0	–	8	6		
26,5	–	–	7		
26,0	–	–	8		
<b>Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин</b>					
6	–	–	–	–	1
7	–	–	–	–	2
8	–	–	–	1	3
9	–	–	–	2	4
10	–	–	1	3	5
11	–	–	2	4	6
12	–	1	3	5	7
13	1	2	4	6	8
14	2	3	5	7	–
15	3	4	6	8	–
16	4	5	7	–	–
17	5	6	8	–	–

Продолжение табл. 6

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч				
	Iа–Iб		IIа–IIб		III
1	2		3		4
18	6	7	–	–	–
19	7	8	–	–	–
20	8	–	–	–	–

#### 2.4. Гигиеническая оценка микроклимата помещений

Гигиеническая оценка микроклимата помещений и теплового состояния человека осуществляется путем субъективной и объективной оценки микроклимата и объективной оценки фактического теплового самочувствия человека. Субъективная оценка основывается на результатах опроса одной группы людей, находящихся в данных микроклиматических условиях. Существуют 7 характеристик теплоощущений – от «очень холодно» до «очень жарко».

Объективная оценка микроклимата заключается в инструментальном исследовании всех физических параметров микроклимата и их сопоставлении с нормативными значениями.

При объективной оценке фактического теплового самочувствия человека чаще всего используются методы, основанные на измерении и оценке температуры поверхности кожи испытуемого. Например, весьма информативным и доступным является сравнение температур кожи лба и кисти. В условиях теплового комфорта у здорового человека температура кожи лба составляет - 33,5 °С, кисти – 29...30 °С, а разница между ними в норме 3...4 °С. Субъективные ощущения человека меняются в зависимости от изменения параметров микроклимата (табл. 6). При одинаковом значении абсолютной влажности, но различных температурах воздуха теплоощущения будут разными. Важную роль в субъективных ощущениях человека играет также и скорость движения воздуха.

Широко выдвигается метод учета суммарного действия метеорологических факторов на организм человека. Для этого разработана шкала эффективно-эквивалентных температур (номограмма).

**Эффективная температура** – эта субъективно ощущаемая человеком температура с учетом влажности воздуха. Эта область эффективных температур называется **зоной комфорта**.

Если кроме влажности воздуха учитывается еще и скорость движения воздуха, то пользуются **эффективно-эквивалентной температурой**.

С помощью номограммы (рис. 5) можно определить предельные значения факторов микроклиматических условий, соответствующих наиболее благоприятным условиям воздушной среды. При пользовании номограммой откладывают на ее соответствующих шкалах показания сухого и влажного термометров психрометра и соединяют полученные точки прямой линией. Точка пересечения этой линии с кривой, указывающей данную скорость движения воздуха, определяет эффективно-эквивалентную температуру и ее положение относительно зоны хорошего самочувствия. Этот метод относителен, имеет ограниченное применение и серьезные недостатки: не учитывается различная интенсивность работы, влияние лучистой энергии, характер одежды и т. д. Опытами установлено, что приятное самочувствие, ощущение комфорта наблюдается при эффективных температурах 17,2...21,7 °С.

Таблица 7

Оптимальные ощущения в зависимости от микроклиматических параметров

Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Состояние
21	40	Наиболее приятное состояние
	75	Отсутствие неприятных ощущений
	85	Хорошее спокойное состояние
	91	Усталость, подавленное состояние

Продолжение табл. 7

Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Состояние
24	20	Отсутствие неприятных ощущений
	65	Неприятные ощущения
	80	Потребность в покое
	100	Невозможность выполнения тяжелой работы
30	25	Неприятное ощущение отсутствует
	50	Нормальная работоспособность
	65	Невозможность выполнения тяжелой работы
	81	Повышение температуры тела
	90	Опасность для здоровья

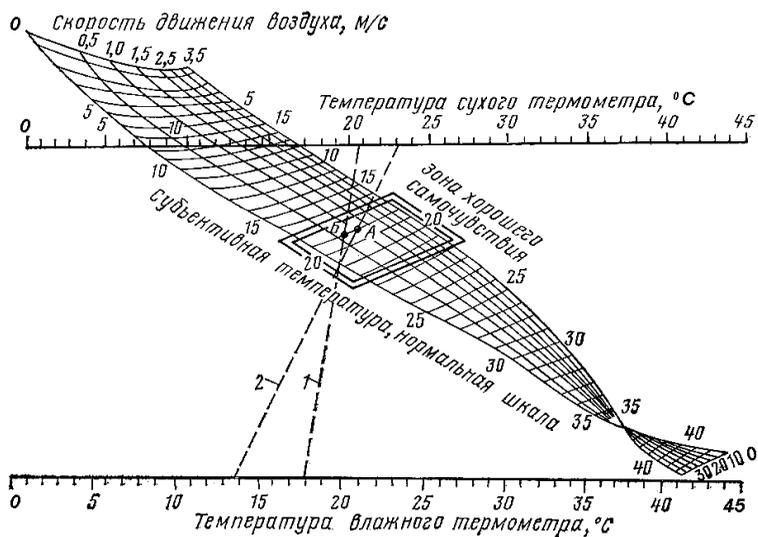


Рис. 5. Номограмма оценки метеорологических условий

### **3. ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

#### **3.1. Классификации промышленных ядов**

В народном хозяйстве промышленно развитых стран мира используются более 50 тыс. разнообразных по строению и физико-химическим свойствам химических веществ, с которыми контактируют работники в качестве исходных, промежуточных, побочных или конечных продуктов в форме газов, паров или жидкостей, а также пылей, дымов, туманов. Это неорганические, органические и элементоорганические соединения.

Из неорганических соединений наиболее распространенными являются металлы (ртуть, свинец, олово, кадмий, хром, никель, марганец, ванадий, алюминий, бериллий и др.) и их соединения, галогены (фтор, хлор, бром, йод), сера и ее соединения (сероуглерод, сернистый ангидрид), соединения азота (аммиак, гидразин, окислы азота), фосфор и его соединения, углерод и его соединения.

Органические соединения, имеющие промышленное значение, весьма разнообразны и относятся к различным классам и группам веществ. Наиболее часто воздушная среда производственных помещений загрязняется алифатическими и ароматическими углеводородами, такими как: метан, пропан, этилен, пропилен, толуол, ксилол, стирол и их галогенопроизводные (четырёххлористый углерод, хлорбензол, хлорированные нафталины и др.).

Почти все химические вещества, встречающиеся в процессе трудовой деятельности человека в промышленности и оказывающие в случае несоблюдения правил техники безопасности и гигиены труда вредное действие на работающих людей, являются промышленными ядами.

Яд – это химический компонент среды обитания, поступающий в количестве (реже – в качестве), не соответствующем врожденным приобретенным свойствам организма, и поэтому несовместимый с его жизнью.

Важнейшей характеристикой химического вещества является степень его токсичности (или ядовитости).

Токсичность – это мера несовместимости вещества с жизнью. Основным критерием токсичности вещества является его предельно допустимая концентрация (ПДК).

**Предельно допустимая концентрация** (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 ч в день и не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Кроме показателя предельно допустимой концентрации (ПДК), используют и другие показатели токсичности вещества.

**Средняя смертельная концентрация** ( $ЛК_{50}$ ),  $мг/м^3$  – концентрация вещества, вызывающая гибель 50 % стандартной группы подопытных животных при двух-, четырехчасовом вдыхании.

**Средняя смертельная доза при нанесении на кожу**  $ЛД_{50}$ , ( $мг/кг$  –  $мг$  вредного вещества на 1 кг массы животного) – доза вещества, вызывающая гибель 50 % стандартной группы подопытных животных при однократном нанесении на кожу.

**Средняя смертельная доза при однократном введении в желудок**  $ЛД_{50}$ , ( $мг/кг$  –  $мг$  вредного вещества на 1 кг массы животного) – доза вещества, вызывающая гибель 50 % стандартной группы подопытных животных при однократном введении в желудок.

Токсичность различных химических соединений для одних и тех же видов животных сильно различается. Так,  $ЛД_{50}$  этилового спирта для белых мышей при введении в желудок составляет 10 000  $мг/кг$  массы тела, а  $ЛД_{50}$  диоксина при том же пути поступления в организм белых мышей – 0,001  $мг/кг$ . Поэтому первоначально создавались многочисленные классификации химических веществ (в том числе и промышленных) по величине среднесмертельных доз или концентраций для многих видов лабораторных животных (белых мышей, крыс, морских свинок, кроликов и др.) при различных путях поступления в организм (ингаляции, введении в желудок, подкожно или внутривенно, аппликации на

кожу). Однако в реальных производственных условиях вероятность развития интоксикации тем или иным веществом обусловлена не только его токсичностью, но и возможностью поступления в организм в опасных для жизни количествах. Для характеристики указанной особенности промышленного яда принято понятие «опасность» – вероятность возникновения вредных для здоровья эффектов в реальных условиях производства и применения химических продуктов.

Показатели опасности делятся на две группы.

К *первой группе* относятся показатели потенциальной опасности – летучесть вещества или, ее производное, коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО), растворимость в воде и жирах и другие, например, дисперсность аэрозоля. Эти свойства определяют возможность проникновения яда в организм при вдыхании, попадании на кожу и т. п.

**Коэффициент возможности ингаляционного отравления** КВИО – это отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20 °С к средней смертельной концентрации вещества для мышей.

Ко *второй группе* относятся показатели реальной опасности – многочисленные параметры токсикометрии и их производные:

– **токсичность** – величина обратно пропорциональная смертельным дозам (концентрациям), прямо пропорциональна опасности;

– **зона острого действия**  $Z_{остр}$  – отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций;

– **зона хронического действия**  $Z_{хрон}$  – отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 ч, пять раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев.

Понятие зоны острого действия было предложено одним из основателей российской промышленной токсикологии профессором Н. С. Правдиным. Вещество тем опаснее для развития острого отравления, чем меньше разрыв между концентрациями (дозами), вызывающими начальные признаки отравления, и концентрациями, вызывающими гибель. Что касается зоны хронического действия, связанной с кумулятивными свойствами вещества, то ее величина прямо пропорциональна опасности хронического отравления.

Особое значение имеют пороговые концентрации, вызывающие начальные признаки воздействия ядов на организм. Различают пороги острого и хронического действия, устанавливаемые при однократном или длительном поступлении яда в организм. Наиболее чувствительна к ядам нервная система, поэтому величина пороговых концентраций чаще всего определяется по изменениям безусловной и условной рефлекторной деятельности.

**Порог хронического действия  $Lim_{cr}$**  – минимальная (пороговая) концентрация вредного вещества, вызывающая начальные физиологические изменения, установленные в хроническом эксперименте по 4 ч, пять раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев.

**Порог острого действия  $Lim_{oc}$**  – минимальная (пороговая) концентрация вредного вещества, вызывающая изменение биологических показателей на уровне целостности организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций.

Согласно ГОСТ 12.1.007–76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», вредные вещества по степени воздействия на организм подразделяются на 4 класса опасности:

I – чрезвычайно опасные; II – высоко опасные; III – умеренно опасные; IV – малоопасные (табл. 8).

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества разделяют на общетоксические, раздражающие, сенсibiliзирующие, канцерогенные, мутагенные и вещества, влияющие на репродуктивную функцию.

Таблица 8

## Классификация вредных веществ по степени токсичности и опасности

Показатели *	Классы опасности (токсичности)			
	I	II	III	IV
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	< 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	> 10,0
ЛД <sub>50</sub> , мг/кг, при введении в желудок	< 15	15–150	151–5 000	> 5 000
ЛД <sub>50</sub> , мг/кг, при нанесении на кожу	< 100	100–500	501–2500	> 2500
ЛК <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	< 500	500–5 000	5 001–50 000	> 50 000
КВНО	> 300	300–30	29–3	< 3
Зона острого действия	< 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	> 54,0
Зона хронического действия	>10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	< 2,5

\* Первые четыре показателя характеризуют степень токсичности, а три последние – степень опасности вещества.

**Общетоксические химические вещества** (углеводороды, спирты, анилин, сероводород, синильная кислота и ее соли, соли ртути, хлорированные углеводороды, оксид углерода) вызывают расстройства нервной системы, мышечные судороги, нарушают структуру ферментов, влияют на кроветворные органы, взаимодействуют с гемоглобином.

**Раздражающие вещества** (хлор, аммиак, диоксид серы, туманы кислот, оксиды азота и др.) воздействуют на слизистые оболочки, верхние и глубокие дыхательные пути.

**Сенсибилизирующие вещества** (органические азокрасители, диметиламиноазобензол и другие антибиотики) повышают чувствительность организма к химическим веществам, а в производственных условиях приводят к аллергическим заболеваниям.

**Канцерогенные вещества** (бенз(а)пирен, асбест, нитроазосоединения, ароматические амины и др.) вызывают развитие всех видов раковых заболеваний. Этот процесс может быть отдален от момента воздействия вещества на годы и даже десятилетия.

**Мутагенные вещества** (этиленамин, окись этилена, хлорированные углеводороды, соединения свинца и ртути и др.) оказывают воздействия на неполовые (соматические) клетки, входящие в состав всех органов и тканей человека, а также на половые клетки (гаметы). Воздействие мутагенных веществ на соматические клетки вызывают изменения в генотипе человека, контактирующего с этими веществами. Они обнаруживаются в отдаленном периоде жизни и проявляются в преждевременном старении, повышении общей заболеваемости, злокачественных новообразований. При воздействии на половые клетки мутагенное влияние сказывается на последующем поколении, иногда в очень отдаленные сроки.

**Химические вещества, влияющие на репродуктивную функцию** человека (борная кислота, аммиак, многие химические вещества в больших количествах) вызывают возникновение врожденных пороков развития и отклонений от нормальной структуры у потомства, влияют на развитие плода в матке и на послеродовое развитие и здоровье потомства.

Для характеристики качественной стороны действия промышленных ядов, оценки их влияния на ту или иную функциональную систему организма предложено несколько классификаций. Примером такой классификации может быть классификация, разработанная Г. Г. Авиловой применительно к условиям хронического воздействия промышленных веществ в минимальных эффективных дозах и концентрациях.

В указанной классификации опасность вещества по типу действия оценивается по степени необратимости изменений жизнедеятельности организма:

**I класс опасности** – вещества, оказывающие избирательное действие в отдаленный период: blastomogens, mutagens, atherosclerotic substances, вызывающие склероз органов (пневмосклероз, нейросклероз и др.), gonadotropic, embryotropic substances;

**II класс опасности** – вещества, оказывающие действие на нервную систему: convulsive and neuro-paralytic, narcotics, вызывающие поражение паренхиматозных органов, narcotics, имеющие чисто наркотический эффект;

**III класс опасности** – вещества, оказывающие действие на кровь: вызывающие угнетение костного мозга, изменяющие гемоглобин, гемолитики;

**IV класс опасности** – раздражающие и едкие вещества: раздражающие слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, раздражающие кожу.

#### **Комбинированное действие вредных веществ**

В производственных условиях работа проводится, как правило, с несколькими химическими веществами, которые могут оказывать комбинированное воздействие на организм человека. Различают несколько возможных эффектов комбинированного воздействия химических веществ на организм человека:

1 – **суммация (аддитивность)** – явление суммирования эффектов, индуцированных комбинированным действием. Суммация характерна для веществ однонаправленного действия, когда вещества оказывают одинаковое воздействие на одни и те же системы организма. Например, азота диоксид + серы диоксид; аммиак + формальдегид; азота диоксид + серы диоксид + углерода оксид + фенол; серы диоксид + серная кислота и т. д;

2 – **потенцирование (синергизм)** – усиление эффекта воздействия (эффект синергизма больше аддитивного). При потенцировании одно вещество усиливает действие другого вещества. Например, никель усиливает свою токсичность в присутствии меди в 10 раз, алкоголь значительно повышает опасность отравления анилином;

3 – **антагонизм** – эффект комбинированного воздействия меньше ожидаемого при суммации. При таком комбинированном воздействии одно вещество ослабляет действие другого.

4 – **независимое действие** – эффект не отличается от изолированного действия каждого из веществ. Это явление характерно для веществ, оказывающих различное влияние на организм и воздействующих на разные органы.

### 3.2. Гигиеническое нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.695–98 устанавливают предельно допустимые концентрации: максимально разовые рабочей зоны (ПДК<sub>МР.РЗ</sub>) и среднесменные рабочей зоны (ПДК<sub>СС.РЗ</sub>).

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия концентрации каждого не должны превышать установленное для него значение ПДК<sub>РЗ</sub>:

$$C_i \leq \text{ПДК}_{\text{РЗ}i}. \quad (17)$$

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них ( $C_i$ ) в воздухе к их ПДК (ПДК<sub>*i*</sub>) не должна превышать единицы

$$\sum_i^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1. \quad (18)$$

Если в воздухе рабочей зоны находятся несколько веществ, обладающих синергизмом и антагонизмом действия, то должно выполняться условие

$$\sum_i^n \frac{C_i \cdot X_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1, \quad (19)$$

где  $X_i$  – поправка, учитывающая усиление или ослабление действия вещества. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.695–98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» устанавливают ПДК для 2400 химических веществ, для которых были проведены комплексные токсиколого-гигиенические исследования.

Исходным критерием для установления предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе

рабочей зоны является порог хронического действия ( $Lim_{cr}$ ), к которой вводится поправка (уменьшение в несколько раз). Гарантийная поправка зависит от диапазона токсичности (разницы между пороговой и смертельной концентрацией).

Но в промышленности используется гораздо больше химических веществ, и для обеспечения безопасности труда работников необходимо проводить, по меньшей мере, оценку токсичности (вредного воздействия) применяемых в производстве химических веществ. Для такой оценки специалистами в области промышленной токсикологии предложено несколько формул, расчеты которых дают хорошее приближение к действительным значениям ПДКр.з.

Производить расчет по формулам можно лишь для тех химических веществ, приведенные физико-химические константы которых укладываются в определенные пределы: молярная масса  $M$  ( $\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$ ) – от 30 до 300; плотность  $\rho$  ( $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ) – от 0,6 до 2,0; температура кипения  $t_{\text{кип}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – от -100 до + 300; температура плавления  $t_{\text{пл}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – от -190 до + 180; показатель преломления  $\eta_p$  – от 1,3 до 1,6.

Основными принципами установления гигиенических нормативов являются:

**1. *Опережение токсикологических исследований***, обоснование гигиенических нормативов и осуществление предупредительных мер по сравнению с моментом внедрения новых технологических процессов, оборудования, химических веществ и т. д. в производство и применение.

**2. *Приоритет медицинских и биологических показаний*** при обосновании гигиенических нормативов по сравнению с технической достижимостью сегодняшнего дня и экономическими требованиями. Соблюдение медицинских требований привело к многочисленным изменениям в технологии. Так, внедрение предварительно обожженных электродов в производстве алюминия позволило значительно снизить выброс в воздух бензапирена. Использование рутиловых электродов при сварке способствовало уменьшению концентраций марганца в воздухе рабочей зоны.

### **3. Пороговость вредного действия химических веществ. Меры предупреждения производственных отравлений**

Причинами производственных отравлений являются различные недостатки технологических процессов, оборудования, санитарно-технических устройств и средств индивидуальной защиты, применение новых недостаточно изученных химических веществ.

Основными направлениями профилактики производственных отравлений являются следующие:

- замена ядовитых веществ неядовитыми или менее ядовитыми веществами;
- гигиеническая стандартизация химического сырья и продукции;
- мероприятия по усовершенствованию технологического процесса, аппаратуры и оборудования;
- применение вентиляционных устройств;
- средства индивидуальной защиты органов дыхания, зрения и кожи;
- медико-санитарные мероприятия.

К мероприятиям по усовершенствованию технологического процесса, аппаратуры и оборудования относятся: комплексная механизация и автоматизация процессов с дистанционным управлением или внедрение непрерывных технологических процессов; герметизация аппаратуры и коммуникаций; автоматический контроль за ходом технологических процессов; сигнализация угрозы аварии и т. д.

Медико-санитарные мероприятия включают:

- обязательную *регистрацию* и *расследование* причин всех случаев производственных отравлений;
- предварительные и периодические *медицинские осмотры* с целью не- допущения на работу лиц с заболеваниями, несовместимыми с данной профессией, и выявления ранних, начальных симптомов воздействия вредных веществ на работника;
- систематический *контроль за состоянием воздушной среды* на предприятиях;

– дополнительные льготы для работающих с вредными веществами (сокращение рабочего дня, дополнительные отпуска, профилактическое питание).

В целях предупреждения неблагоприятных последствий контакта работающих с вредными химическими веществами в разных странах сложились системы предупредительных мероприятий, среди которых одним из главных является **токсикологическая оценка новых веществ и композиций**, включающая их предварительный отбор для последующего производства и применения, ограничение допустимых уровней воздействия на рабочих местах.

### **Методы очистки промышленных газовых выбросов от газообразных и парообразных загрязнений**

В зависимости от типа процесса методы очистки промышленных газовых выбросов от газообразных загрязнений и паров подразделяются на пять основных групп (табл. 9), каждой из которых соответствуют определенные аппараты.

Таблица 9

Методы очистки промышленных газовых выбросов от газообразных и парообразных загрязнений

Методы очистки	Тип процесса	Аппараты
Абсорбционные	поглощение загрязнений растворителем (водой) с образованием раствора	насадочные башни; скрубберы; барботажно-пенные аппараты и др.
Хемосорбционные	химическое взаимодействие загрязнений с жидкими сорбентами (поглотителями) с образованием малолетучих или малорастворимых химических соединений	насадочные башни; скрубберы; распылительные аппараты и др.
Адсорбционные	адсорбция загрязнений на поверхности твердого вещества	адсорберы

Продолжение табл. 9

Термические	окисление загрязнений кислородом воздуха при высоких температурах с образованием нетоксичных (менее токсичных) соединений	камеры сжигания и др.
Каталитические	каталитическая химическая реакция загрязнений с другими загрязнителями или добавленными веществами с образованием нетоксичных (менее токсичных) соединений	каталитические и термокаталитические реакторы
Биохимические	трансформация загрязнений под воздействием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами	биофильтры, биоскрубберы

### 3.3. Производственная пыль как фактор производственной вредности

Производственная пыль является одним из наиболее распространенных неблагоприятных факторов профессиональной вредности. Она встречается на подавляющем числе производств, где самые разнообразные технологические процессы и операции сопровождаются образованием и выделением пыли в зону влияния на большие контингенты работающих.

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе медленно оседающие твердые частицы с размерами от нескольких десятков до долей микрометров. Пыль представляет собой аэрозоль, т. е. дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсионной средой – воздух. Производственную пыль классифицируют по происхождению, способу образования и размерам частиц (дисперсности).

По происхождению пыль разделяют на: органическую, неорганическую и смешанную. Органическая пыль может быть естественной и искусственной. Естественная пыль – это пыль животного или растительного происхождения (древесная, хлопковая, льняная, джутовая, костяная, шерстяная и др.).

Искусственная пыль – это пыли пластмасс, резины, смол, красителей и других синтетических продуктов. Неорганическая пыль может быть минеральной (кварцевая, силикатная, асбестовая, цементная, наждачная, фарфоровая и др.) и металлической (цинковая, железная, медная, свинцовая, марганцевая). Смешанные виды пыли образуются в металлургической промышленности, во многих химических и других производствах.

В зависимости от способа образования различают аэрозоли дезинтеграции и конденсации. Аэрозоли дезинтеграции образуются при механическом измельчении, дроблении и разрушении твердых веществ (бурение, размол, взрыв пород и др.), при механической обработке изделий (очистка литья, полировка и др.). Аэрозоли конденсации образуются при термических процессах возгонки твердых веществ (плавление, электросварка и др.) вследствие охлаждения и конденсации паров металлов и неметаллов, в частности, полимерных материалов – пластмасс, в результате термической обработки которых образуются парогазоаэрозольные смеси, содержащие твердые, жидкие частицы, газы и пары сложного химического состава.

В зависимости от дисперсности различают видимую пыль размером более 10 мкм, микроскопическую – размером от 0,25 до 10 мкм, ультрамикроскопическую – менее 0,25 мкм.

Дисперсность аэрозолей определяет скорость оседания частиц во внешней среде. Мельчайшие частицы размером 0,01–0,1 мкм могут находиться в воздухе длительное время в состоянии броуновского движения. Более крупные оседают из воздуха со скоростью, обусловленной размером и удельным весом. Скорость оседания крупных частиц определяется законом Ньютона (с ускорением силы тяжести), мелких – от 0,1 до 100 мкм законом Стокса (с ускорением свободного падения).

В зависимости от происхождения, химического состава, растворимости, дисперсности, формы пылинок пыль может быть причиной возникновения разнообразных пылевых заболеваний человека. Обычно различают специфические и неспецифические пылевые поражения:

*специфические* – пневмокониозы; аллергические болезни (если точно установлен аллерген);

*неспецифические* – хронические заболевания органов дыхания (бронхиты, трахеиты, ларингиты, пневмонии и др.); заболевания глаз (конъюнктивиты, кератиты); заболевания кожи (дерматиты, пиодермия).

Среди специфических профессиональных пылевых заболеваний наибольшее значение имеют пневмокониозы.

**Пневмокониозы** – это хронические заболевания легких, возникающие в результате длительного воздействия в условиях производства промышленной пыли определенного состава. Различают пять групп пневмокониозов:

1. Вызываемые минеральной пылью – силикоз, силикатоз (асбестоз, талькоз, каолиноз, оливиноз, мулитоз, цементоз и др.).
2. Вызываемые металлической пылью – сидероз, охроз, алюминоз, бериллиоз, баритоз, манганокониоз и др.
3. Вызываемые углеродсодержащей пылью – антракоз, графитоз и др.
4. Вызываемые органической пылью – биссиноз (от пыли хлопка и льна), багасоз (от пыли сахарного тростника), фермерское легкое (от сельскохозяйственной пыли, содержащей грибы).
5. Вызываемые пылью смешанного состава – силико-антракоз, силико-асбестоз и др.

### 3.4. Меры профилактики пылевых заболеваний

Профилактика профессиональных пылевых болезней должна осуществляться по ряду направлений и включает в себя:

- гигиеническое нормирование;
- технологические мероприятия;
- санитарно-гигиенические мероприятия;
- индивидуальные средства защиты;
- лечебно-профилактические мероприятия.

### ***Гигиеническое нормирование***

Основой проведения мероприятий по борьбе с производственной пылью является гигиеническое нормирование. Требование соблюдения установленных ГОСТ 12.1.00–88 ПДК является основным при осуществлении предупредительного и текущего санитарного надзора. Систематический контроль за состоянием уровня запыленности осуществляется лабораториями СЭС, заводскими санитарно-химическими лабораториями. На администрацию предприятий возложена ответственность за поддержание условий, препятствующих повышению ПДК пыли в воздушной среде.

### ***Технологические мероприятия***

Устранение образования пыли на рабочих местах путем изменения технологии производства – основной путь профилактики пылевых заболеваний легких. Внедрение непрерывных технологий, автоматизация и механизация производственных процессов, устраняющих ручной труд, дистанционное управление способствуют значительному облегчению и улучшению условий труда большого контингента рабочих. Так, широкое применение автоматических видов сварки с дистанционным управлением, роботов-манипуляторов на операциях загрузки, пересыпки, упаковки сыпучих материалов значительно снижает контакт рабочих с источниками пылевыведения. Использование новых технологий – литье под давлением, электрохимические методы обработки металла, дробеструйная, гидро- или электроискровая очистка исключили операции, связанные с пылеобразованием в литейных цехах заводов.

Эффективными средствами борьбы с пылью являются: применение в технологическом процессе вместо порошкообразных продуктов брикетов, гранул, паст, растворов и т. д.; замена токсических веществ на нетоксические; переход от твердого топлива на газообразное; широкое использование высокочастотного электронагрева, значительно снижающего загрязнение производственной среды дымами и топочными газами.

Предотвращению запыленности воздуха способствуют также следующие мероприятия: замена сухих процессов мокрыми, например мокрое шлифование, помол и т. д.; герметизация оборудования, мест размола, транспортировки;

выделение агрегатов, запыляющих рабочую зону, в изолированные помещения с устройством дистанционного управления.

### ***Санитарно-технические мероприятия***

Мероприятия санитарно-технического характера играют весьма существенную роль в предупреждении пылевых заболеваний. К ним относятся местные укрытия пылящего оборудования с отсосом воздуха из-под укрытия. Герметизация и укрытие оборудования сплошными пыленепроницаемыми кожухами с эффективной аспирацией являются рациональным средством предупреждения пылевыведения в воздух рабочей зоны. Местная вытяжная вентиляция (кожухи, боковые отсосы) применяется в случаях, когда по технологическим условиям невозможно увлажнение перерабатываемых материалов. Удаление пыли должно происходить непосредственно от мест пылеобразования. Перед выбросом в атмосферу запыленный воздух очищается.

При сварке металлоконструкций и крупногабаритных изделий применяются секционные и переносные местные отсосы. В ряде случаев вентиляция устанавливается в сочетании с технологическими мероприятиями. Так, в установках для беспыльного сухого бурения местная вытяжная вентиляция объединяется с головной частью рабочего инструмента. Для борьбы с вторичным пылеобразованием применяют пневматическую уборку помещений. Сдувание пыли с помощью сжатого воздуха и сухая уборка помещений оборудования не допускается.

### ***Индивидуальные средства защиты***

В случаях, когда проведение мероприятий по снижению концентрации пыли не приводит к уменьшению пыли в рабочей зоне до допустимых пределов, необходимо применять индивидуальные средства защиты. К индивидуальным средствам защиты относятся противопылевые респираторы, защитные очки, специальная противопылевая одежда. Выбор того или иного средства защиты органов дыхания производится в зависимости от вида вредных веществ, их концентрации. Органы дыхания защищают фильтрующими и изолирующими приборами. Наиболее широко применяют респиратор типа

«Лепесток». В случае контакта с порошкообразными материалами, неблагоприятно воздействующими на кожу, используют защитные пасты и мази. Для защиты глаз применяют закрытые или открытые очки. Очки закрытого типа с прочными безосколочными стеклами используют при механической обработке металлов (обрубка, чеканка, ручная клепка и т. д.). При процессах, сопровождающихся образованием мелких и твердых частиц и пыли, брызг металла, рекомендуются очки закрытого типа с боковинками или маски с экраном.

## 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ

### 4.1. Системы вентиляции

Процессы производства могут сопровождаться выделением в воздух производственных помещений водяных паров, теплоты, газов, паров и аэрозолей различного рода веществ. Такие выделения ухудшают качество воздуха и, следовательно, могут оказать вредное воздействие на жизнедеятельность человека. Эффективным средством обеспечения чистоты и допустимых параметров микроклимата воздуха рабочей зоны является промышленная вентиляция.

**Вентиляцией** называется организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу на его место свежего.

Классификация вентиляционных систем представлена на рис. 6.

По способу перемещения воздуха вентиляция бывает с естественным и с механическим побуждением.

По месту действия вентиляция бывает общеобменной и местной.

Действие **общеобменной вентиляции** основано на разбавлении загрязненного, нагретого, влажного воздуха помещения свежим воздухом до предельно допустимых норм. Общеобменную вентиляцию применяют в случаях, когда вредные вещества, теплота и влага выделяются равномерно по всему помещению.

По способу подачи и удаления воздуха различают четыре схемы общеобменной вентиляции: приточная, вытяжная, приточно-вытяжная и системы с рециркуляцией.

**Приточная система** – это система, при которой воздух подается в помещение после подготовки его в приточной камере.

В помещении при этом создается избыточное давление, за счет которого воздух уходит наружу через окна, двери или в другие помещения. Приточная система применяется для вентиляции помещений, в которых нежелательно попадание загрязненного воздуха из соседних помещений или холодного воздуха извне.

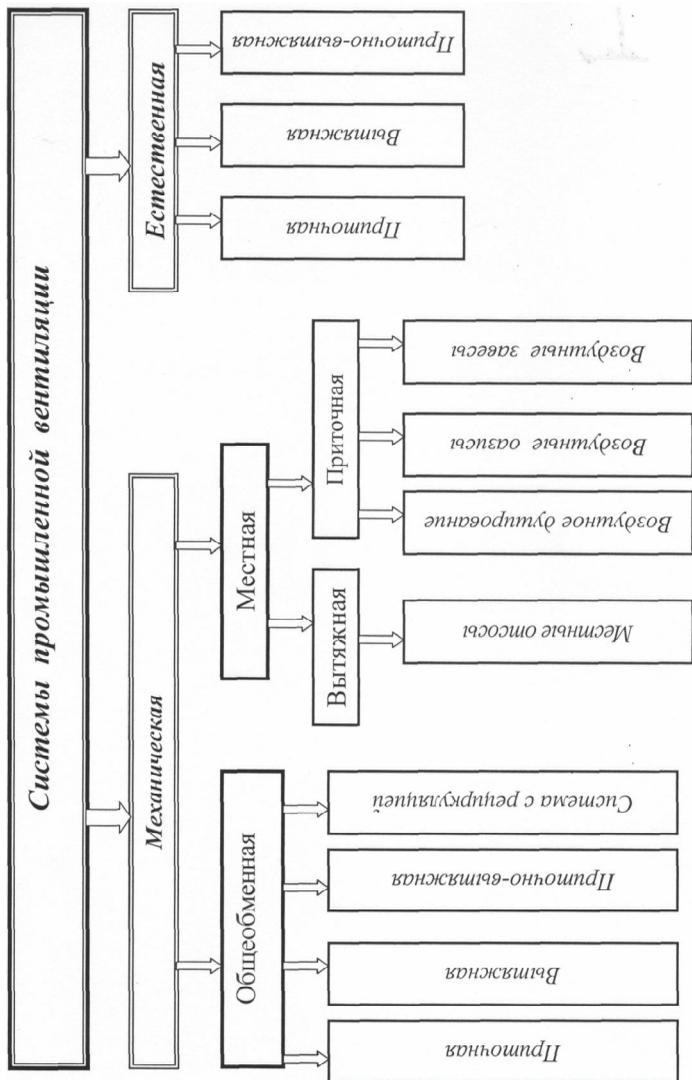


Рис. 6. классификация вентиляционных систем

**Вытяжная система** предназначена для удаления воздуха из помещения. В помещении при этом создается пониженное давление, и воздух соседних помещений или наружный воздух поступает в данное помещение. Вытяжную систему целесообразно применять в том случае, когда вредные выделения данного помещения не должны распространяться на соседние помещения, например для вредных цехов, химических и биологических лабораторий.

**Приточно-вытяжные системы** являются наиболее распространенными в промышленности, так как они более полно удовлетворяют условиям создания нормируемых параметров воздуха помещений.

**Системы с рециркуляцией** отработавшего воздуха – это системы, в которых к наружному воздуху подмешивается часть вытяжного воздуха. После термовлажностной обработки смесь поступает в вентилируемое помещение. Системы с рециркуляцией применяются для снижения расхода тепла в холодный период года или для снижения расхода холода в теплый период года.

**Местная вытяжная вентиляция** служит для улавливания вредных веществ в местах их выделения, не допуская распространения по помещению.

Местная вентиляция по сравнению с общеобменной требует значительно меньших затрат на устройство и эксплуатацию.

В производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух рабочей зоны большого количества вредных веществ, наряду с рабочей вентиляцией, предусматривается устройство аварийной вентиляции.

На производстве часто устраивают комбинированные системы вентиляции (общеобменную вентиляцию с местной, общеобменную с аварийной и т. п.).

## **4.2. Естественная вентиляция**

Воздухообмен при естественной вентиляции происходит вследствие разности температур воздуха в помещении и наружного воздуха, а также под действием ветра.

Разность температур воздуха внутри (более теплого) и снаружи помещения, следовательно, и разность плотностей вызывает поступление холодного воздуха в помещение и вытеснение из него теплого воздуха. При действии ветра с заветренной стороны зданий создается пониженное давление, вследствие чего происходит вытяжка теплого или загрязненного воздуха из помещения. В то же время с наветренной стороны здания создается избыточное давление, под действием которого в помещение поступает свежий воздух.

Естественная вентиляция производственных помещений может быть неорганизованной и организованной.

**Неорганизованная естественная вентиляция** – инфильтрация или естественное проветривание – осуществляется сменой воздуха в помещениях через неплотности в ограждениях и элементах строительных конструкций, через форточки и специальные проемы.

Такой воздухообмен зависит от случайных факторов – силы и направления ветра, температуры воздуха внутри и снаружи здания, вида ограждений и качества строительных работ. Однако инфильтрация может быть значительной и для жилых зданий достигать 0,5... 0,75 объема помещения в час, а для промышленных предприятий – до 1... 1,5 объема помещения в час.

**Организованная естественная вентиляция** может быть канальной и бесканальной вентиляцией (аэрация).

**Канальная естественная вытяжная вентиляция** без организованного притока воздуха (рис. 7) широко применяется в жилых и административных зданиях. Расчетное гравитационное давление таких систем вентиляции определяют при температуре наружного воздуха 5 °С, считая, что все оно расходуется на тракте вытяжного канала без учета сопротивления входу воздуха в здание. При расчете сети воздуховодов прежде всего проводят ориентировочный подбор их сечений, исходя из допустимых скоростей движения воздуха в каналах верхнего этажа  $v = 0,5...0,8$  м/с, в каналах нижнего этажа и сборных каналах на чердаке  $v = 1...1,5$  м/с.

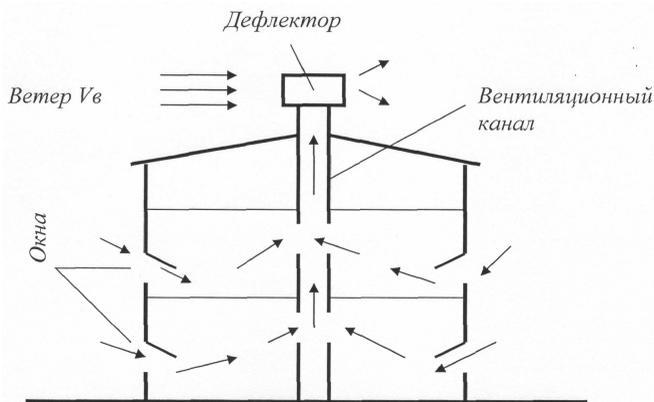


Рис. 7. Схема естественной канальной приточно-вытяжной вентиляции

Для увеличения располагаемого давления в системах естественной вентиляции на устье вытяжных шахт устанавливают насадки – дефлекторы. Усиление тяги происходит благодаря разрежению, возникающему при обтекании дефлектора ветром.

При ориентировочном расчете дефлекторов определяют диаметр вентиляционной трубы по формуле

$$D = 0,0188 \cdot \sqrt{\frac{L_{\partial}}{V_{\partial}}}, \text{ м}, \quad (20)$$

где  $L_{\partial}$  – производительность дефлектора,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $V_{\partial}$  – скорость воздуха в патрубке,  $\text{м}/\text{с}$ . Принимается равной половине скорости ветра (для каждой местности известна средняя скорость ветра за наиболее жаркие месяцы).

**Аэрация** осуществляется в холодных цехах за счет ветрового давления, в горячих цехах за счет совместного или раздельного действия теплового и ветрового давления. Аэрация осуществляется следующим образом.

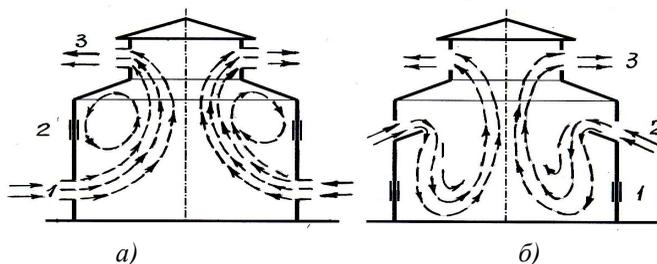


Рис. 8. Аэрация зданий

В здании цеха, оборудованном тремя рядами проемов со створками, в летнее время открываются проемы 1 и 3 (рис. 8, а). Свежий воздух поступает в помещение через нижние проемы 1, расположенные на высоте 1...1,5 м от пола, а удаляются через проемы 3 в фанаре здания. В зимнее время наружный воздух поступает через проемы 2, расположенные на высоте 4...7 м от пола (рис. 8, б). Высота принимается с таким учетом, чтобы холодный наружный воздух, опускаясь до рабочей зоны, успел достаточно нагреться за счет перемешивания с теплым воздухом помещения. Воздухообмен можно регулировать, меняя положение створок.

Расчетная разность давлений, под действием которой происходит воздухообмен в помещении, обусловлена разностью плотностей (температур) наружного (вне здания) и внутреннего (в помещении) воздуха (тепловой напор  $\Delta P_T$ ) и в результате обдувания здания ветром (ветровой напор  $\Delta P_B$ ) и определяется по формуле

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_B . \quad (21)$$

Температура воздуха внутри помещения вследствие выделения избытков явной теплоты бывает, как правило, выше температуры наружного воздуха. Следовательно, плотность наружного воздуха больше плотности воздуха внутри помещения, что обуславливает наличие разности давлений наружного и внутреннего воздуха. На определенной высоте помещения, в так называемой плоскости равных давлений (рис. 9), эта разность равна нулю.

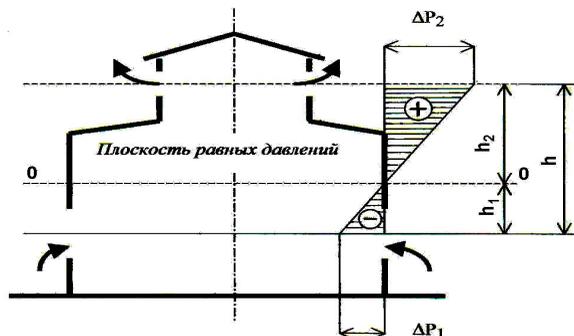


Рис. 9. Распределение давления воздуха в здании

Преимуществом аэрации является то, что большие объемы воздуха подаются и удаляются без применения вентиляторов и воздуховодов. Система аэрации значительно дешевле механических систем вентиляции.

К недостаткам аэрации следует отнести то, что в теплый период года эффективность аэрации может существенно падать вследствие повышения температуры наружного воздуха и, кроме того, поступающий в помещение воздух не проходит предварительную обработку, т. е. не очищается и не охлаждается.

### 4.3. Механическая вентиляция

Вентиляция, при помощи которой воздух подается в производственные помещения или удаляется из них по системам вентиляционных каналов с использованием для этих целей специальных механических побудителей, называется *механической*.

*Механическая вентиляция* по сравнению с естественной имеет ряд преимуществ (возможностей):

- большой радиус действия вследствие значительного давления, создаваемого вентилятором;
- изменение или сохранение необходимого воздухообмена независимо от температуры наружного воздуха и скорости ветра;

- предварительная очистка, осушка или увлажнение, подогрев или охлаждение вводимого в помещение воздуха;
- оптимальное распределение воздуха с подачей его непосредственно к рабочим местам;
- улавливание вредных выделений непосредственно в местах их образования и предотвращение их распространения по всему объему помещения, а также очистка загрязненного воздуха перед выбросом его в атмосферу.

К недостаткам механической вентиляции следует отнести значительную стоимость сооружений и эксплуатации и необходимость проведения мероприятий по борьбе с шумом. Механическая вентиляция может быть приточной, вытяжной, приточно-вытяжной и системой с рециркуляцией.

**Приточная вентиляция.** Установки приточной вентиляции обычно состоят из следующих элементов (рис. 10, а): воздухозаборного устройства (воздухоприемника) для забора чистого воздуха; воздуховодов, по которым воздух подается в помещение; фильтры для очистки воздуха от пыли; калориферов, где воздух нагревается; вентилятора; приточных отверстий или насадков, через которые воздух попадает в помещение; регулирующих устройств, устанавливаемых в воздухоприемном устройстве.

Фильтр, калориферы и вентилятор обычно устанавливают в одном помещении, в так называемой вентиляционной камере. Воздух подается в рабочую зону, при этом скорости выхода воздуха ограничены допустимыми уровнями шума и скоростью воздуха на рабочем месте.

**Вытяжная вентиляция.** Установки вытяжной вентиляции состоят (рис. 10, б) из: вытяжных отверстий или насадков, через которые воздух удаляется из помещения;

вентилятора; воздуховодов; устройства для очистки воздуха от пыли или газов; устройства для выброса воздуха (вытяжной шахты).

Устройство для очистки воздуха от загрязняющих веществ устанавливается в тех случаях, когда выбрасываемый воздух необходимо очищать с целью обеспечения нормативных концентраций в выбрасываемом воздухе.

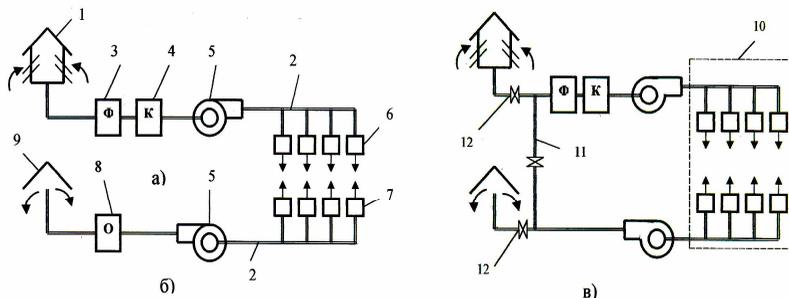


Рис. 10. Механическая вентиляция:

а) приточная вентиляция; б) вытяжная вентиляция;

в) приточно-вытяжная вентиляция:

1 – воздухозаборное устройство; 2 – воздуховоды; 3 – фильтр для очистки воздуха от пыли; 4 – калорифер; 5 – вентилятор;

6 – приточные насадки; 7 – вытяжные насадки; 8 – устройства для очистки воздуха от пыли или газов; 9 – вытяжная шахта

Устройство для выброса воздуха должно быть расположено на 1...1,5 м выше конька крыши.

### **Приточно-вытяжная вентиляция**

В этой системе воздух подается в помещение приточной вентиляцией, а удаляется вытяжной (рис. 10, а и б), работающих одновременно.

Приточные и вытяжные системы в помещении должны быть правильно размещены. Свежий воздух необходимо подавать в те части помещения, где количество вредных выделений минимально, а удалять из тех мест, где выделения максимальны. Приток воздуха должен производиться, как правило, в рабочую зону, а вытяжка – из верхней зоны помещения.

Количество подаваемого воздуха должно соответствовать количеству удаляемого воздуха. В ряде случаев необходимо так организовать воздухообмен, чтобы одно количество воздуха обязательно было больше другого. Например, при проектировании вентиляции двух смежных помещений, в одном из которых выделяются вредные вещества. В таком случае, количество удаляемого воздуха из помещения с выделяющимися вредными веществами должно быть больше количества приточного воздуха. В результате в помещении

создается небольшое разрежение и воздух из «чистого» помещения с небольшим избыточным давлением будет попадать в «загрязненное» помещение, не давая возможности вредным веществам проникать в «чистое» помещение.

Место для забора свежего воздуха выбирается с учетом направления ветра, с наветренной стороны по отношению к выбросным отверстиям.

В *приточно-вытяжной вентиляции с рециркуляцией* (рис. 10, в) воздух, удаляемый из помещения вытяжной системой, частично повторно подают в это помещение через приточную систему, соединенную с вытяжной системой воздуховодом. Регулировка количества свежего, вторичного и выбрасываемого воздуха производится клапанами. Система приточно-вытяжной вентиляции с рециркуляцией позволяет экономить теплоту на нагрев воздуха в холодное время года и на его очистку.

Систему вентиляции с рециркуляцией разрешается использовать только для помещений, в которых отсутствуют выделения вредных веществ или выделяющиеся вещества относятся к 4-му классу опасности. При этом концентрация вредных веществ в воздухе, подаваемом в помещение, не должно превышать 30 % ПДК. Применение рециркуляции не допускается и в том случае, если в воздухе помещений содержатся болезнетворные бактерии, вирусы или имеются резко выраженные неприятные запахи.

#### **4.4. Местная вентиляция**

*Местная приточная вентиляция* служит для создания требуемых условий воздушной среды в ограниченной зоне производственного помещения.

К установкам местной приточной вентиляции относятся воздушные души и оазисы, воздушные и воздушно-тепловые завесы.

*Воздушное душирование* применяют в горячих цехах на рабочих местах при воздействии лучистого потока теплоты интенсивностью  $350 \text{ Вт/м}^2$  и более и в том случае, когда локализирующая и общеобменная вентиляции не обеспечивают на

рабочем месте заданных параметров воздушной среды. Воздушные души выполняются в форме направленных на рабочих воздушных потоков с определенными параметрами.

**Воздушные оазисы** позволяют улучшить метеорологические условия на ограниченной площади помещения. Для этого разработан ряд кабин с легкими передвижными перегородками, которые заполняются воздухом с соответствующими параметрами микроклимата.

**Воздушные и воздушно-тепловые завесы.** Воздушные завесы предназначены для защиты от прорыва холодного воздуха в помещение через различные проемы здания (ворота, двери и т. д.). Воздушная завеса представляет собой воздушную струю, направленную под углом навстречу холодному потоку воздуха, уменьшая прорыв холодного воздуха через проемы. Согласно СНиП РК 4.02–42–2006 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», воздушные завесы, в основном, необходимо устанавливать:

– у постоянно открытых проемов в наружных стенах помещений, а также у ворот и проемов в наружных стенах, не имеющих тамбуров и открывающихся более пяти раз или не менее чем на 40 мин в смену, в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 15 °С и ниже;

– у наружных дверей вестибюлей общественных и административно-бытовых зданий в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха и числа людей, проходящих через двери в течение 1 ч: от минус 15 до минус 25–400 чел. и более; от минус 26 до минус 40–250 чел. и более; ниже минус 40–100 чел. и более.

Воздушные и воздушно-тепловые завесы у наружных проемов, ворот и дверей рассчитываются с учетом ветрового давления. Скорость выпуска воздуха из щелей или отверстий воздушно-тепловых завес следует принимать не более: 8 м/с – у наружных дверей; 25 м/с – у ворот и технологических проемов.

Завесы бывают двух типов: воздушные с подачей воздуха без подогрева и воздушно-тепловые с подогревом подаваемого воздуха в калориферах.

В зависимости от места выпуска воздуха завесы устраивают:

- с направлением струи снизу вверх (с подачей воздуха через горизонтальную щель, расположенную внизу проема);

- с горизонтальным направлением струи (с подачей воздуха через вертикальную щель, расположенную с одной или с двух сторон проема);

- с направлением струи сверху вниз (с подачей воздуха через горизонтальную щель, расположенную вверху проема).

По месту воздухозабора и температуре подаваемого воздуха воздушные завесы можно разделить на четыре вида:

- с внутренним воздухозабором и подогревом подаваемого воздуха;

- с внутренним воздухозабором без подогрева подаваемого воздуха;

- с наружным воздухозабором и подогревом подаваемого воздуха;

- с наружным воздухозабором без подогрева подаваемого воздуха.

*Воздушные завесы с внутренним воздухозабором и подогревом* подаваемого воздуха устраивают у проемов и наружных ограждениях помещений с постоянными рабочими местами вблизи ворот и дверей или с повышенными требованиями к воздушной среде.

*Воздушные завесы с внутренним воздухозабором без подогрева* подаваемого воздуха устраивают у проемов в наружных ограждениях помещений, в которых допускается некоторое периодическое понижение температуры, а также у проемов во внутренних ограждениях.

*С наружным воздухозабором и подогревом* подаваемого воздуха устраивают воздушные завесы постоянного действия, используемые в качестве приточных вентиляционных установок.

Использование воздушных завес с наружным воздухозабором без подогрева подаваемого воздуха возможно в случае избыточного давления в помещении, которое как бы выдавливает струю завесы наружу. Количество и температура воздуха для завесы определяются расчетным путем, причем температура нагрева воздуха для воздушных завес ворот принимается не больше 70 °С, для дверей – не более 50 °С.

### ***Местная вытяжная вентиляция***

Применяется для улавливания и удаления вредных веществ непосредственно у источника их образования. Устройства местной вытяжной вентиляции очень разнообразны и зависят от метода удаления загрязненного воздуха из зоны загрязнения. Санитарно-гигиеническое значение местных отсосов заключается в том, что они не допускают проникновение вредных выделений в зону дыхания работающих. По степени изоляции зоны образования вредных веществ отсосы подразделяются на три группы: полуоткрытые, открытые и полностью закрытые.

***Полуоткрытый отсос*** представляет собой укрытие, внутри которого находится источник вредных выделений. Укрытие имеет открытый проем или отверстие. Примерами такого укрытия являются вытяжные шкафы, вентилируемые камеры или кабины, фасонные укрытия у вращающихся режущих инструментов.

К местным ***отсосам открытого типа*** относятся укрытия, находящиеся за пределами источника вредных выделений – над ним или сбоку от него. Примерами таких укрытий являются вытяжные зонты, боковые, бортовые и кольцевые отсосы.

***Полностью закрытые отсосы*** являются составной частью кожуха машины или аппарата, который имеет небольшие отверстия, щели или неплотности для поступления через них воздуха из помещения.

Укрытие следует располагать по направлению распространения струи вредных выделений, используя для их захвата их собственную кинетическую энергию. В этом случае расход удаляемого воздуха будет минимальным.

## **4.5. Кондиционирование воздуха**

***Кондиционирование воздуха*** – это создание и автоматическое поддержание в помещениях независимо от наружных условий температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, наиболее благоприятных для людей или требуемых для нормального протекания технологического процесса. Кондиционирование воздуха поддерживает значения

параметров микроклимата постоянными или изменяющимися по определенной программе. Системы кондиционирования могут работать круглый год или только в летнее время, выполняя в последнем случае охладительно-осушительные функции.

По назначению кондиционирование воздуха подразделяют на комфортное, технологическое и комфортно-технологическое.

*Комфортное кондиционирование* применяется в жилых, общественных и промышленных зданиях с целью обеспечения оптимальных санитарно-гигиенических условий для находящихся в помещении людей.

*Технологическое кондиционирование* предназначается для обеспечения требуемых условий протекания технологических процессов. В этом случае параметры воздушной среды могут быть совершенно непригодными для человека.

При *комфортно-технологическом кондиционировании* параметры воздушной среды, принимаемые для обеспечения оптимальных условий протекания технологических процессов, отличаются несущественно или вовсе не отличаются от параметров, соответствующих комфортным условиям.

**Кондиционер** – это вентиляционная установка, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

По способу приготовления и раздачи воздуха кондиционеры подразделяются на: *центральные* и *местные*. В центральных системах воздух обрабатывается в одном центральном кондиционере, от которого он распределяется по отдельным помещениям. В местных системах воздух обрабатывается в кондиционерах, расположенных в отдельных помещениях. Распределительная система воздухопроводов в здании в этом случае отсутствует. Центральные кондиционеры применяют в больших цехах, они имеют большую производительность по воздуху (30...250 тыс. м<sup>3</sup>/ч). Местные кондиционеры используют в сравнительно небольших помещениях (лабораториях, кабинах наблюдения, рабочих кабинетах и т. п.). Производительность их соответственно ниже, чем центральных кондиционеров.

В зависимости от способа холодоснабжения кондиционеры подразделяются на: *автономные* и *неавтономные*.

В автономных кондиционерах холод вырабатывается встроенными холодильными агрегатами. Неавтономные кондиционеры снабжаются холодоносителем централизованно.

**Основными элементами** систем кондиционирования воздуха являются:

– устройства для улавливания твердых веществ с использованием мешочных фильтров и электростатических фильтров;

– устройства для нагрева и охлаждения воздуха. В этих устройствах осуществляется в летнее время охлаждение воздуха в теплообменнике с помощью холодной воды или хладагента путем форсированной прокачки через него и нагревом с помощью электрических спиралей или сжиганием топлива в зимнее время;

– устройства для поддержания влажности. В зимнее время влажность может быть увеличена с помощью впрыскивания водяных паров или прямым испарением воды. В летнее время влажность может быть снижена охлаждающими змеевиками, на которых конденсируются излишняя влага из воздуха или с помощью охлаждающей водяной системы, в которой поток влажного воздуха проходит через струи воды с температурой ниже температуры точки росы этого влажного воздуха.

Одним из основных и принципиальных вопросов проектирования систем кондиционирования является выбор схемы обработки воздуха. Центральные кондиционеры имеют разнообразные схемы тепловлажностной обработки воздуха. Они могут быть прямоточными, обрабатывающими только наружный воздух, либо с одной или двумя рециркуляциями, т. е. с подмешиванием в определенных пропорциях внутреннего воздуха к основному потоку обрабатываемого наружного воздуха.

Наиболее распространенными являются форсуночные кондиционеры. В оросительной камере таких кондиционеров, через которую проходит обрабатываемый воздух, имеются форсунки для разбрызгивания воды. В камере может происходить процесс адиабатической или политропической обработки воздуха.

## **5. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**

### **5.1. Основные светотехнические величины и единицы их измерений**

Для обеспечения успешной зрительной работы и активной деятельности человеческого организма в целом важное значение имеет создание рационального освещения. Обеспечение наиболее благоприятных условий видения способствует не только успешному выполнению трудового процесса, но и предотвращению производственного травматизма.

Из всех видов энергии, которую люди могут использовать, свет является самой важной. Свет – это ключевой элемент нашей способности видеть, оценивать форму, цвет и перспективу предметов, окружающих нас в повседневной жизни. С помощью зрения человек получает большую часть информации (примерно 80 %), поступающей из окружающего мира. Кроме того, такие элементы человеческого самочувствия как душевное состояние или степень усталости зависят от освещения и цвета окружающих нас предметов. С точки зрения безопасности труда зрительная способность и зрительный комфорт чрезвычайно важны. Очень много несчастных случаев происходит, помимо всего прочего, из-за неудовлетворительного освещения или из-за ошибок, сделанных рабочим, потому что ему было трудно распознать тот или иной предмет или осознать степень риска, связанного с обслуживанием станков, транспортных средств, контейнеров с агрессивными веществами и т. д.

Недостаточное освещение вызывает зрительный дискомфорт. Длительное пребывание в условиях зрительного дискомфорта приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, зрительному и общему утомлению.

Сложный процесс зрительного различения деталей при различных операциях зависит от расположения поверхности деталей по отношению к глазу работающего, от световых свойств поверхностей, расположенных в поле зрения работающего, характера трудовых операций, чувствительности зрительного анализатора.

Зрительным анализатором в виде света воспринимаются электромагнитные колебания с длиной волны от 380 до 770 нм.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным показателям относятся: световой поток, сила света, освещенность, яркость.

**Световой поток ( $\Phi$ )** – это часть электромагнитной энергии, которая воспринимается зрением человека как свет. Световой поток определяется как величина не только физическая, но и физиологическая, так как измерение его основывается на зрительном восприятии. Единица измерения светового потока – люмен (*лм*).

**Сила света ( $I$ )** – величина пространственной плотности светового потока, которая определяется как отношение светового потока  $d\Phi$ , исходящего от источника и распространяющегося равномерно внутри элементарного телесного угла  $d\Omega$ , к величине этого угла:  $I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$ . Понятие сила

света введена в связи с тем, что источники света излучают световой поток в пространство по различным направлениям неравномерно. За единицу силы света принята кандела (*кд*). Одна кандела – это сила света, испускаемого с поверхности площадью  $1/600\,000\text{ м}^2$  полного излучателя (государственный световой эталон) в перпендикулярном направлении при температуре затвердевания платины (2046,65 К) при давлении 101 325 Па.

**Освещенность ( $E$ )** – отношение светового потока  $d\Phi$ , падающего на элемент поверхности  $dS$ , к площади этого элемента:  $E = \frac{d\Phi}{dS}$ . За единицу освещенности принят люкс (*лк*).

**Яркость ( $L$ )** элемента поверхности  $dS$  под углом  $\theta$  относительно нормали этого элемента есть отношение светового потока  $d^2\Phi$  к произведению телесного угла  $d\Omega$ , в котором он распространяется, площади  $dS$  и косинуса угла  $\theta$ :

$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega \cdot dS \cdot \cos \theta} = \frac{dI}{dS \cdot \cos \theta}. \quad (22)$$

Чем больше яркость, тем больший световой поток от него поступает в глаз и тем сильнее сигнал, поступающий от глаза в зрительный центр.

Существующие источники света обладают различной яркостью. Максимально переносимая человеком яркость при прямом наблюдении составляет  $7500 \text{ кд/м}^2$ .

На рис. 11 представлены некоторые из приблизительных значений яркости для нескольких источников света различного вида. Увеличение освещенности рабочей поверхности улучшает видимость объектов за счет повышения их яркости. Однако имеется предел, при котором дальнейшее увеличение освещенности почти не дает эффекта, поэтому необходимо улучшать качественные характеристики освещения. К основным качественным показателям освещения относятся: коэффициент пульсации, показатель ослепленности и дискомфорта, спектральный состав света. Кроме того, для оценки условий зрительной работы существуют такие характеристики, как: фон, контраст объекта с фоном, объект различения.



Рис. 11. Приблизительные значения яркости

**Объект различения** – наименьший размер рассматриваемого предмета, отдельная его часть или дефект, который необходимо различить в процессе работы.

**Фон** – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон характеризуется коэффициентом отражения  $\rho$ , который зависит от цвета и фактуры поверхности. При коэффициенте отражения  $\rho > 0,4$  фон считается светлым; при  $\rho = 0,2 \dots 0,4$  – средним и при  $\rho < 0,2$  – темным.

*Коэффициент отражения* характеризует способность поверхности отражать падающий на нее световой поток. Определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока к падающему на нее световому потоку:

$$\rho = \frac{\Phi_{отр}}{\Phi_{пад}}. \quad (23)$$

*Контраст объекта с фоном*  $K$  характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точка, линия, трещина, риска и другие элементы) и фона. Контраст определяют по формуле

$$K = \frac{|L_o - L_\phi|}{L_\phi}, \quad (24)$$

где  $L_o$  и  $L_\phi$  – яркость соответственно фона и объекта.

Контраст объекта с фоном считается большим при значениях  $K > 0,5$ , средним при значениях  $K = 0,2 \dots 0,5$  и малым при значениях  $K < 0,2$ .

*Показатель ослепленности* является критерием оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой. Значение показателя ослепленности определяют по формуле

$$P_0 = \left( \frac{V_1}{V_2} - 1 \right) \cdot 1000, \quad (25)$$

где  $V_1$  и  $V_2$  – видимость объекта различения, соответственно при экранировании и наличии ярких источников света в поле зрения.

Экранирование источников света осуществляется с помощью щитков, козырьков и т. п.

*Видимость*  $V$  характеризует способность глаза воспринимать объект и зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном:

$$V = \frac{K}{K_{\text{пор}}} \cdot \quad (26)$$

Пороговый контраст – наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым.

**Коэффициент пульсации освещенности ( $K_n$ )** – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током. Коэффициент пульсации определяется по формуле

$$K_n = \frac{100 \cdot (E_{\text{max}} - E_{\text{min}})}{2 \cdot E_{\text{cp}}}, \%, \quad (27)$$

где  $E_{\text{max}}$ ,  $E_{\text{min}}$  и  $E_{\text{cp}}$  – максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период ее колебания, лк.

Колебания освещенности, вызванные резким изменением напряжения в сети, имеют большую амплитуду, вызывают частую переадаптацию зрения, что приводит к значительному утомлению. Пульсация освещения также связана с особенностью работы газоразрядных ламп.

**Системы и виды освещений.** При освещении производственных помещений используют *естественное*, *искусственное* и *совмещенное* освещение.

**Естественное освещение** создается солнечным светом. Естественное освещение в отличие от искусственного освещения имеет более благоприятный спектральный состав (больше необходимых для человека ультрафиолетовых лучей), высокую диффузность (рассеянность) света.

Естественное освещение подразделяется на:

- *боковое освещение*, осуществляемое через световые проемы в стенах;
- *верхнее освещение*, осуществляемое через прозрачные перекрытия и световые фонари на крыше;
- *комбинированное* освещение, при одновременном наличии световых проемов в стенах и перекрытиях.

**Искусственное освещение** по конструктивному исполнению может быть двух систем – *общее* и *комбинированное*.

Общее освещение подразделяется на общее равномерное и общее локализованное освещение.

При *общем равномерном* освещении все рабочие места освещаются от общей осветительной установки. В этой системе источники света распределены равномерно без учета расположения рабочих мест. Средний уровень освещения должен быть равен требуемому уровню освещения.

*Общее локализованное* освещение предназначено для увеличения освещения посредством размещения ламп ближе к рабочим поверхностям. Светильники при таком освещении часто дают блики, и их рефлекторы должны быть расположены таким образом, чтобы убрать источник света из прямого поля зрения работающего.

**Комбинированное освещение** включает общее и местное освещение (местный светильник, например, настольная лампа), который направляет световой поток непосредственно на рабочее место. Использование местного освещения совместно с общим рекомендуется применять при высоких требованиях к освещению. Применение одного местного освещения недопустимо, так как возникает необходимость частой переадаптации зрения, создаются глубокие и резкие тени. Согласно СНиП РК 2.04–05–2002 «Естественное и искусственное освещение» доля общего освещения в системе комбинированного освещения должна быть не менее 10 %. При недостаточном естественном освещении в светлое время суток используют совместно естественное и искусственное освещение. Такое освещение называется **совмещенным**.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют на следующие виды: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное.

**Рабочее освещение** – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

**Аварийное освещение** – освещение для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения для

предотвращения нарушения нормального обслуживания оборудования. Наименьшая освещенность рабочих поверхностей, требующих обслуживания при аварийном режиме, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения при системе общего освещения, но не менее 2 лк. Для аварийного освещения используются лампы накаливания, для питания которых используется автономный источник электроэнергии.

**Эвакуационное освещение** – освещение для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения. Эвакуационное освещение следует устраивать в местах, опасных для прохода людей, на лестничных клетках, вдоль основных проходов производственных помещений, в которых работает более 50 человек. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность в помещениях на полу основных проходов – не менее 0,5 лк, а на открытых территориях – не менее 0,2 лк. В нерабочее время, совпадающее с темным временем суток, необходимо обеспечить минимальное освещение для обеспечения охраны предприятия. Для этого используется **охранное освещение**.

**Дежурное освещение** – освещение в нерабочее время. Для дежурного освещения выделяют часть светильников рабочего или аварийного освещения.

## **5.2. Нормирование освещения**

Нормирование естественного освещения

Освещенность в помещении от естественного света небосвода зависит от времени года, времени дня, наличия облачности, а также от доли светового потока, проникающего в помещения через световые проемы.

Она изменяется в широких пределах. Поэтому естественное освещение нельзя количественно задавать величиной освещенности. В качестве нормируемой величины принята относительная величина – коэффициент естественной освещенности (КЕО).

**Коэффициент естественного освещения** – это отношение освещенности в данной точке внутри помещения  $E_e$  к

одновременному значению наружной горизонтальной освещенности  $E_n$ , создаваемой светом полностью открытого небосвода:

$$KEO = \left( \frac{E_e}{E_n} \right) \cdot 100, \% \quad (28)$$

Коэффициент естественного освещения не зависит от времени года и суток, состояния небосвода, а оценивает размеры оконных проемов, вид остекления и переплетов, их загрязнение, т. е. способность системы естественного освещения пропускать свет.

Естественное освещение в помещении нормируется по СНиП РК 2.04–05–2002 «Естественное и искусственное освещение».

При боковом одностороннем освещении нормируется минимальное значение  $e_{\min}$  в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов (рис. 12), при двустороннем – в точке посередине помещения. При верхнем и комбинированном освещении нормируется среднее значение КЕО:

$$e_{cp} = \frac{1}{n-1} \left( \frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 + \dots + \frac{e_n}{2} \right), \quad (29)$$

где  $n$  – количество точек;  $e_i$  – соответствующее значение КЕО в точках, расположенных на линии пересечения плоскости характерного разреза и рабочей плоскости.

Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен или осей колонн.

Нормированное значение КЕО для зданий, расположенных в различных районах, следует определять по формуле

$$e_N = e_n \cdot m_N, \quad (30)$$

где  $N$  – номер группы обеспеченности естественным светом;  $e_n$  – значение КЕО;  $m_N$  – коэффициент светового климата.

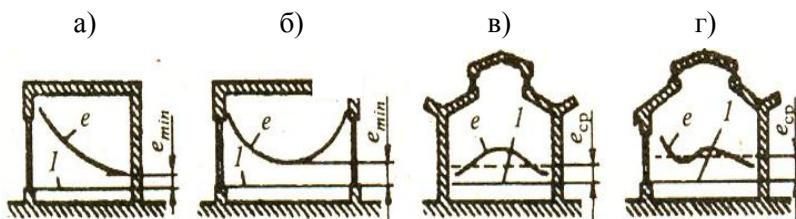


Рис. 12. Схема распределения КЕО по характерному разрезу помещения:

*а – одностороннее боковое освещение; б – двустороннее боковое освещение; в – верхнее освещение; г – комбинированное освещение;  
I – уровень рабочей поверхности*

### Нормирование искусственного освещения

*Нормы проектирования производственного освещения СНиП РК 2.04–05–2002 устанавливают величину минимальной освещенности, а также качественные характеристики, такие как: показатель ослепленности и комфорта и коэффициент пульсации искусственного освещения. Величина минимальной освещенности устанавливается по характеристике зрительной работы, которую определяют наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона (табл. 10). Различают восемь разрядов зрительной работы в зависимости от степени зрительного напряжения.*

Каждый вид деятельности требует определенного уровня освещенности. Чем сильнее затруднено зрительное восприятие, тем выше должен быть уровень освещенности.

При определении нормы освещенности следует учитывать также ряд условий, вызывающих необходимость повышения уровня освещенности, выбранного по точности зрительной работы.

Таблица 10  
 Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях (фрагмент)  
 СНиП РК 2.04-05-2002

1 Наивысшей точности	2 Менее 0,15	3 I	Разряд зрительной работы	4 a	5 Малый	6 Темный	Искусственное освещение						Естественное освещение			Совмещенное освещение							
							Характеристика фона		7 5000 4500	8 -	9 -	Сочетание нормируемых величин показателя освещенности и коэффициента пульсации		10 10	11 10	12	13	14	15				
							Контраст объекта с фоном					10 10	10 10							10 10	10 10		
							Подразряд зрительной работы		10 10	10 10	10 10			10 10									
1	2	3	Разряд зрительной работы	4 б	5 Средний	6 Средний	7 4000 3500	8 400 400				9 1250 1000	10 20 10		11 10 10	12 -	13 -	14 6,0	15 2,0				
									в	Средний	Средний			2500 2000						300 200	750 600	20 10	10 10
									Большой	Большой	Большой			Большой						Большой	Большой	Большой	Большой

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	a	Малый	Темный	4000 3500	400 400	-	20 10	10 10						
			б	Малый	Средний	3000 2500	300 600	750	20 10	10 10						
			в	Малый	Средний	2000 1500	200 400	500 200	20 20	10 10					4,2	1,5
			г	Большой	Темный	1000	300	200	20	10						
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	a	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15						
			б	Малый	Средний	1000 750	200 200	300 300	40 40	15 15						
			в	Малый	Средний	600	200	200	20	15					3,0	1,2
			г	Большой	Темный	400	200	200	40	15						
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	a	Малый	Темный	750 500	200 200	300 200	40 40	20 20						
			б	Малый	Средний	400	200	200	40	20						
			в	Средний	Средний	400	200	200	200	40	20					
			г	Большой	Темный	—	—	200	—	200	40	20				

Нормы освещенности следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:

а) при работах I–IV разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;

б) при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее;

в) при специальных повышенных санитарных требованиях, если освещенность от системы общего освещения – 500 лк и менее;

г) при работе при производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения – 300 лк и менее;

д) при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения – 750 лк и менее;

е) при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или более 500 об/мин или объектов, движущихся со скоростью, равной или более 1,5 м/мин;

ж) при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м<sup>2</sup> и более;

з) в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При выполнении в помещениях работ I–III, IVа, IVб, IVв, Va разрядов следует применять систему комбинированного освещения.

Система комбинированного освещения как более эффективная имеет нормы освещенности выше, чем для общего освещения. Для исключения частой переадаптации зрения из-за неравномерности освещения в помещении при системе комбинированного освещения необходимо, чтобы светильники общего освещения создавали не менее 10 % нормированной освещенности.

При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми током промышленной частоты 50 Гц, следует ограничивать глубину пульсаций освещенности. Допустимые коэффициенты пульсаций в зависимости от системы освещения и характера выполняемой

работы не должны превышать 10...20 %. Для ограничения слепящего действия светильников общего освещения в производственных помещениях показатель ослепленности не должен превышать 20...80 единиц в зависимости от продолжительности и разряда зрительной работы.

При наличии объектов повышенной яркости в поле зрения у человека может возникнуть ощущение зрительного дискомфорта. Дискомфорт является начальной стадией ослепленности и оценивается показателем дискомфорта.

## 6. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ИЗЛУЧЕНИЙ

### 6.1. Источники излучений и основные характеристики электромагнитных полей

Искусственными источниками электромагнитных полей в промышленности являются индукторы, конденсаторы термических установок; фидерные линии, соединяющие отдельные части генераторов, трансформаторы, антенны, фланцевые соединения волноводных трактов, открытые концы волноводов, генераторы сверхвысоких частот, электронно-вычислительные машины.

Источниками электрических полей промышленной частоты являются линии электропередач, открытые распределительные устройства, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы, соединительные шины и другие устройства.

Источниками электромагнитных излучений в авиации являются радиотехническое и радиолокационное оборудование, входящее в системы управления воздушным движением, навигацией и посадкой (УВД).

К ним относятся:

*радиооборудование внешней и внутренней связи* (связные, командные и аварийные радиостанции);

*радионавигационное оборудование* (бортовые обзорные радиолокаторы, доплеровские радиолокаторы измерения путевой скорости и угла сноса, радиовысотомеры, радиоконпасы, радиодальномеры);

*радиооборудование систем посадки самолетов* (обзорные, диспетчерские и посадочные радиолокаторы, радиопеленгаторы, радиомаяки).

**Электромагнитное поле** – это область распространения электромагнитных волн. Основные параметры электромагнитных волн – длина волны  $\lambda$ , частота  $f$  и скорость распространения света  $c$ . Эти параметры связаны соотношением

$$\lambda = \frac{c}{f \cdot \sqrt{\mu \cdot \varepsilon}}, \quad (31)$$

где  $\mu$  и  $\varepsilon$  – магнитная и диэлектрическая проницаемость среды.

Электромагнитное поле (ЭМП), создаваемое источниками, характеризуется непрерывным распределением в пространстве, способностью распространяться со скоростью света, воздействовать на заряженные частицы и токи. В результате этого воздействия энергия поля преобразуется в другие виды энергии.

Переменное электромагнитное поле является совокупностью двух взаимосвязанных переменных полей – электрического и магнитного.

Характеристиками этих полей являются векторные функции: напряженность электрического поля –  $E$  (В/м) и напряженность магнитного поля –  $H$  (А/м).

В ЭМП различают три зоны, которые формируются на различных расстояниях от источника ЭМИ:

первая зона – *зона индукции* (ближняя зона);

вторая зона – *зона интерференции* (промежуточная зона);

третья зона – *волновая зона* (дальняя зона).

Формирование волны ЭМП происходит в начале волновой зоны на расстояниях  $R \gg \lambda(2\pi)$  от излучателя и распространяется в дальней. Для направленной системы излучателей, применяемых в авиации, дальняя зона в главном максимуме излучения (рис. 13) формируется на удалении

$$R_{д.з.} \geq D^2 / \lambda, \quad (32)$$

где  $D$  – максимальный размер раскрытия антенны.

В этой зоне векторы электромагнитного поля  $E$  и  $H$  изменяются в фазе, а между их средними значениями за период существуют соотношения:

$$E = H \cdot \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}; \quad E \approx 377 \text{ Н}. \quad (33)$$

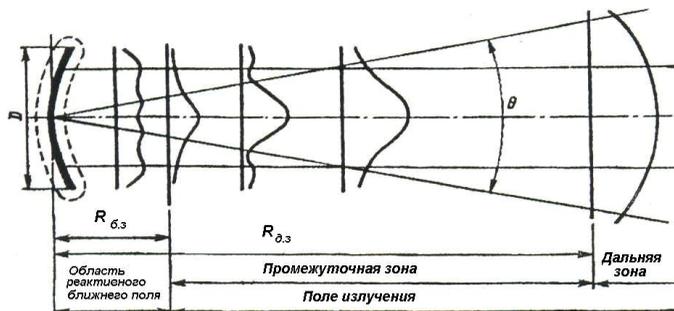


Рис. 13. Формирование диаграмм излучения антенны радиолокатора

В дальней зоне происходит излучение энергии, которое оценивается плотностью потока энергии, характеризуемой вектором Пойнтинга  $-\mathbf{P} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$ .

**Плотность потока энергии** ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) показывает, какое количество энергии протекает за 1с сквозь площадку в  $1\text{м}^2$ , расположенную перпендикулярно движению волны. При излучении плотность потока энергии можно выразить через мощность, подводимую к излучателю:

$$I = \frac{P \cdot G}{4 \cdot \pi \cdot r^2}, \quad (34)$$

где  $G$  – коэффициент направленности антенны;  $P$  – мощность источника ЭМП;  $r$  – расстояние от источника ЭМП.

В ближней зоне (зона индукции) векторы электромагнитного поля  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$  изменяются не в фазе и быстро убывают с увеличением расстояния от источника. Напряженность электрической составляющей поля обратно пропорциональна расстоянию в третьей степени, а напряженность магнитной составляющей обратно пропорциональна расстоянию в квадрате:

$$E = k_1 \cdot \frac{I}{R^3}; \quad H = k_2 \cdot \frac{I}{R^2}, \quad (35)$$

где  $I$  – ток в проводнике – излучателе;  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты, характеризующие размеры излучателя и свойства среды, в которой распространяется поле.

Электрическое и магнитное поля в зоне индукции не взаимосвязаны, действуют независимо, и протяженность ближней зоны мала:

$$R_{б.з} < \frac{D}{4} + \frac{D}{2} \left( \frac{D}{\lambda} \right)^{\frac{1}{3}} \approx D.$$

Промежуточная зона (зона Френеля) находится в пределах

$$\frac{2D^2}{\lambda} < R < \frac{D}{4} + \frac{D}{2} \left( \frac{D}{\lambda} \right)^{\frac{1}{3}}.$$

В этой зоне происходит формирование электромагнитной волны и на человека действует электрическое и магнитное поля, а также оказывается энергетическое воздействие.

## **6.2. Воздействие переменных электромагнитных полей на человека**

Электромагнитное поле воздействует на организм человека следующим образом: в электрическом поле атомы и молекулы тела человека поляризуются, полярные молекулы (например, воды) ориентируются по направлению распространения электромагнитного поля.

В жидких составляющих тканей и крови человека, как в электролитах, после воздействия внешнего поля появляются ионные токи. Переменное электрическое поле вызывает нагрев тканей человека за счет переменной поляризации диэлектрика (сухожилии, хрящи и т. д.) и появления токов проводимости.

Избыточная теплота отводится до известного предела с помощью механизма терморегуляции организма человека. Однако, начиная с некоторой величины, называемой тепловым порогом, организм не справляется с отводом образующейся теплоты, и происходит повышение температуры тела. Тепловой порог организма человека – 10 мВт/см<sup>2</sup>.

Перегрев особенно вреден для тканей со слаборазвитой сосудистой системой или недостаточным кровообращением. Облучение глаз может привести к ожогам роговицы, а облучение ЭМИ СВЧ-диапазона – к помутнению хрусталика – катаракте.

При длительном воздействии ЭМИ радиочастотного диапазона даже умеренной интенсивности могут произойти расстройства нервной системы, обменных процессов, изменения состава крови. Эти нарушения выражаются в нарушении сна, головных болях, повышенной утомляемости, раздражительности, общей слабости, снижении половой потенции, болях в области сердца. На ранней стадии нарушения носят обратимый характер, но в дальнейшем происходят необратимые изменения в состоянии здоровья, стойкое снижение работоспособности. С увеличением стажа работы, связанной с систематическим облучением, отмечается тенденция к нарастанию нарушений в организме, что отрицает адаптацию человеческого организма к воздействию ЭМП радиочастот.

Воздействие *электромагнитных излучений радиочастотного диапазона* на человека зависит от напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма.

Воздействие постоянных магнитных и электростатических полей зависит от напряженности и времени воздействия. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения функций нервной, сердечно-сосудистой систем, органов дыхания, органов пищеварения и некоторых биохимических показателей крови.

Отрицательное действие на организм человека электромагнитного поля в электроустановках промышленной частоты обусловлено электрическим полем. Магнитное же поле оказывает незначительное биологическое действие, так как в действующих установках напряженность магнитного поля промышленной частоты не превышает 25 А/м, а вредное биологическое действие проявляется при напряженности 150...200 А/м. Поэтому практически им можно пренебречь.

Воздействие электрического поля промышленной частоты на организм человека сводится к влиянию электрического поля непосредственно на мозг и центральную нервную систему. Наряду с биологическим действием электрическое поле обуславливает возникновение разрядов между человеком и металлическим предметом, имеющим иной потенциал, чем человек.

Прикосновение человека, изолированного от земли, к заземленному металлическому предмету, так же как и наоборот, сопровождается прохождением через человека в землю разрядного тока, который может вызвать болезненные ощущения и судороги.

### **6.3. Гигиеническое нормирование электромагнитных полей**

Нормирование ЭМИ радиочастотного диапазона осуществляется в соответствии с СанПиН РК 3.01.002–96 «Санитарные правила и нормы защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами» по следующим параметрам:

*По энергетической экспозиции.* Оценка по энергетической экспозиции применяется для лиц, работа которых связана с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ, кроме лиц, не достигших 18 лет, и женщин в состоянии беременности.

*По значениям интенсивности ЭМИ РЧ.* Такая оценка применяется для лиц, работа которых не связана с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ; для работающих лиц, не достигших 18 лет; для женщин в состоянии беременности; для лиц, находящихся в жилых, общественных помещениях, на территории жилой застройки и в местах массового отдыха.

В диапазоне частот 30 кГц ... 300 МГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями напряженности электрического поля (Е, В/м) и напряженности магнитного поля (Н, А/м).

В диапазоне частот 300 МГц ... 300 ГГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями плотности потока энергии (ППЭ, Вт/м<sup>2</sup>, мкВт/см<sup>2</sup>).

Энергетическая экспозиция (ЭЭ) ЭМИ РЧ в диапазоне частот 30 кГц ... 300 МГц определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека.

Энергетическая экспозиция, создаваемая электрическим полем, равна

$$\mathcal{E}\mathcal{E}_E = E^2 \cdot T, \quad (\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}.$$

Энергетическая экспозиция, создаваемая магнитным полем, равна

$$\mathcal{E}\mathcal{E}_H = H^2 \cdot T, \quad (\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}.$$

Энергетическая экспозиция за рабочий день не должна превышать значений, указанных в табл. 11.

Предельно допустимые значения интенсивности ЭМИ РЧ ( $E_{\text{пду}}$ ,  $H_{\text{пду}}$ ,  $\text{ППЭ}_{\text{пду}}$ ), в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены), и допустимое время воздействия, в зависимости от интенсивности ЭМИ РЧ, определяются по формулам:

$$\begin{aligned} E_{\text{пду}} &= (\mathcal{E}\mathcal{E}_{E\text{пду}}/T)^{1/2} & T &= \mathcal{E}\mathcal{E}/E^2; \\ H_{\text{пду}} &= (\mathcal{E}\mathcal{E}_{H\text{пду}}/T)^{1/2} & T &= \mathcal{E}\mathcal{E}/H^2; \\ \text{ППЭ}_{\text{пду}} &= \mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{ППЭпду}}/T & T &= \mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{ППЭпду}}/\text{ППЭ}. \end{aligned}$$

Таблица 11

Предельно допустимые значения  
энергетической экспозиции

Предельно допустимая энергетическая экспозиция			
Диапазоны частот	По электрической составляющей, $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$	По магнитной составляющей, $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$	По плотности потока энергии $(\text{мкВт/см}^2) \cdot \text{ч}$
30 кГц...3 МГц	20 000,0	200,0	—
3 ... 30 МГц	7 000,0	Не разработаны	—
30 ... 50 МГц	800,0	0,72	—
50 ... 300 МГц	800,0	Не разработаны	—
300 МГц...300 ГГц	—	—	200,0

Предельно допустимая интенсивность воздействия от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования, с частотой не более 1 Гц и скважностью не менее 20, определяется по формуле

$$ППЭ_{ПДУ} = K \frac{\mathcal{E}\mathcal{E}_{ППЭ_{нд}}}{T}, \quad (36)$$

где  $K$  – коэффициент ослабления биологической активности прерывистых воздействий, равный 10.

Независимо от продолжительности воздействия интенсивность воздействия не должна превышать максимального значения, равного  $1000 \text{ мкВт/см}^2$ .

Для случаев локального облучения кистей рук при работе с микроволновыми СВЧ-устройствами предельно допустимые уровни воздействия определяются по формуле

$$nn\mathcal{E}_{нВУ} = \mathcal{K}_1 \frac{\mathcal{E}\mathcal{E}_{nn\mathcal{E}_{нВ}}}{T},$$

где  $K_1$  – коэффициент ослабления биологической эффективности, равный 12,5.

При этом плотность потока энергии на кистях рук не должна превышать  $5000 \text{ мкВт/см}^2$ .

При одновременном воздействии на человека ЭМИ различных радиочастотных диапазонов должно соблюдаться следующее условие:

$$\sum_i \frac{E_i}{ПДУ_{E_i}} + \sum_i \frac{H_i}{ПДУ_{H_i}} + \sum_i \frac{ППЭ_i}{ПДУ_{ППЭ_i}} \leq 1, \quad (37)$$

где  $E_i$ ,  $H_i$ ,  $ППЭ_i$  – соответственно реально действующие на человека напряженность электрического и магнитного поля, плотность потока энергии ЭМИ;  $ПДУ_{E_i}$ ,  $ПДУ_{H_i}$ ,  $ПДУ_{ППЭ_i}$  – предельно допустимые уровни для соответствующих диапазонов частот.

**Оценка и нормирование электростатических полей (ЭСП)** осуществляется согласно ГОСТ 12.1.006–84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах» в зависимости от времени его воздействия на работника за смену. Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля ( $E_{ПДУ}$ ) при воздействии  $\leq 1$  ч за смену устанавливается равным  $60 \text{ кВ/м}$ .

При воздействии более 1 часа за смену  $E_{ПДУ}$  определяется по формуле

$$E_{ПДУ} = \frac{60}{\sqrt{t}}, \quad (38)$$

где  $t$  – время воздействия, ч.

В диапазоне напряженности 20...60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в электростатическом поле без средств защиты определяется по формуле

$$t_{доп} = \left( \frac{60}{E_{факт}} \right)^2,$$

где  $E_{факт}$  – измеренное значение напряженности.

При напряженности ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

**Постоянное магнитное поле** (ПМП) характеризуется двумя величинами – индукцией и напряженностью. Нормирование ПМП осуществляется дифференцированно, в зависимости от времени его воздействия на работника за смену, для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия. Предельно допустимые уровни напряженности (индукции) ПМП на рабочих местах представлены в табл. 12.

Таблица 12

Предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, мин.	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0 - 10	24	30	40	50
11 - 60	16	20	24	30
61 - 480	8	10	12	15

При воздействии ПМП на работников, например, занятых на сборке магнитной системы, магнитная индукция составляет 17,2...36,7 мТл.

**Электромагнитное поле частотой 50 Гц.** Оценка ЭМП промышленной частоты осуществляется отдельно по напряженности электрического поля (E) в кВ/м, напряженности магнитного поля (H) – в А/м или индукции магнитного поля (B) в – мкТл.

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.

При напряженностях в интервале больше 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в электромагнитном поле рассчитывается по формуле

$$T = \frac{50}{E} - 2, \quad (39)$$

где E – напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м.

При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин, а при напряженности более 25 кВ/м пребывание в электромагнитном поле без применения средств защиты не допускается. При этом допустимое время пребывания может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время необходимо находиться вне зоны влияния ЭП или применять средства защиты.

Время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП вычисляют по формуле

$$T_{np} = 8 \left( \frac{t_{E_1}}{T_{E_1}} + \frac{t_{E_2}}{T_{E_2}} + \dots + \frac{t_{E_n}}{T_{E_n}} \right), \quad (40)$$

где  $T_{np}$  – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребывания в ЭП нижней границы нормируемой напряженности.

Приведенное время не должно превышать 8 ч;  $t_{E1}, t_{E2}, \dots, t_{En}$  – время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью  $E_1, E_2, \dots, E_n$ , ч;  $T_{E1}, T_{E2}, \dots, T_{En}$  – допустимое время пребывания для соответствующих контролируемых зон.

Предельно допустимые уровни напряженности периодических магнитных полей устанавливаются для условий общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия (табл.13).

Таблица 13

ПДУ воздействия периодического магнитного поля  
частотой 50 Гц

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
менее 1	1600/2000	6 400/8 000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

В то же время расчеты показывают, что в любой точке ЭМП, возникающего в электроустановках промышленной частоты, напряженность магнитного поля существенно меньше напряженности электрического поля. Так, напряженность магнитного поля в рабочих зонах распределительных устройств и линий электропередач напряжением до 750 кВ не превышает 20...25 А/м. Вредное же действие магнитного поля на человека проявляется при напряженности поля свыше 150 А/м.

#### 6.4. Методы защиты от электромагнитных полей и излучений

Средства защиты от электромагнитных полей и излучений должны удовлетворять следующим требованиям:

- не искажать, существенно, электромагнитное поле;
- не снижать качество технического обслуживания и ремонта;
- не снижать производительность труда.

Классификация методов и средств защиты от переменных электромагнитных полей и излучений представлена на рис. 14.



Рис. 14. Классификация методов и средств защиты от переменных электромагнитных полей и излучений

**Уменьшение мощности излучения** обеспечивается правильным выбором генератора. Мощность генератора целесообразно выбирать не более той мощности, которая необходима для реализации технологического процесса и работы устройства. Уменьшение мощности излучения непосредственно у источника излучения необходимо для обеспечения защиты обслуживающего персонала, выполняющего регулировку, настройку и испытание передатчиков радиолокационных станций и генераторов СВЧ. Для этой цели вместо антенны подключают согласованную с выходным каскадом передатчика нагрузку – эквивалент антенн (поглотитель мощности).

**Поглотители мощности** ослабевают энергию излучения до необходимой степени на пути от генератора к излучающему устройству, не вызывая нарушения режима работы генератора СВЧ. Поглотители мощности бывают коаксиальные и волноводные (рис. 15).

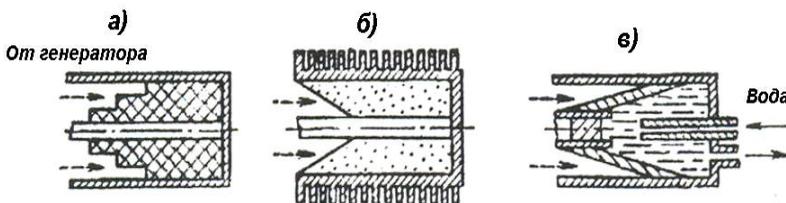


Рис. 15. Типовые поглотители мощности:

*а – поглотитель малой мощности с наполнителем из порошкового железа; б – поглотитель с графитоцементным наполнителем и охлаждающими ребрами; в – поглотитель большой мощности с водяным охлаждением*

Поглотителем энергии в них служат специальные вставки из графита, порошкового железа, а также специальные диэлектрики. Так как при поглощении электромагнитной энергии выделяется теплота, то для охлаждения поглотителей применяют охлаждающие ребра или проточную воду. Для уменьшения отражения электромагнитной энергии поглощающие элементы эквивалентов антенн выполняются клинообразной, ступенчатой или конусообразной формы.

При применении поглотителей мощности излучение СВЧ-энергии в пространство снижается более чем на 60 дБ, т. е. в 1 000 000 раз.

Промышленностью выпускаются эквиваленты антенн, рассчитанные на поглощение излучения мощностью 5, 10, 30, 50, 100 и 250 Вт.

*Увеличение расстояния от источника излучения.* В дальней зоне излучения, т. е. на расстояниях примерно больших  $1/6$  длины волны излучения, плотность потока энергии уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния:

$$I = \frac{P \cdot G}{4 \cdot \pi \cdot r^2},$$

где  $G$  – коэффициент направленности антенны;  $P$  – мощность источника ЭМП;  $r$  – расстояние от источника ЭМП.

Коэффициент направленности антенны определяется в зависимости от геометрических размеров излучателя  $D$ , м (см. рис. 15):

если  $D < \lambda/2$ , то  $G = 1 \dots 1,5$ ;

если  $D > \lambda/2$ , то  $G = \frac{4 \cdot \pi \cdot D^2}{\lambda^2}$ .

То есть при увеличении расстояния от источника излучения в 2 раза ППЭ уменьшается в 4 раза.

В ближней зоне излучения при расстояниях примерно меньших  $1/6$  длины волны излучения напряженность электрического поля уменьшается пропорционально расстоянию в третьей степени, а напряженность магнитного поля – пропорционально квадрату расстояния.

Для источников излучения промышленной частоты длина волны  $\lambda = c/f = 3 \cdot 10^8 / 50 = 6 \cdot 10^6$  м, т. е. человек всегда находится в ближней зоне излучения, и напряженность электрического поля снижается с увеличением расстояния.

*Уменьшение времени пребывания.* Параметром, определяющим последствия облучения для человека, является энергетическая нагрузка, которая зависит от времени воздействия. Максимально допустимое время нахождения в зоне облучения можно определить в зависимости от частотного диапазона излучения:

$$T_{\text{дон}} = \frac{\text{ЭН}_E}{E^2}; \quad T_{\text{дон}} = \frac{\text{ЭН}_H}{H^2}; \quad T_{\text{дон}} = \frac{2}{\text{ППЭ}}; \quad T_{\text{дон}} = \frac{2k}{\text{ППЭ}}.$$

Однако целесообразно сокращать время пребывания в зоне облучения до значения меньше допустимого.

*Подъем излучателей и диаграмм направленности излучения*

Излучающие антенны необходимо поднимать на максимально возможную высоту и не допускать направления луча на рабочие места и территорию предприятия. В гражданской авиации правила безопасности предусматривают

установку радиолокационных станций обособленно от рабочих помещений и на определенном расстоянии от населенных пунктов в зависимости от мощности РЛС, а также для расширения «мертвой» зоны излучения, установку антенны мощных РЛС на эстакадах высотой не менее 10 м.

Для защиты от электрических полей промышленной частоты необходимо увеличивать высоту подвеса фазных проводов линий электропередач, уменьшать расстояние между проводами. Путем правильного выбора геометрических параметров можно снизить напряженность электрического поля вблизи ЛЭП в 1,6...1,8 раза.

*Экранирование излучений.* Экранирование – одно из основных и широко применяемых мероприятий по защите от ЭМИ. Экранируют либо источник излучения, либо рабочее место. Сущность экранирования состоит в установке на пути распространения ЭМИ преград (экранов) из материалов, которые путем отражения и поглощения задерживают распространение энергии ЭМИ в первоначальном направлении. По степени отражения и поглощения экраны условно разделяют на отражающие и поглощающие.

*Отражающие экраны* делают из хорошо проводящих металлов – меди, латуни, алюминия, стали. Защитное действие экрана обусловлено тем, что электромагнитное поле источника в металлическом экране наводит вихревые токи, которые создают электромагнитное поле, противоположное экранируемому полю. При сложении этих двух полей возникает результирующее поле, которое, очень быстро убывая в экране, проникает в него на незначительную величину.

Уменьшение амплитуды падающей волны по мере ее проникновения в проводящую среду характеризует понятие *глубины проникновения*. Под *глубиной проникновения* понимают расстояние вдоль распространения волны, на которой амплитуда падающей волны уменьшается в «*e*» раз.

Глубину проникновения для любого заранее заданного ослабления электромагнитного поля можно вычислить по формуле

$$\delta = -\frac{\ln M}{\sqrt{(\omega \cdot \nu \cdot \mu) / 2}}, \quad (41)$$

где  $\omega$  – круговая частота электромагнитных колебаний;  $\mu$  – магнитная проницаемость вещества экрана;  $\nu$  – удельная электропроводимость вещества экрана;  $M$  – степень ослабления электромагнитного поля.

Требуемое значение степени ослабления электромагнитного поля определяется из соотношений

$$M = E_{\text{п.д}}/E; \quad M = \sigma_{\text{п.д}}/\sigma,$$

где  $E_{\text{п.д}}$ ,  $\sigma_{\text{п.д}}$  – предельно допустимые величины напряженности и плотности потока энергии согласно действующим санитарным нормам;  $E, \sigma$  – интенсивность электромагнитного поля, определяемая путем измерений или расчетным путем.

При проектировании толщина сплошного металлического экрана выбирается из конструктивных соображений, так как глубина проникновения электромагнитной энергии ВЧ, и СВЧ невелика. Экран толщиной 0,01 мм ослабляет энергию поля на 50 дБ (в 100 000 раз).

Источники ЭМИ могут экранироваться полностью (замкнутый экран) или частично (незамкнутый экран). Если у источника излучения имеет место ненаправленное паразитное излучение небольшой интенсивности, например, утечка через неплотности фланцевых соединений волноводных трактов, вентиляционные щели и т. п., то экранируют источник излучения полностью. Если излучение остронаправленное, например, при испытании самолетных радиолокационных станций при выполнении ремонтных, наладочных и регламентных работ в радиолобораториях, то применяются незамкнутые экраны, в которых энергия СВЧ поглощается в покрытии, не проникая на боковые и заднюю стенки экрана.

Экраны могут быть различной формы и размеров, выполненными из сплошных, перфорированных, сотовых или сетчатых материалов. Для экранирования ЭМП промышленной

частоты применяются козырьки из сплошной сетки и навесы из металлических прутков. Сотовые решетки применяют для экранирования мощных высокочастотных излучений.

Для ослабления плотности потока мощности на 20...30 дБ применяют сетчатые металлические экраны. Они дешевле, зрительно просматриваются, имеют меньшую парусность, что делает их применение на открытой местности аэродрома целесообразным.

*Поглощающие экраны* (покрытия) применяют в тех случаях, когда отраженная электромагнитная энергия от внутренних поверхностей сплошных металлических экранов может существенно нарушать режим работы генератора СВЧ. Поглощающие экраны выполняют из радиопоглощающих материалов в виде тонких резиновых ковриков, гибких или жестких листов поролона или волокнистой древесины, пропитанной соответствующим составом, ферромагнитных пластин. В качестве поглощающих добавок, вводимых в основу, применяют сажу, активированный уголь, порошок карбонильного железа и пр. Все экраны обязательно должны заземляться для обеспечения стекания в землю образующихся на них зарядов.

Для увеличения поглощающей способности экрана их делают многослойными и большой толщины.

Для оценки функциональных качеств экрана используется понятие эффективности.

Эффективность экрана определяется отношением плотности потока энергии  $I_o$  в данной точке при отсутствии экрана к плотности потока энергии  $I$  в той же точке при наличии экрана  $\mathcal{E} = I_o / I$ . На практике эффективность экранирования рассчитывают в дБ  $- \mathcal{E} = 10 \lg I_o / I$ .

Экранирующими свойствами обладают строительные материалы и здания, которые сами по себе являются экранами, создавая на пути распространения ЭМИ область «радиотени».

В табл. 14 приведены данные, характеризующие защитные свойства некоторых строительных материалов. Помещения, в которых проводят работы по настройке, регулированию и испытаниям установок, необходимо устраивать так, чтобы при включении установок на полную мощность их излучение

практически не проникало через стены, перекрытия, оконные проемы и двери в смежные помещения. Материалы стен и перекрытий зданий, в том числе и окрасочные материалы, не только поглощают, но и отражают электромагнитные волны.

Масляная краска, например, создает гладкую поверхность, отражающую до 30 % электромагнитной энергии сантиметрового диапазона. Известковые же покрытия имеют малую отражательную способность. Поэтому для уменьшения отражения электромагнитной энергии потолок целесообразно покрывать известковой или меловой краской.

Таблица 14

Ослабление электромагнитных излучений  
строительными конструкциями

Материалы и элементы конструкций зданий	Толщина, см	Ослабление энергии ЭМП, дБ, при длине волны, см		
		0,8	3,2	10,6
Кирпичная стена	70	–	21,0	16,0
Шлакобетонная стена	46	–	20,5	14,5
Внутренняя штукатурная перегородка	15	–	12,0	8,0
Междуэтажное перекрытие	80	–	22,0	20,0
Слой штукатурки	1,8	12,0	8,0	–
Окно с двойной рамой	–	–	13,0	7,0
Доска	5,0	–	–	8,4
Кирпич	12	20,0	15,0	–
Фанера	0,4	2,0	1,0	–
Стекло	0,28	2,0	2,0	–
Стекло с металлизированным слоем	0,4	20,0	20,0	20,0

**Средства индивидуальной защиты.** К ним относят: радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки, очки, маски и т. д.

## 6.5. Оценка электромагнитных излучений персональных компьютеров

Основными составляющими частями персонального компьютера являются: системный блок, дисплей, клавиатура, принтер, сканер и т. п. Персональный компьютер (ПК) часто оснащают сетевыми фильтрами, источниками бесперебойного питания и другим вспомогательным электрооборудованием. Основные излучающие элементы ПК представлены на рис. 16.

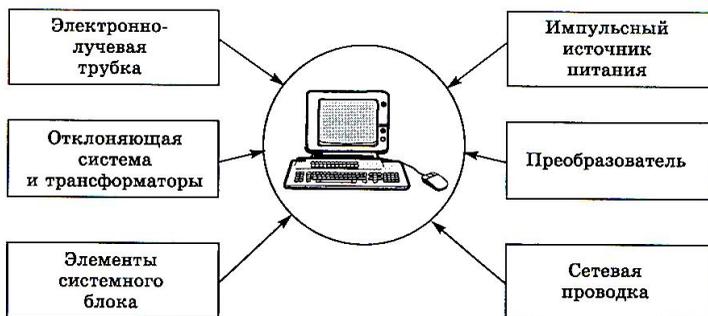


Рис. 16. Основные излучающие элементы персонального компьютера

При работе ПК все эти элементы формируют сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя (табл. 15) в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц.

Таблица 15

Частотные характеристики электромагнитного излучения ПК

Источник	Диапазон частот (первая гармоника)
<b>Монитор</b>	
сетевой трансформатор блока питания	50 Гц
статический преобразователь напряжения в импульсном блоке питания	20...100 кГц
блок кадровой развертки и синхронизации	48...160 Гц
блок строчной развертки и синхронизации	15...110 Гц
Системный блок (процессор)	50 Гц...1000 МГц
Устройства ввода/вывода информации	0 Гц, 50 Гц
Источники бесперебойного питания	50 Гц, 20...100 кГц

Кроме того, на рабочем месте пользователя источниками электромагнитного излучения более мощными, чем компьютер, могут быть следующие объекты: ЛЭП, трансформаторные подстанции, распределительные щиты, электропроводка, бытовые и конторские электроприборы и т. д.

В видеодисплеях (монитор) основными источниками электромагнитного излучения являются электронно-лучевая трубка, узлы разверток, импульсный источник питания, видеоусилитель.

В обычных видеодисплеях, использующих ЭЛТ, имеют место три различных процесса, дающих вклад в увеличение переменных электрических излучений:

– излучения, формируемые напряжением сетевого питания. Доминирующая частота таких излучений совпадает с частотой сети и составляет для России 50 Гц;

– схемы управления вертикальным перемещением электронного пучка в электронно-лучевой трубке вместе с схемой частотного восстановления экрана могут давать увеличение переменных излучений в диапазоне частот от 50 Гц до 2 кГц. В результате воздействия напряжения, предназначенного для отклонения электронного пучка по горизонтали, и в результате сканирования отдельных строк или символов на экране может иметь место увеличение напряженности переменных излучений в диапазоне частот от 2 до 400 кГц;

– импульсный источник питания вносит существенный вклад в общий уровень генерируемого электромагнитного излучения на частотах от 10 до 500 кГц. Причиной образования высокочастотного электромагнитного излучения в нем являются коммутационные процессы, обусловленные работой ключевых элементов – диодов сетевого и выходного выпрямителей и транзистора импульсного преобразователя. Уровень излучения от сетевого выпрямителя во многом определяется инерционными свойствами используемых диодов.

Оценка электромагнитных излучений проводится в двух диапазонах частот: диапазон I – 5 Гц...2кГц, диапазон II – 2...400 кГц.

При оценке ЭМИ персональных компьютеров измеряются напряженность электрической составляющей ЭМП –  $E$ , (В/м) и индукция магнитного поля –  $B$  (нТл).

Напряженность и индукция магнитного поля связаны соотношением

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot H,$$

где  $\mu$  – относительная магнитная проницаемость веществ;  $\mu_0$  – магнитная постоянная, равная  $4 \cdot 10^{-7}$  Гс/м.  $1 \text{ Тл} = 7,965 \text{ А/м}$ ;  $1 \text{ А/м} = 1,256 \cdot 10^{-1} \text{ Тл}$ .

Для измерения характеристик ЭМП в целях контроля опасных и вредных факторов на рабочем месте рекомендованы измерительные средства: комплект измерителей электрических и магнитных полей «Циклон–05»; измеритель напряженности электрического и магнитного поля ИПМ–101; Анализатор поля ЕFA–3; измерители электромагнитного излучения EMR–20, EMR–30 (фирма «Wandel & Goltermann»); измеритель напряженности электрического поля В&Emetr и др. Комплект измерителей электрических и магнитных полей «Циклон–05» состоит из измерителя напряженности переменного электрического поля (ИЭП–05), измерителя магнитной индукции (ИМП–05).

На рис. 17 показана схема расположения дисплеев при измерениях электромагнитных излучений.

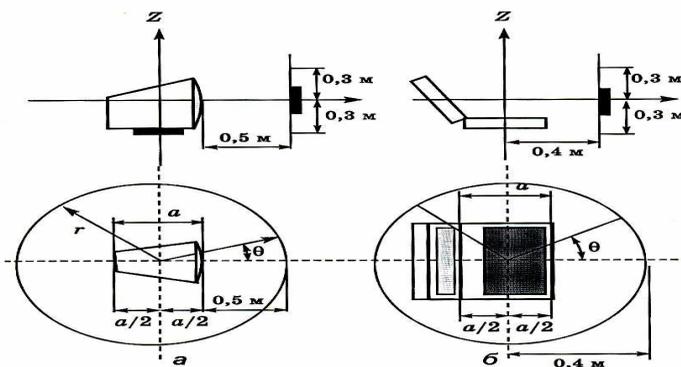


Рис. 17. Схема расположения дисплеев при измерениях электромагнитных излучений:  
*a* – дисплей на ЭЛТ; *б* – портативная ПЭВМ (ноутбук)

Результаты тестирования зависят от типа используемых проводов электропитания и от их размещения. В качестве примера рассмотрим результаты испытаний нескольких типов персональных компьютеров с дисплеями на ЭЛТ по эмиссионным параметрам.

Типовые диаграммы пространственного распределения напряженности электрического и магнитного полей приведены на рис. 18.

Как видно из таблицы, ряд представленных в ней мониторов не удовлетворяет требованиям международных стандартов (MPR 1990:08).

При обследовании более 120 рабочих мест пользователей ПК в 1998 г. Северо-Западным научным центром гигиены и общественного здоровья Министерства здравоохранения были отмечены значения излучений, приведенные в табл. 14.

В табл. 16 представлены данные Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по излучательным характеристикам некоторых моделей ПК, полученные при проведении сертификационных испытаний. Измерения проводились в реальных условиях на рабочих местах.

Таблица 16  
Диапазон значений электромагнитных излучений,  
измеренных на рабочих местах пользователей ПК

Наименование измеряемых параметров	Диапазон частот 5 Гц... 2 кГц	Диапазон частот 2...400 кГц
Напряженность переменного электрического поля, В/м	1,0... 35,0	0,1...1,1
Индукция переменного магнитного поля, нТл	6,0...770,0	1,0...32,0

В настоящее время все чаще вместо дисплеев на ЭЛТ используются жидкокристаллические экраны. Существует мнение, что такие экраны безопасны для пользователя и не нуждаются в дополнительных мерах защиты.

Действительно электростатическое поле и рентгеновское излучение у жидкокристаллических экранов отсутствуют, но что касается электромагнитных излучений, то результаты

исследований электромагнитных излучений показали значительное превышение нормативов.

В портативных компьютерах типа Notebook генерировать электромагнитные поля могут: преобразователь напряжения питания (при работе от электросети), схемы управления и формирования информации на дискретных ЖК-экранах и другие элементы аппаратуры. Для ПК с ЖК-экранами свойственны два режима электропитания – от встроенного аккумулятора и от сети.

В первом режиме излучения меньше, но они существуют. В режиме электропитания от сети портативный компьютер излучает электрическую составляющую переменного электромагнитного поля, мало отличающуюся по интенсивности от ПК с дисплеями на ЭЛТ. На рис. 19 приведены диаграммы напряженности электрического поля Notebook фирмы Samsung при питании от сети и аккумуляторов. При питании от аккумулятора у большинства портативных ПК напряженность поля в первом диапазоне заметно превышает норму, а во втором превышение отмечено только справа и сзади от экрана.

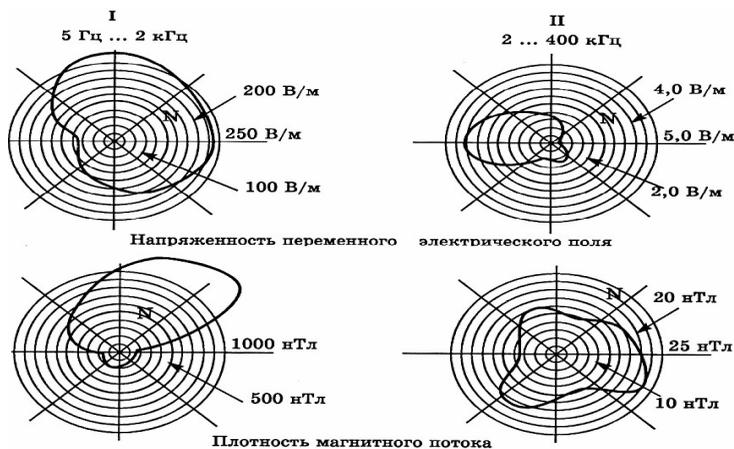


Рис. 18. Результаты измерений электромагнитного излучения дисплея SIEMENS NIXDORF (Корея), имеющего на корпусе знаки соответствия требованиям МРPII

Испытания выполнены в ГНПП «Циклон–Тест».

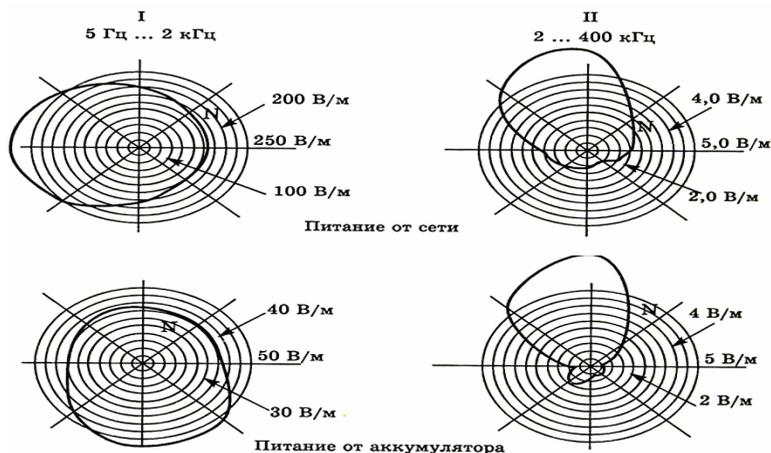


Рис. 19. Диаграммы напряженности электрического поля Notebook фирмы Samsung при питании от сети и аккумуляторов

**Нормирование электромагнитных излучений** от персональных компьютеров осуществляется в соответствии с СанПиН 1.01.004.01 «Гигиенические требования к организации и условиям работы с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами».

При эксплуатации мониторов на ЭЛТ в рабочих зонах регистрируются статические и импульсные электрические и магнитные излучения низкой и сверхнизкой частоты. Существенно на интенсивность излучения влияет тип ПЭВМ, отсутствие эффективного заземления оборудования, ориентация вилки в розетке, расположение шнуров питания и т. д. Например, уровни электрических излучений, создаваемых мониторами некоторых типов, изменяются до пяти раз в зависимости от ориентации вилки питания монитора в сетевой розетке.

При изменении характера изображения на экране дисплеев уровень ЭМИ может меняться более чем в десять раз и заметно превышать значения, зафиксированные при тестовых испытаниях.

Допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах, не должны превышать значений, указанных в табл. 17.

Таблица 17

Допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		Временный допустимый уровень
Напряженность электрического поля	в диапазоне 5 Гц–2 кГц	25 В/м
	в диапазоне 2–400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне 5 Гц–2 кГц	250 нТл
	в диапазоне 2 кГц–400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

**Способы снижения уровней излучений**, воздействующих на человека при работе на персональном компьютере, включают:

- создание малоизлучающих видеодисплейных терминалов;
- применение внешних экранов и других средств защиты;
- рациональное размещение оборудования;
- ограничение времени работы на ПК.

#### **Защитные экраны**

Электромагнитное излучение с поверхности и через поверхность экрана ЭЛТ может быть экранировано с помощью проводящего покрытия, наносимого на внутреннюю или внешнюю поверхность предохранительного стекла, а также с помощью дополнительного защитного фильтра, который располагается перед экраном.

Выбор материала экрана зависит от остаточного электромагнитного излучения в требуемом диапазоне частот, уровня яркости экрана ЭЛТ и требований по восприятию изображения.

При разработке защитных экранов-фильтров особое внимание уделяют прозрачности, электромагнитному экранированию и долговечности.

Конструктивно просветные электромагнитные экраны могут выполняться в виде:

тонких пленок, одна из которых является токопроводящей, нанесенных на лицевую сторону поверхности ЭЛТ;

тонкопленочного полимерного материала с токопроводящим покрытием;

силикатного стекла с токопроводящим покрытием;

комбинированного стеклополимерного материала с токопроводящим покрытием. При этом улучшаются визуальные характеристики изображения на экране: снижается количество бликов, повышается контрастность, но непрочность материала приводит к быстрому накоплению повреждений и помутнению поверхности;

металлической сетки, заключенной между силикатными стеклами, на одной из внутренних сторон которых нанесена проводящая пленка. Отрицательная сторона такой сетки – это возникновение, так называемого, «муара», приводящего к значительному перенапряжению зрения пользователя;

металлизированной полиэфирной сетки, применяемой как самостоятельно, так и расположенной внутри диэлектрического склеивающего материала (полиуретан, поливинилбутироль, бисалил, карбонат диэтилен гликоля);

поляроидных фильтров.

Основными проблемами разработки сеточных металлических экранов являются:

подбор оптимальных размеров «смотрового окна»;

нанесение антибликовых покрытий на экран;

расположение нитей сетки относительно раstra электронно-лучевой трубки;

способы крепления сетки в оправе экрана.

### ***Размещение оборудования***

При рассмотрении вопроса о размещении рабочих мест пользователей персональных компьютеров необходимо учитывать, что на оператора может оказывать негативное воздействие не только тот компьютер, за которым он работает, но и другие компьютеры, находящиеся в данном помещении.

Видеодисплейные терминалы должны по возможности размещаться в один ряд на расстоянии более одного метра от стен. Допускается также размещение видеодисплейных терминалов в форме «ромашки».

Между боковыми поверхностями мониторов расстояние должно быть не менее 1,2 м. При размещении рабочих мест с ПЭВМ друг за другом расстояние от тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора должно быть не менее 2,0 м.

При выполнении творческой работы, требующей умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется рабочие места изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5...2,0 м.

Если невозможно обеспечить рекомендуемые расстояния между мониторами, то в конструкции рабочего стола необходимо предусмотреть возможность монтирования магнитного экрана со стороны, к которой обращена тыльная часть видеомонитора. Возможные варианты расположения рабочих мест в помещении представлены на рис. 20. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600...700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

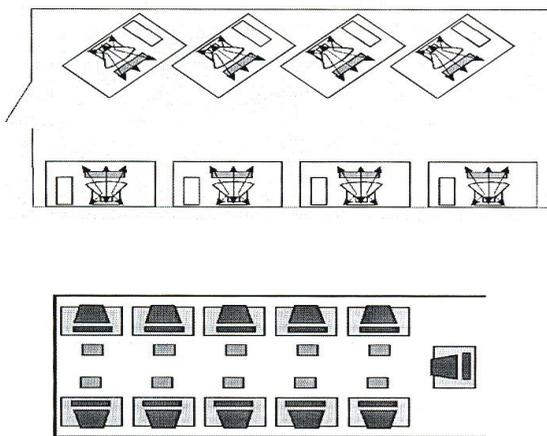


Рис. 20. Варианты размещения рабочих мест в помещении

Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток. Свет от окна на рабочее место с ПЭВМ должен падать сбоку. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup>, в помещениях с ВДТ на базе жидкокристаллических, плазменных экранов – 4,5 м<sup>2</sup>.

*Ограничение времени работы на ПЭВМ.* Согласно Руководству Р 2.2.755–99 «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса», *оптимальное* время работы на компьютере до двух часов за смену, до трех часов – *допустимое*. Работа за компьютером или наблюдение за процессом по видеотерминалу свыше указанного времени определяет класс условий труда: от 3 до 4 ч – *напряженный первой степени*, более 4 ч – *напряженный второй степени*.

## 7. ОЦЕНКА НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ. ВИБРАЦИЯ. ЗАЩИТА ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ

### 7.1. Причины возникновения и физические характеристики вибрации

Под *вибрацией* понимается движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений, по крайней мере, одной координаты.

*Причинами возбуждения* вибраций являются возникающие при работе машин и механизмов неуравновешенные силовые воздействия, удары деталей. Величина дисбаланса во всех случаях приводит к появлению неуравновешенных сил, вызывающих вибрацию. Причиной дисбаланса может явиться неоднородность материала вращающегося тела, несовпадение центра массы и оси вращения, деформация деталей от неравномерного нагрева при горячих и холодных посадках и т. д.

Поэтому *источниками вибрации* могут быть:

– Возвратно-поступательные движущиеся системы – это кривошипно-шатунные механизмы, перфораторы, вибротрамбовки и другие вибромеханизмы;

– Неуравновешенные вращающиеся массы – это режущий инструмент, дрели, шлифовальные машины и различное технологическое оборудование;

– Ударное взаимодействие сопрягаемых деталей – возникает при работе зубчатых передач, подшипниковых узлов;

– Оборудование и инструмент ударного воздействия. Примерами такого оборудования являются рубильные, отбойные и клепальные молотки, прессы, кузнечные молоты и т. д.

*Параметры, характеризующие вибрацию.*

Вибрация характеризуется амплитудными значениями виброперемещения  $X_m$ , колебательной скорости  $V_m$  и колебательного ускорения  $a_m$ , а также периодом  $T$  (с) и частотой  $f$  (Гц) колебаний.

*Амплитуда виброперемещения* может выражаться как расстояние между точками с максимальными отклонениями, достигаемыми при движении (величина удвоенной амплитуды),

или как расстояние от какой-либо центральной точки до точки максимального отклонения (максимальное значение).

*Вибросмещение* в случае синусоидальных колебаний определяют по формуле

$$X = X_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi), \quad (42)$$

где  $\omega$  – угловая частота –  $\omega = 2\pi f$ ;  $\varphi$  – начальная фаза вибросмещения. В большинстве случаев начальная фаза при расчетах в производственной санитарии не учитываются.

*Частота вибрации*, выраженная в количестве циклов на секунду (Герц, Гц), влияет на степень передачи вибрации телу (например, поверхности стула или ручке вибрационного инструмента), степень передачи через тело (например, от стула голове), а также последствия вибрации для организма. Частота связана с периодом колебаний соотношением

$$f = 1/T.$$

Отношение между смещением и ускорением движения также зависит от частоты колебаний: смещение на один миллиметр соответствует очень низкому ускорению при низких частотах, а не очень высокому ускорению при высоких частотах; смещение при вибрации, заметное человеческому глазу, не дает возможности выявить ускорение вибрации.

Вибрация может характеризоваться одной или несколькими частотами (дискретный спектр) или широким набором частот (непрерывный спектр). Спектр частот разбивается на частотные полосы (октавные диапазоны). В октавном диапазоне верхняя граничная частота  $f_v$  вдвое больше нижней граничной частоты  $f_n$ , т.е.  $f_v/f_n=2$ . Октавная полоса характеризуется среднегеометрической частотой  $f_{сг} = \sqrt{f_v \cdot f_n}$ .

Стандартные среднегеометрические частоты составляют: 1, 2, 4, 8, 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Человек в состоянии ощущать вибрацию в диапазоне от долей герца до 8 000 Гц. Порогом восприятия виброскорости принято считать  $10^{-4}$  см/с, а порогом болевого ощущения – 1 м/с.

Так как органы человека реагируют не на абсолютное изменение интенсивности раздражителя, а на его относительное изменение (*закон Вебера-Фехнера*), введены логарифмические величины – *уровни виброскорости и виброускорения*, измеряемые в децибелах (дБ):

$$L_V = 10 \lg \left( \frac{V^2}{V_0^2} \right) = 20 \lg \left( \frac{V}{V_0} \right), \quad L_a = 10 \lg \frac{a}{a_0}. \quad (43)$$

За пороговые значения виброскорости и виброускорения приняты стандартизованные величины:

$$V_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}, \quad a_0 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2.$$

## 7.2. Классификация производственных вибраций

По *способу передачи* вибрации на человека различают:

- общую вибрацию, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека;
- локальную вибрацию, передающуюся через руки человека или отдельные участки тела, контактирующие с вибрирующим инструментом.

По *направлению действия* вибрацию подразделяют в соответствии с направлением осей ортогональной системы координат (рис. 21):

- локальную вибрацию подразделяют на действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_{\text{л}}$ ,  $Y_{\text{л}}$ ,  $Z_{\text{л}}$ , где ось  $X_{\text{л}}$  параллельна оси места охвата источника вибрации (рукоятки, ложемента, рулевого колеса, рычага управления, удерживаемого в руках обрабатываемого изделия и т. п.), ось  $Y_{\text{л}}$  перпендикулярна ладони, а ось  $Z_{\text{л}}$  лежит в плоскости, образованной осью  $X_{\text{л}}$  и направлением подачи или приложения силы (или осью предплечья, когда сила не прикладывается);

- общую вибрацию подразделяют на *горизонтальную*, действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ , где  $X_0$  (от спины к груди) и  $Y_0$  (от правого плеча

к левому) – горизонтальные оси, направленные параллельно опорным поверхностям; *вертикальную*  $Z_0$ , действующую по вертикальной оси, перпендикулярной опорным поверхностям тела в местах его контакта с сиденьем, полом и т. п.

По **временным характеристикам** вибрации выделяют:

– постоянные вибрации, для которых величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения;

– непостоянные вибрации, для которых величина нормируемых параметров изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 мин при измерении с постоянной времени 1 с, в том числе:

а) колеблющиеся во времени вибрации, для которых величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

б) прерывистые вибрации, когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с;

в) импульсные вибрации, состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий, каждый длительностью менее 1 с.

По **характеру спектра** вибрации выделяют:

– узкополосные вибрации, у которых контролируемые параметры в одной 1/3 октавной полосе частот более чем на 15 дБ превышают значения в соседних 1/3 октавных полосах;

– широкополосные вибрации – с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

По **частотному составу** вибрации выделяют:

– низкочастотные вибрации (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1–4 Гц для общих вибраций, 8–16 Гц – для локальных вибраций);

– среднечастотные вибрации (8–16 Гц – для общих вибраций, 31,5–63 Гц – для локальных вибраций);

– высокочастотные вибрации (31,5–63 Гц – для общих вибраций, 125–1000 Гц – для локальных вибраций).

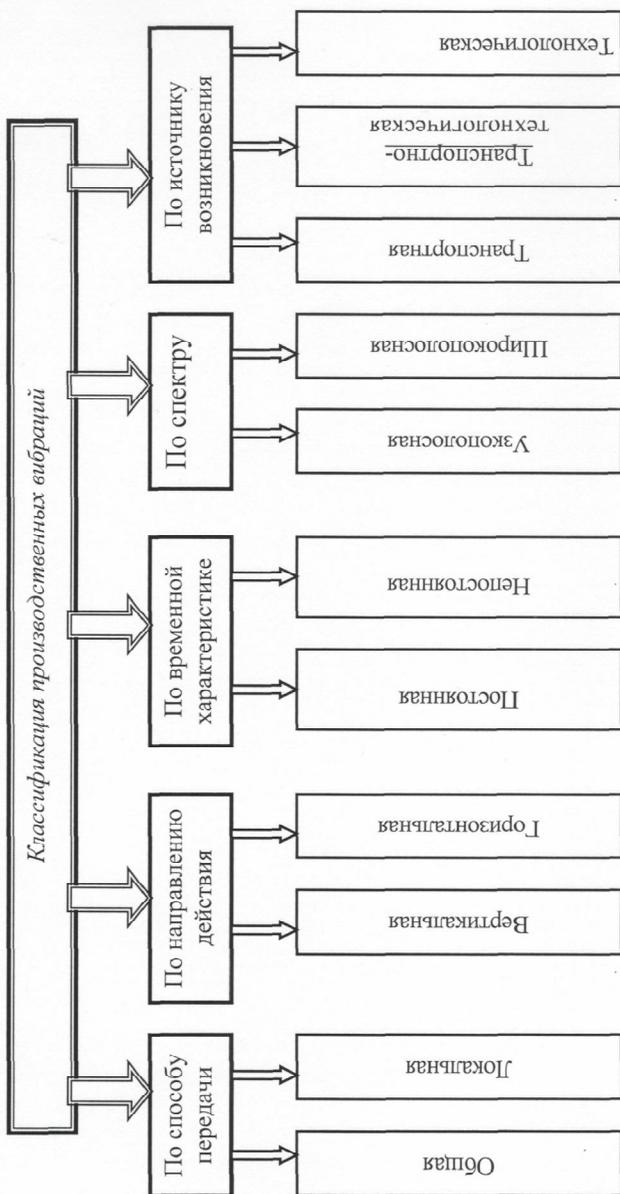


Рис. 21. Классификация производственных вибраций

По **источнику возникновения** локальных вибраций различают (рис. 22):

- локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и оборудованием;
- локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного немеханизированного инструмента (без двигателей), например, рихтовочных молотков разных моделей и обрабатываемых деталей

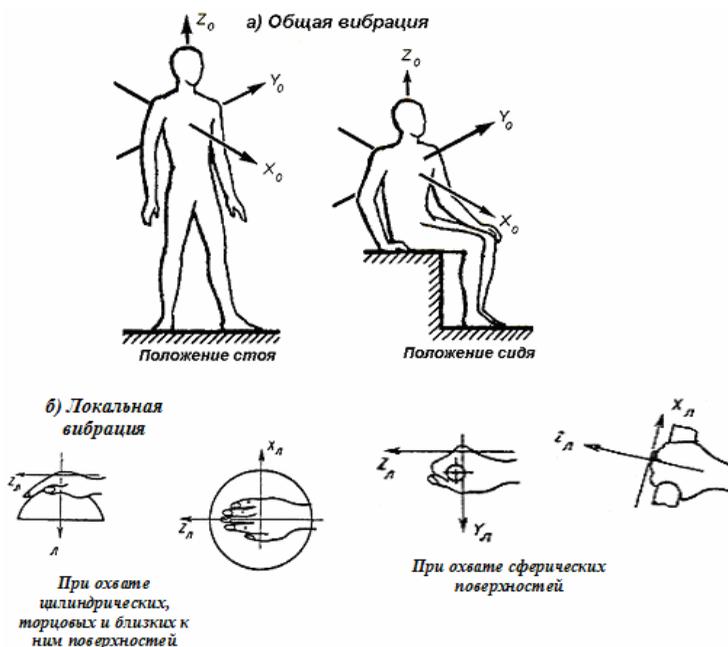


Рис. 22. Направление координатных осей при действии вибрации

По **источнику возникновения** **общая вибрация** подразделяется на следующие категории:

*1-я категория* – транспортная вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности и дорогам (в том числе при их строительстве). К источникам транспортной

вибрации относят: тракторы сельскохозяйственные и промышленные, самоходные сельскохозяйственные машины (в том числе комбайны); автомобили грузовые (в том числе тягачи, скреперы, грейдеры, катки и т. д.); снегоочистители, самоходный горно-шахтный рельсовый транспорт;

*2-я категория* – транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах машин с ограниченной зоной перемещения по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок. К источникам транспортно-технологической вибрации относят: экскаваторы (в том числе роторные), краны промышленные и строительные, машины для загрузки (завалочные) мартеновских печей в металлургическом производстве; горные комбайны, шахтные погрузочные машины, самоходные бурильные каретки; путевые машины, бетоноукладчики, напольный производственный транспорт;

*3-я категория* – технологическая вибрация, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин и технологического оборудования или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. К источникам технологической вибрации относят: станки металло- и деревообрабатывающие, кузнечно-прессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, стационарные электрические установки, насосные агрегаты и вентиляторы, оборудование для бурения скважин, буровые станки, машины для животноводства, очистки и сортировки зерна, оборудование промышленности стройматериалов (кроме бетоноукладчиков), установки химической и нефтехимической промышленности и др.

### **7.3. Воздействие вибрации на организм человека**

В качестве факторов, влияющих на степень и характер неблагоприятного воздействия вибрации, должны учитываться:

– риски (вероятности) проявления различных патологий вплоть до профессиональной вибрационной болезни;

- показатели физической нагрузки и нервно-эмоционального напряжения;
- влияние сопутствующих факторов, усугубляющих воздействие вибрации (охлаждение, влажность, шум, химические вещества и т. п.);
- длительность и прерывистость воздействия вибрации;
- длительность рабочей смены.

Вибрация, передающаяся на организм человека, вне зависимости от места контакта распространяется по всему организму. Этому способствует относительно хорошая проводимость механических колебаний тканями тела, особенно костной системой.

Колебательные процессы присущи всем живым организмам, в том числе человеку. Различные внутренние органы человека можно рассматривать как колебательные системы с упругими связями. Собственная частота внутренних органов – 3...6 Гц. Собственная частота головы человека относительно плечевого пояса – 25...30 Гц. При совпадении собственных частот внутренних органов человека с частотой вынужденных колебаний возникает явление резонанса, при котором резко возрастает амплитуда колебаний органов и частей тела. При этом могут возникнуть болевые ощущения в отдельных органах, а при очень высоких уровнях вибрации – травмы, разрывы связок, артерий.

При воздействии вибрации в организме человека происходят функциональные и физиологические изменения.

**Функциональные изменения:** повышенная утомляемость; ослабление восприятия и передачи информации (например, зрительной); увеличение времени двигательных реакций; нарушение вестибулярных реакций и координации движений. Эти изменения могут быть причиной снижения производительности и качества труда, а также, в связи с заторможенной реакцией человека на изменения обстановки, травм.

**Физиологические изменения:** развитие заболеваний нервной системы; нарушение функций сердечно-сосудистой системы; нарушение функций опорно-двигательного аппарата; поражение мышечных тканей и суставов; нарушение функций органов внутренней секреции.

При исследовании нарушений функций *сердечно-сосудистой системы* были выявлены четыре основных группы сердечно-сосудистых расстройств среди рабочих, подвергающихся вибрации, проходящей через все тело:

1. Периферийные расстройства, такие как синдром Рейнауда, развивающийся при воздействии вибрации, проходящей через все тело (т. е. ноги стоящих рабочих или руки водителей, находящиеся только под низким углом).

2. Варикозное расширение вен на ногах, геморрой и варикоцеле.

3. Ишемическая болезнь сердца и гипертония.

4. Нейроваскулярные изменения.

В развитии поражений *костно-суставного аппарата* большое значение имеет величина отдачи инструмента – возвратного удара и противодействующего ему мышечного статического напряжения.

При воздействии вибрации эластичность суставных хрящей уменьшается вследствие их длительного функционального перенапряжения. В связи с этим защищенность суставов от механического воздействия уменьшается. В результате у работников развиваются явления деформирующего остеоартроза. При этом движения пальцев затруднены, контуры суставов сглажены. Возможно также поражение локтевого, плечевого и грудино-ключичных суставов, а также позвоночника в виде остеопороза и деформирующего спондилеза. Выраженность костно-суставных поражений в значительной мере зависит от стажа работы с виброинструментами и интенсивности воздействия.

Одним из характерных проявлений воздействия вибрации на руки является *изменение тонуса капилляров кожи*.

**Вибрационная болезнь** – это стойкое нарушение физиологических функций организма человека, обусловленных преимущественно воздействием вибраций.

Различают следующие формы виброболезни: *периферическая форма* (возникает при воздействии локальной вибрации); *церебральная форма* (возникает при воздействии общей вибрации); *смешанная форма* (возникает при совместном воздействии общей и локальной вибрации).

#### **7.4. Гигиеническое нормирование вибрации**

Нормирование вибрации осуществляется по СанПиН РК 3.01.032–97 «Предельно-допустимые уровни вибрации в жилых помещениях».

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, проводится следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Нормируемый диапазон частот устанавливается:

- для локальной вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;
- для общей вибрации в виде октавных или 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц.

Нормы установлены для продолжительности рабочей смены в 8 часов.

При *частотном (спектральном) анализе* нормируемыми параметрами являются средние квадратические значения виброскорости ( $V$ ) и виброускорения ( $a$ ) или их логарифмические уровни ( $L_V$ ,  $L_a$ ), измеряемые в 1/1 и 1/3 октавных полосах частот.

#### **7.5. Методы и средства защиты от вибрации**

Методы и средства защиты от вибрации базируются на анализе уравнений, описывающих колебания машин и агрегатов в условиях производства. Эти уравнения сложны, так как любой вид технологического оборудования, так же его отдельные элементы, является системой со многими степенями подвижности и обладает рядом резонансных частот. Если для простоты анализа принять, что на систему воздействует

переменная возмущающая сила, изменяющаяся по синусоидальному закону, то амплитуда виброскорости может быть определена по формуле

$$V_m = \frac{F_m}{\sqrt{\mu^2 + \left(2\pi \cdot f \cdot m - \frac{c}{2\pi \cdot f}\right)^2}}, \quad (44)$$

где  $F_m$  – амплитуда возмущающей вибросилы,  $H$ ;  $\mu$  – коэффициент сопротивления,  $Hc/m$ ;  $f$  – частота вибрации,  $Гц$ ;  $m$  – масса системы,  $кг$ ;  $c$  – коэффициент жесткости системы,  $H/m$ .

В приведенной формуле знаменатель характеризует сопротивление, оказываемое системой возмущающей силе. Это сопротивление называется **полным механическим импедансом** колебательной системы.

Величина коэффициента сопротивления ( $\mu$ ) составляет активную, а величина  $(2\pi \cdot f \cdot m - c/(2\pi \cdot f))$  – реактивную часть сопротивления колебательной системы.

Реактивное сопротивление, в свою очередь, состоит из упругого  $(c/(2\pi \cdot f))$  и инерционного  $(2\pi \cdot f \cdot m)$  сопротивления.

Анализируя данную формулу, можно сделать следующие выводы:

для уменьшения виброскорости необходимо снижать возмущающую силу  $F_m$ , повышать сопротивление системы  $\mu$  и не допускать резонанса, т. е. равенства

$$2\pi \cdot f \cdot m = c/(2\pi \cdot f).$$

Таким образом, основными методами защиты от вибрации машин и оборудования являются:

- снижение вибраций посредством снижения или ликвидации возмущающих сил;
- отстройка от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;
- вибродемпфирование – увеличение сопротивления колебательной системы;
- динамическое гашение колебаний – присоединение к защищаемому объекту системы, реакции которой уменьшают размах вибрации объекта;

– изменение конструктивных элементов и строительных конструкций для повышения жесткости системы.

**Классификация методов и средств защиты** от вибрации представлена на рис. 23.

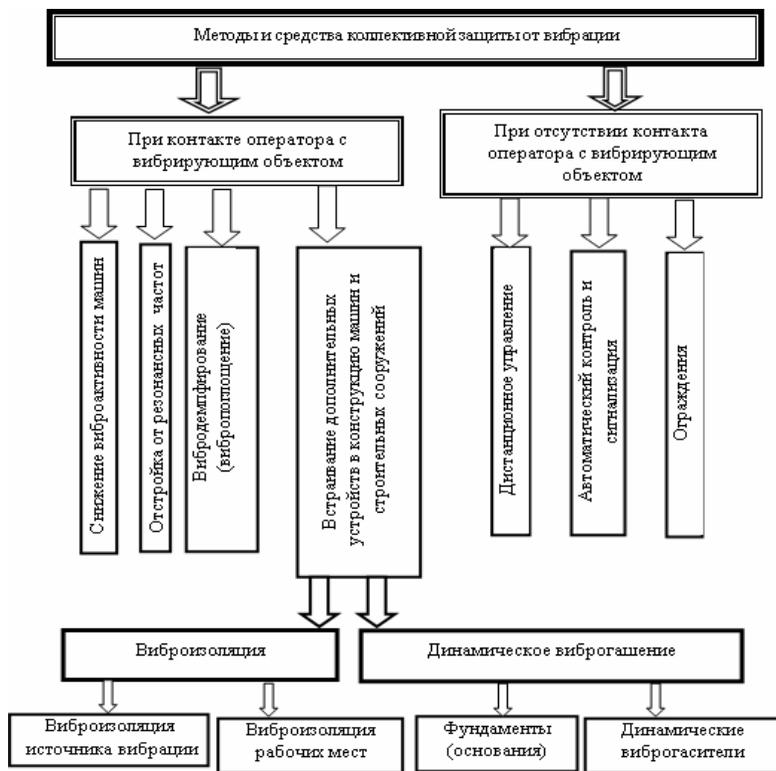


Рис. 23. Классификация методов и средств защиты от вибрации

Снижение вибраций посредством снижения возмущающих сил достигается:

– изменением технологического процесса (например, заменаковки и штамповки на прессование, пневматической клепки и чеканки – гидравлической клепкой и сваркой);

– хорошей динамической и статической балансировкой механизмов, смазкой и чистотой обработки взаимодействующих поверхностей;

– применением кинематических зацеплений пониженной виброактивности (например, использование шевронных и косозубых зубчатых колес, более плавно входящих в зацепление, вместо прямозубых);

– заменой подшипников качения на подшипники скольжения;

– применением конструкционных материалов с повышенным внутренним трением.

*Отстройка от резонансных частот ( $2\pi \cdot f \cdot m \neq c/(2\pi \cdot f)$ ).*

Для ослабления вибраций существенное значение имеет исключение резонансных режимов работы, т. е. отстройки собственных частот агрегата и его отдельных частей от частоты возбуждающей силы.

Собственная частота вибрирующей системы определяется по формуле

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{m}}. \quad (45)$$

## 8. АКУСТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

### 8.1. Характеристика источника шума

Шум – это совокупность звуков различной силы и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих неприятные субъективные ощущения.

В качестве звука человек воспринимает упругие колебания, распространяющиеся волнообразно в твердой, жидкой или газообразной среде.

Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды вследствие воздействия на нее какой-либо возмущающей силы. Частицы среды при этом начинают колебаться относительно положения равновесия. Скорость таких колебаний значительно меньше скорости распространения волны (скорости звука). В газообразной среде скорость звука зависит от давления и плотности газа

$$c_{\text{газ}} = \sqrt{\psi \frac{P_0}{\rho}}, \text{ м/с,} \quad (46)$$

где  $P_0$  и  $\rho$  – статическое давление и плотность газа;  $\psi$  – отношение удельной теплоемкости газа при постоянном давлении и удельной теплоемкости его при постоянном давлении (для воздуха  $\psi = 1,41$ ).

При нормальных атмосферных условиях ( $t = 20^\circ\text{C}$  и  $P_0 = 10^5$  Па) скорость звука в воздухе равна 344 м/с.

Область среды, в которой распространяются звуковые волны, называют **звуковым полем**. В каждой точке звукового поля давление и скорость движения частиц воздуха изменяются во времени.

**Звуковое давление** – это разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением в невозмущенной среде.

На слуховой аппарат человека действует средний квадрат звукового давления  $\bar{p}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) \cdot dt$ . Осреднение давления во

времени происходит за время, равное  $T_0 = 30 \dots 100$  с.

В плоской звуковой волне отношение звукового давления к колебательной скорости не зависит от амплитуды колебаний, и звуковое давление определяется по формуле

$$p = v \cdot \rho \cdot c, \quad (47)$$

где  $\rho \cdot c$  – произведение плотность среды на скорость звука называют удельным акустическим сопротивлением или волновым сопротивлением, равное для воздуха 410 Па·с/м.

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии, которая характеризуется интенсивностью звука.

**Интенсивность звука  $I$**  (Вт/м<sup>2</sup>) – это количество энергии, проходящее в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной к направлению распространения звуковой волны. Интенсивность звука – величина векторная, так как она определяется в зависимости от направления движения звукового потока -  $\vec{I}_i = p \cdot \vec{v}$ .

Непосредственно измерить интенсивность звука трудно, но, зная величину звукового давления, можно определить по формуле

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c}. \quad (48)$$

Источник звука характеризуется звуковой (акустической) мощностью, частотным спектром излучения и характеристикой направленности.

**Звуковой мощностью  $P$**  (Вт) источника звука называют общую звуковую энергию, излучаемую им в единицу времени. Она определяется потоком интенсивности звука через замкнутую поверхность площадью  $S$ , окружающую источник звука

$$P = \oint_s I_n dS,$$

где  $n$  – внешняя нормаль к указанной поверхности.

Большинство реальных источников излучают звук неодинаково в различных направлениях.

Неравномерность излучения звука источником по направлениям характеризуют *коэффициентом  $\Phi$ -фактором*

**направленности**, равным отношению интенсивности звука, создаваемого источником в свободном поле в данной точке сферы, в центре которой он находится, к средней интенсивности звука на поверхности той же сферы

$$\Phi = I_n/I_{cp}; \quad I_{cp} = P/4\pi r^2,$$

где  $r$  – радиус указанной сферы.

Важной характеристикой, определяющей распространение и воздействие шума на человека, является его частота. Ухо человека может воспринимать как слышимые только те акустические колебания, частоты которых находятся в пределах 16 Гц...20 кГц. Весь диапазон звуковых частот разбит на *октавные полосы частот*, где отношение верхней граничной частоты к нижней граничной частоте равно 2, т. е.  $f_в/f_n = 2$ .

**Октавная полоса характеризуется среднегеометрической частотой**

$$f_{сг} = \sqrt{f_в \cdot f_n}. \quad (49)$$

**Спектр шума** – совокупность составляющих звукового давления, полученных при частотном анализе. Спектр бывает октавным, полуоктавным, третьоктавным.

Так как в соответствии с законом Вебера-Фехнера, чувствительность слухового аппарата человека пропорциональна логарифму количеству энергии раздражителя, то принято характеризовать звуковое давление и интенсивность звук их логарифмическими значениями.

**Уровень интенсивности звука**

$$L_I = 10 \lg(I/I_0), \quad (50)$$

где  $I$  – интенсивность звука, Вт/м<sup>2</sup>;  $I_0$  – пороговое значение интенсивности, соответствующее порогу слышимости, равному  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> при частоте 1000 Гц.

**Уровень звукового давления**

$$L_p = 20 \lg(p^2/p_0), \quad (51)$$

где  $p$  – звуковое давление, Па;  $p_0$  – пороговое звуковое давление, равное  $2 \cdot 10^{-5}$  Па при частоте 1000 Гц.

Уровень интенсивности применяют при получении формул акустических расчетов, а уровень звукового давления – для измерения шума и оценки его воздействия на человека.

Связь между уровнем интенсивности и уровнем звукового давления выражена уравнением

$$L_I = L + 10 \lg (\rho_0 c_0 / \rho c).$$

При нормальных атмосферных условиях  $L_I = L$ .

Уменьшение шума определяется как

$$\Delta L = 10 \lg I_1 / I_2 = 20 \lg p_1 / p_2.$$

Уровень интенсивности при одновременной работе нескольких источников можно определить по формуле

$$L = 10 \lg (10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n}), \quad (52)$$

где –  $L_1, L_2, \dots, L_n$  – уровни звукового давления или уровни интенсивности, создаваемые каждым источником в расчетной точке.

## 8.2. Классификация производственного шума

Шум классифицируется по частоте, спектральным и временным характеристикам, природе возникновения (рис. 24).

По частоте акустические колебания различают на инфразвук ( $f < 16$  Гц), звук ( $16 \leq f \leq 20\,000$  Гц), ультразвук ( $f > 20\,000$  Гц). Акустические колебания звукового диапазона подразделяются на низкочастотные (менее 350 Гц), среднечастотные (от 350 до 800 Гц), высокочастотные (свыше 800 Гц).

По *характеру спектра* шума выделяют (рис. 25):

- широкополосный шум с непрерывным спектром шириной более 1 октавы;
- тональный шум, в спектре которого имеются выраженные тоны.

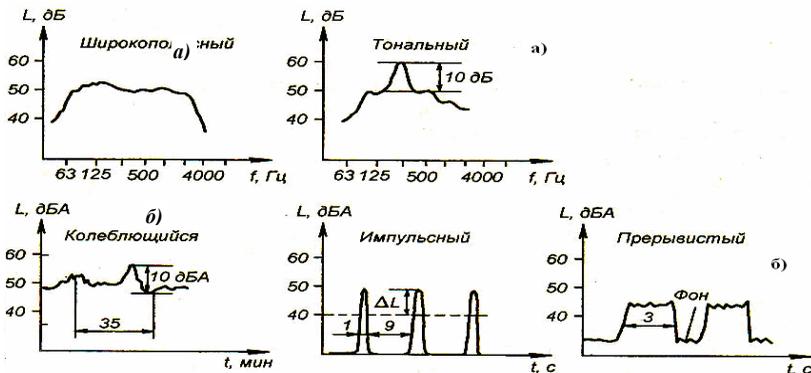


Рис. 25. Характеристики шума:  
а) спектральные; б) временные



Рис. 26. Классификация производственного шума

Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением в 1/3 октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ. Примером широкополосного шума может являться шум реактивного самолета, тонального – шум дисковой пилы.

По **временным характеристикам** шума выделяют:

– постоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно»;

– непостоянный шум, уровень которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену или во время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно».

*Непостоянные шумы* подразделяют на:

– колеблющийся во времени шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;

– прерывистый шум, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;

– импульсный шум, представляющий собой звуковые импульсы, длительностью менее 1 с.

По **природе возникновения** шум можно разделить на механический, аэродинамический, гидравлический, электромагнитный.

### 8.3. Воздействие шума на человека

Шум определяют как звук, оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью человека. Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность: разговорная речь – 50...60 дБА, автосирена – 100 дБА, шум двигателя легкового автомобиля – 80 дБА, шум от движения трамвая – 70...80 дБА. Чувствительность человеческого уха ограничивается не только определенными частотами (16...20 000Гц), но и определенными предельными значениями звуковых давлений и их уровней.

На рис. 26 представлена характеристика слухового восприятия человека с нормальным слухом. Нижняя кривая соответствует порогу слышимости. Порог слышимости различен для звуков разной частоты. При определенных частотах человек слышит звуки, имеющие отрицательные значения уровней звукового давления. Это объясняется тем, что

при построении логарифмической шкалы уровней звукового давления (УЗД) за пороговое значение  $p_0$  принят порог слышимости на частоте 1000 Гц ( $L_p = 0$  дБ). В то же время порог слышимости человека на частотах 2000...4000 Гц меньше, чем на частоте 1000 Гц. Верхняя кривая соответствует порогу болевого ощущения ( $L_p = 120...130$  дБ). Звуки с уровнями УЗД, превышающие порог болевого ощущения, могут вызвать боли и повреждения в слуховом аппарате (перфорация или даже разрыв барабанной перепонки), а при более высоких УЗД (более 160 дБ) – смерть.

Область, лежащая между двумя кривыми, называется **областью слухового восприятия**.

Проявление вредного воздействия шума на организм человека весьма разнообразно.

Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение уровня до 40...70 дБ создает значительную нагрузку на нервную систему человека, вызывая ухудшение самочувствия.



Рис. 26. Слуховое восприятие человека

Воздействие шума уровнем свыше 75 дБ может привести к потере слуха – **профессиональной тугоухости**.

У человека, находящегося в течение 6...8 ч под воздействием шума интенсивностью 90 дБ, наступает умеренное понижение слуха, исчезающее примерно через час после прекращения шума. После нескольких часов пребывания под воздействием шума интенсивностью 115 дБ у персонала, обслуживающего авиационную технику, наступает временная потеря слуха в диапазоне средних и высоких частот продолжительностью от нескольких минут до нескольких часов.

Шум, превышающий 120 дБ, очень быстро вызывает усталость, наступающую через несколько минут и сопровождающуюся заметным понижением слуха. При уровне интенсивности шума 160 дБ может произойти разрыв барабанной перепонки. Высокочастотный шум реактивных двигателей, включающий в себя ультразвук, отрицательно действует на организм человека. Звуки в диапазоне частот 40 кГц, не повреждая барабанной перепонки и среднего уха, поражают внутреннее ухо (кортиеv орган), а частота 1000 кГц разрушает глубокие структуры тканей человека на стыке тканей сред черепа и твердой мозговой оболочки. Звуковые волны во время испытания реактивных двигателей вызывают особое заболевание человека, так называемую «сверхзвуковую болезнь». Причина болезни – генерация звуков ультразвуковой чистоты, образующихся при входе в двигатель и выходе газов из сопла. Симптомы болезни: общая усталость, головокружение, а иногда и тошнота. Эта болезнь непродолжительная, и ей подвержены лица технического состава, находящиеся вблизи двигателя в момент его опробования или испытания на стенде.

Чрезмерное воздействие шума может приводить как к акустическому стрессу слуховой системы, так и к акустическому стрессу во внеслуховой системе. Различают следующие степени потери слуха:

*I степень* (легкое снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот составляет 10...20 дБ; на частоте 4000 Гц –  $60 \pm 20$  дБ;

*II степень* (умеренное снижение слуха) – потеря слуха соответственно составляет 21...30 дБ и  $65 \pm 20$  дБ;

*III степень* (значительное снижение слуха) – потеря слуха соответственно составляет 31 дБ и более и  $70 \pm 20$  дБ.

#### **8.4. Нормирования шума**

*Целью нормирования шума* на рабочих местах (гигиенического нормирования) является установление научно обоснованных предельно допустимых величин шума, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и в течение многих лет не вызывают существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности. При нормировании

шумовых характеристик рабочих мест регламентируется общий шум на рабочем месте независимо от числа источников шума в помещениях и характеристик каждого источника в отдельности. В условиях производства в большинстве случаев трудно снизить шум до очень малых уровней, поэтому при нормировании исходят не из оптимальных (комфортных), а из терпимых условий, т. е. таких, когда вредное действие шума на человека не проявляются или проявляются незначительно. Поэтому гигиеническое нормирование представляет собой компромисс между гигиеническими требованиями и техническими возможностями на данном этапе развития науки и техники. Гигиеническое нормирование уровней шума осуществляется в соответствии с ГОСТ 27409–97 и СанПиН РК № 3.01.030–97 «Предельно допустимые уровни инфразвука и низкочастотного шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки».

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума; нормирование уровня звука в дБА.

**Метод нормирования по предельному спектру** является основным для постоянных шумов. По этому методу нормируемой характеристикой шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, определяемые в зависимости от вида производственной деятельности. Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах допускается принимать **уровень звука (дБА)**, определяемый по шкале А шумомера с коррекцией низкочастотной составляющей по закону чувствительности органов слуха и приближением результатов объективных измерений к субъективному восприятию. Уровень звука в дБА связан с предельным спектром следующей зависимостью:  $L_A = PС + 5$ .

Допустимые значения уровней звукового давления, уровней звука приведены в табл. 18.

Для тонального и импульсного шума допустимый уровень звука должен быть на 5 дБ меньше значений, указанных в табл. 18.

Нормируемой характеристикой непостоянного шума является эквивалентный по энергии уровень звука (дБА).

Таблица 18

## Допустимые уровни звукового давления в помещениях различного назначения

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука $L_{Aeq}$ (эквивалентный уровень звука $L_{A(зв)}$ ), дБА	Максимальный уровень звука, $L_{Amax}$ , дБА	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000			8000
1 Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	–	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	70
2 Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, участки точной сборки, телефонные и телеграфные станции	–	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	75
3 Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону	–	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	90
4 Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами (за исключением работ, перечисленных в поз. 1–3)	–	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	95

Продолжение табл. 18

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							Уровень звука $L_{Aeq}$ (эквивалентный уровень звука $L_{A(дв)}$ ), дБА	Максимальный уровень звука, $L_{Amax}$ , дБА		
		31,5	63	125	250	500	1000	2000			4000	8000
7 Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории учебных заведений, конференцзалы, читальные залы библиотек, зрительные залы клубов и кинотеатров, залы судебных заседаний, культовые здания, зрительные залы клубов с обычным оборудованием	—	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	6)
10 Жилые комнаты квартир	7.00–23.00 23.00–7.00	79 72	63 55	52 44	45 35	39 29	35 25	32 22	30 20	28 18	40 30	55 45
11 Жилые комнаты общежитий	7.00–23.00 23.00–7.00	83 76	67 59	57 48	49 4	44 34	40 30	37 27	35 25	33 23	45 35	60 50
13 Жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов	7.00–23.00 23.00–7.00	79 72	63 55	52 44	45 35	39 29	35 25	32 22	30 20	28 18	40 30	55 45

**Эквивалентный по энергии уровень звука** широкополосного, постоянного и неимпульсного шума, оказывающего на человека такое же воздействие, как и непостоянный шум. Этот уровень измеряется специальными интегрирующими шумомерами или рассчитываются по формуле

$$L_{Aэкв} = 10 \lg \left( \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n \tau_i \cdot 10^{0,1L_i} \right), \quad (53)$$

где  $\tau_i$  – относительное время воздействия шума класса  $L_i$ , % времени измерения;  $L_i$  – уровень звука класса  $i$ , дБА.

Шумы средних уровней, не вызывающие потери слуха, тем не менее, оказывают утомляющее, неблагоприятное влияние, которое складывается с аналогичным влиянием тяжести и напряженности труда.

В табл. 19 представлены предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности.

Таблица 19

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1-й степени	60	60	–	–	–
Напряженный труд 2-й степени	50	50	–	–	–

### 8.5. Методы и средства борьбы с шумом

Средства защиты от шума подразделяются на средства коллективной защиты и индивидуальной защиты (СИЗ).

Классификация методов и средств коллективной защиты от шума приведена на рис. 27.

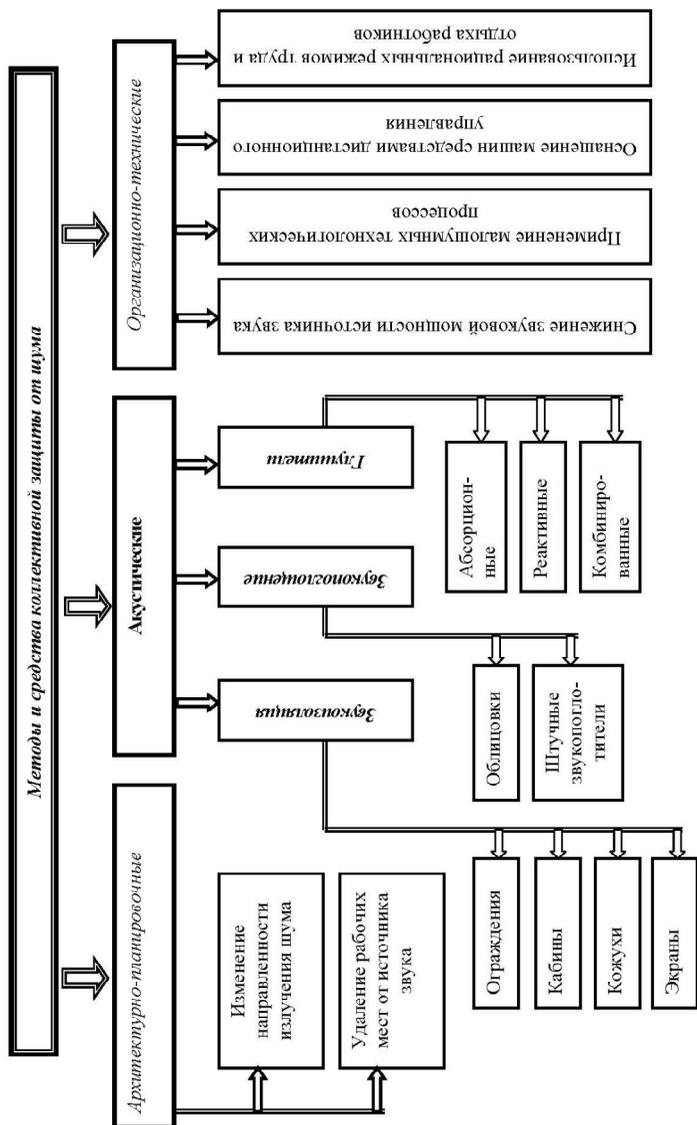


Рис. 27. Классификация методов и средств защиты от шума

## 9. ПРОБЛЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

**Отходами производства и потребления (отходы)** принято называть остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства.

**Опасными отходами** называются отходы, содержащие вредные вещества, которые обладают опасными свойствами (токсичностью, пожаровзрывоопасностью, высокой радиационной активностью) или содержат возбудителей инфекционных болезней, а также представляющие потенциальную опасность для окружающей природной среды и здоровья человека самостоятельно или при вступлении в контакт с другими веществами.

Практика управления отходами выявила необходимость использования ряда специфических понятий и определений. Рассмотрим некоторые из них.

**Обращение с отходами** – деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также производится сбор, использование, обезвреживание, транспортировка и размещение отходов.

Размещение отходов – хранение и захоронение отходов. В свою очередь **хранение отходов** – это комплекс работ, обеспечивающих содержание отходов в объектах размещения отходов в целях их последующего захоронения, обезвреживания или использования.

**Захоронение отходов** – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах, исключающих попадание вредных веществ в окружающую природную среду.

Использование отходов предусматривает применение отходов для: производства товаров (продукции); выполнения работ; оказания услуг или для получения энергии.

**Обезвреживание отходов** – обработка отходов, в том числе сжигание и обезвреживание отходов на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую природную среду.

Под **объектом размещения отходов** следует понимать специально оборудованное сооружение, предназначенное для размещения отходов (полигон, шламохранилище, хвостохранилище, отвал горных пород и др.).

Каждому производителю продукции устанавливается **норматив образования отходов**, т. е. количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции.

Одним из основных документов в системе управления отходами является **паспорт опасных отходов** – документ, удостоверяющий принадлежность отходов к отходам соответствующего вида и класса опасности, содержащий сведения об их составе. Паспорт необходим для организации многих процессов обращения с отходами.

Совокупность отходов, имеющих общие признаки, соответствующие системе классификации отходов, определяет понятие – **вид отходов**.

Как правило, границы между понятиями «сырье – отходы – вторичные ресурсы» достаточно условны.

Воздействие отходов на окружающую среду зависит от их качественного и количественного состава. Отходы представляют собой неоднородные по химическому составу, сложные поликомпонентные смеси веществ, обладающих разнообразными физико-химическими свойствами. Основные показатели отходов, позволяющие характеризовать их как вредные и опасные для биосферы, приведены на рис. 28.

Опасность отходов для окружающей среды возрастает в тех случаях, когда отходы производства обладают свойствами, способствующими миграции компонентов в окружающей среде (рис. 29).

В больших количествах отходы образуются во всех базовых отраслях промышленности (сельское хозяйство, энергетика, металлургия, строительство, транспорт), а также в быту. Например, в цветной металлургии из примерно 2 млрд. т руды, добываемой ежегодно, только 1 % извлекается в виде товарной продукции. В результате в отрасли образовалось около 100 млн. т токсичных отходов, из которых обезврежено и захоронено всего 6,7 %. В общей сложности в стране накоплено около 7 млрд. т отходов, из которых более 1 млрд. т – опасные отходы.

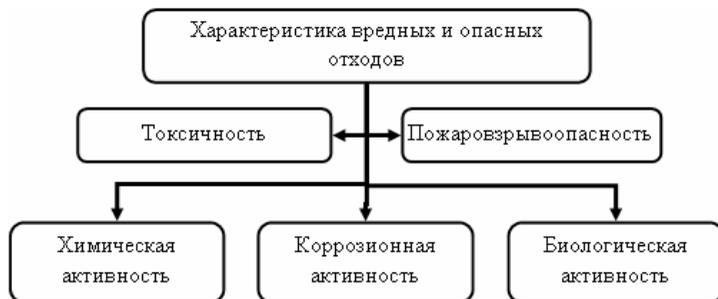


Рис. 28. Основные характеристики вредных и опасных отходов (по В. Т. Медведеву, 2002)

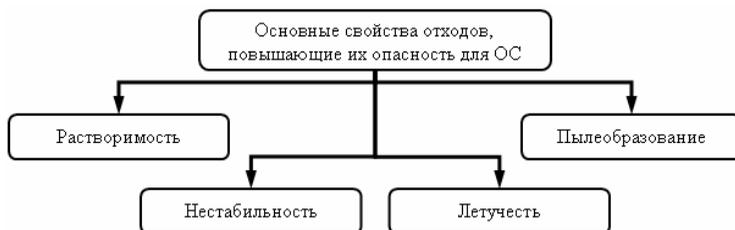


Рис. 29. Основные свойства отходов, повышающие их экологическую опасность (по В. Т. Медведеву, 2002)

Таким образом, в среднем на каждого жителя РК вырабатывается (накапливается) до 15 т различных твердых отходов в год. Такой темп роста накопления твердых отходов объясняется невысокой степенью их утилизации. Так, степень утилизации инертных отходов, к которым относятся вскрышные породы, зола, отдельные виды строительных отходов, составляет примерно 25–30 %. Уровень утилизации опасных отходов еще ниже – менее 20–25 %.

Для сравнения следует отметить, что в Европе производство отходов всеми отраслями хозяйства составляет 10–11 т на душу населения в год. Причем промышленные и сельскохозяйственные отходы составляют около 70 % (примерно 40 % промышленные и около 30 % сельскохозяйственные). Около 25 % отходов составляет строительный мусор. Доля бытовых отходов в странах

Европы достигает 6 % их общего количества, что вдвое больше аналогичного показателя для России (примерно 3 %).

В настоящее время средний уровень производства опасных отходов, отнесенный к общей массе отходов стран Европы, равен примерно 7,5 % (от 5 до 10 %).

В отличие от России, в которой отходы по степени вредности и опасности делятся на четыре класса опасности, в европейских странах приняты три класса опасности. Основная часть опасных отходов складировается или захоранивается, в том числе и затопливается в море. Обезвреживанию с предварительной обработкой, сжиганию и вторичной переработке подвергается небольшая часть опасных отходов. Например, в Нидерландах примерно 360 тыс. т опасных отходов ежегодно подвергается физико-химической обработке, около 200 тыс. т сжигается, более 250 тыс. т захоранивается и около 700 тыс. т затопливается в море.

Особую опасность для окружающей среды и населения представляют радиоактивные отходы. До принятия конвенции о запрещении захоронения радиоактивных отходов в океанах и морях западноевропейскими странами в океанских водах захоронено более  $35 \cdot 10^6$  ГБк ( $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$  Бк (бек-керель) радиоактивных отходов в контейнерах. Основная часть из этого количества приходится на Великобританию (примерно 76 %).

В настоящее время страны Европы производят захоронение подземное радиоактивных отходов. Так, в Германии высокоактивные отходы помещают в соляной купол, расположенный вблизи Ганновера, в котором по состоянию на конец XX столетия накопилось около 3000 т отходов, ждущих захоронения, и к этим отходам ежегодно прибавляется около 500 т новых.

Для многих стран Европы захоронение опасных и радиоактивных отходов является сложной, порой неразрешимой задачей. Между странами происходит интенсивный обмен отходами. Это объясняется, с одной стороны, различиями в списках опасных и радиоактивных отходов, а с другой – наличием в ряде стран технологий и производств, использующих эти отходы как сырье. Через национальные границы ежегодно перемещается более 2 млн. т таких отходов.

Существует и развивается нелегальный вывоз опасных отходов в страны Африки и Азии. В эти же страны перемещаются предприятия по сжиганию опасных отходов. Не меньшей проблемой для стран Западной Европы являются старые захоронения отходов, среди которых большой объем занимали опасные отходы. Такие захоронения вполне можно сравнивать с химическими «бомбами замедленного действия», поэтому инвентаризация и поиски таких захоронений во многих странах рассматриваются как приоритетные задачи. Например, в Дании зарегистрировано около 3200 таких захоронений, в Нидерландах – около 4000, на территории Западной Германии – более 50 тысяч. Аналогичная задача существует и в России, но она не решается, прежде всего, из-за отсутствия средств, необходимых для ее реализации.

Из всего многообразия отходов особый интерес вызывают отходы производства и потребления, с которыми приходится иметь дело подавляющему большинству населения в различных странах мира. Среди таких отходов особое место занимают твердые бытовые отходы (ТБО). Бытовые («муниципальные») отходы следует относить к непромышленным отходам. Но при этом не следует забывать, что деление отходов на бытовые и промышленные достаточно условно, так как в бытовые отходы попадают остатки древесины, резины, кожи, бумаги, а также других органических веществ и полимерных материалов. Например, полимерные отходы составляют до 15 % общего объема бытовых и промышленных отходов крупных городов. Низкая культура сбора отходов становится причиной того, что в бытовые отходы попадают батарейки, краски, люминесцентные лампы и многое другое. По различным оценкам в 1 т бытовых отходов содержится до 50 нг диоксинов.

Отсутствие действенного контроля за процессами образования, накопления, транспортирования и уничтожения отходов, с одной стороны, и недостаток «экологического сознания» – с другой, приводят во многих случаях к объединению промышленных и бытовых отходов и размещению их на полигонах и свалках. Например, ежегодно только на санкционированные свалки и полигоны ТБО в нарушение действующих норм и правил направляются десятки миллионов

тонн промышленных отходов. Особенно этим грешат мелкие и средние предприятия, не имеющие достаточных средств и технологической оснащенности, необходимых для переработки и утилизации отходов. К сожалению, в большинстве регионов и городов РК имеет место вывоз промышленных отходов на несанкционированные свалки, причем основную часть этих отходов составляют опасные отходы (до 80 %).

Повышенную опасность для окружающей среды представляют стоки крупных животноводческих комплексов, которые ежегодно выбрасывают около 150 млн. т разжиженного навоза и помета, из которых примерно 70 % используется в качестве удобрения, а более 40 млн. т этих отходов, попадая вместе со стоками в поверхностные и подземные воды, загрязняют их, делая не пригодными для питьевого водоснабжения без применения сложных энергоемких технологий обезвреживания и очистки воды.

В классификации отходов особо следует выделить канализационные отходы, которые представляют собой: отработанный биологически активный ил; частицы текстиля, бумаги, песка и т. п. Содержание большого количества солей тяжелых металлов в отработанном иле не позволяет использовать его в качестве удобрения и поэтому он накапливается на специальных территориях – полях аэрации. Например, на подмосковных полях аэрации накопилось несколько десятков миллионов кубометров таких отходов. В свою очередь воздействие атмосферных осадков на биологически активный ил приводит к загрязнению как поверхностных, так и подземных вод. В ряде регионов, имеющих развитую систему предприятий и учреждений медико-биологического профиля, образуются чрезвычайно сложные по составу отходы, относящиеся к классам опасных отходов. Сложность обращения с медико-биологическими отходами заключается в том, что в них наряду с огромным числом химических соединений, имеющих сложную структуру, входят биологические объекты, в том числе инфекционные. Это затрудняет, а иногда делает невозможным сортировку отходов. Неорганизованное сжигание на свалках (полигонах) таких отходов сопровождается образованием вторичных токсикантов, которые могут быть гораздо

опаснее исходных соединений (полихлорированные бифенилы, диоксины, бензофураны и др.). Весь комплекс работ по обращению с отходами можно отобразить с помощью структурной схемы, представленной на рис. 30, которая является основой системы управления отходами.

Структура системы управления отходами в странах Западной Европы, США, Японии и других государствах аналогична структуре, принятой в РФ. Однако реализация технологических процессов и циклов, входящих в общий процесс управления отходами, различна. Так, в странах ЕЭС перерабатывается примерно 60% промышленных и около 95 % сельскохозяйственных отходов, а в Японии перерабатывается около 45 % промышленных отходов.

Анализ обращения с ТБО в этих странах показывает, что в Великобритании 90 % ТБО вывозится на полигоны, в Швейцарии – 20 %, Японии, Дании – 30 %, Франции, Бельгии – 35 %. Остальные ТБО в основном сжигаются, и лишь небольшая часть ТБО подвергается компостированию.

В РК эти показатели значительно ниже вследствие:

- недостаточной эффективности использования возможностей структуры управления отходами;
- низкого уровня технологического оснащения;
- разобщенности служб и организаций, ответственных за процессы, связанные с управлением отходами;
- слабой нормативно-правовой базы;
- отсутствия единой региональной и государственной информационной системы;
- отсутствия устойчивого финансирования.

### **9.1. Классификация отходов**

Отсутствие общепринятой системы классификации отходов производства и потребления вынуждает специалистов использовать ряд основных принципов разделения отходов (рис. 31). Вместе с тем достаточно широкое распространение в России получила классификация отходов по источникам их образования, основанная на отраслевом принципе. С учетом отраслевого принципа классификации отходы промышленного

производства делятся на отходы черной и цветной металлургии; химической, угольной, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности.



Рис. 30. Структурная схема обращения с отходами производства и потребления (по В. Т. Медведеву, 2002)



Рис. 31. Основные принципы разделения отходов (по В. Т. Медведеву, 2002)

Кроме того, в системе обращения с отходами применяется классификация отходов по агрегатному состоянию (рис. 32) (твердые, жидкие, газообразные или пылегазовые), которая позволяет более точно идентифицировать отходы, что является очень важным при выборе способа и технологии обращения с отходами (сжигание, утилизация, захоронение).

В зависимости от агрегатного состояния отходов выбирается способ хранения. Например, газообразные отходы хранятся в специальных емкостях или резервуарах, жидкие отходы – в герметичных контейнерах. Способы накопления и хранения твердых отходов достаточно разнообразны (контейнеры, площадки, полигоны и др.). При определении технологии обращения с отходами пользуются классификацией отходов по степени горючести, взрывоопасности и токсичности.

В ряде случаев применяется система классификации отходов по производственным циклам, основанная на отраслевом принципе. Такая система позволяет выявить операции (стадии), при которых образуются побочные продукты, не предусмотренные основным технологическим циклом. Например, в химической промышленности при синтезе органических продуктов образуются объемные остатки, не предусмотренные целевым синтезом (при ректификации, перегонке и др.). Иногда используются системы классификации отходов, имеющие узкопрофессиональный или сугубо ведомственный характер.

Классификация отходов по физико-химическим свойствам и характеристикам, которая в отличие от рассмотренных выше систем классификации, оперирует качественными показателями, особенно важна при оценке влияния отходов на окружающую среду, и в первую очередь это касается токсичных и опасных отходов. Одной из основных характеристик токсичности вещества считается **показатель летальной дозы ЛД<sub>50</sub>**, при которой у 50 % подопытных животных наступает летальный исход. Значения токсичности, полученные на опытах с животными, являются основой для законодательного определения предельно допустимой концентрации вредных веществ. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разработала систему классификации опасных промышленных

отходов, которая принята ООН. Эта классификация включает в себя перечень токсичных и опасных компонентов промышленных отходов. Среди них такие вещества как: мышьяк и его соединения; фармацевтические препараты; канцерогенные полициклические и ароматические галогенорганические соединения, за исключением полимерных материалов; ртуть и ее соединения и многие другие. Степень опасности отходов зависит не только от класса и концентрации токсичных веществ, содержащихся в отходах, но и от синергетического эффекта нескольких компонентов.

В этой связи одной из важнейших задач при описании отходов является установление характеристик, которые подлежат измерению и определяют эффективные направления использования отходов.

Технические характеристики конкретных отходов могут быть условно объединены в две группы:

- группа свойств, являющихся важнейшими для данного вида отходов, измерение которых обязательно для нахождения традиционных путей его использования;
- группа вновь приобретенных свойств, измерение которых необходимо для нахождения новых, нетрадиционных путей использования конкретного материала.

Определение свойств, объединенных в первую группу, может быть выполнено путем анализа нормативно-технической документации для данного вида сырья, материалов и изделий, из которых образовался отход. Как правило, методики измерений этих характеристик хорошо отработаны и унифицированы. Они отражены в ГОСТах и другой научно-технической документации. Для группы вновь приобретенных свойств, как правило, требуется создание оригинальных методик определения этих свойств. Такие методики требуют унификации как методов измерений свойств отходов, особенно «новых», так и методов выявления всех необходимых свойств конкретных отходов, которые подлежат измерениям.

Имеющиеся отличия вторичного сырья указывают на его специфику, что позволяет в ряде случаев рассматривать его как новый вид сырья, подлежащий столь же детальному изучению, как это имеет место при исследовании добываемых или

синтезируемых сырья и материалов. Изучение вторичного сырья должно быть направлено как на выявление его техногенных характеристик и свойств, которые бы позволили использовать отходы в эффективных технологических процессах их переработки, так и на детальное исследование физико-химических свойств отходов, позволяющих определить их воздействие на человека и окружающую среду, что является необходимым условием при обосновании решений об их складировании, захоронении, уничтожении.



Рис. 32. Классификация отходов по агрегатному состоянию (по В. Т. Медведеву, 2002)

## 9.2. Паспортизация и сертификация отходов

Качественное проведение классификации отходов невозможно без анализа их характеристик, составляющих основу паспорта отходов. Не менее важно выявление оптимального набора входящих в паспорт параметров, не только определяющих дальнейший порядок обращения с отходами, но и учитывающих различные экологические факторы. Форма

паспортизации отходов может соответствовать одному из трех видов:

- учетно-статистическому;
- кадастровому;
- экологическому.

Учетно-статистическая паспортизация отходов является сводом отраслевых, региональных, государственных сведений об отходах и выполняется в форме статистической отчетности.

Кадастровая форма паспортизации отходов предусматривает использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов.

Экологическая форма паспортизации отходов, проводимая в соответствии с Экологическим кодексом РК, является неотъемлемой частью как экологического паспорта предприятий, так и всех остальных форм паспортизации отходов.

Методология сертификации отходов, методы анализа и формы, отражающие результаты этих анализов, требуют унификации, так как в паспорт отходов включается большое количество данных, характеризующих отходы.

Любая система сертификации отходов должна начинаться со сбора информации об отходах, подлежащих сертификации. Причем эту работу следует выполнять с момента генерации отдельных компонентов отходов, так как в результате смешения их с другими продуктами образуются сложные композиции, проведение анализа которых значительно усложняется. Разнообразие характеристик, свойств, состояний и расположения отходов не позволяет выработать унифицированную методику пробоотбора. Поэтому к оборудованию и приспособлениям для отбора проб предъявляются довольно жесткие требования, например по обеспечению герметичности, по исключению воздействия света и излучения и т. п. Для сохранности образцов проб отходов, содержащих органические соединения, категорически запрещено применение консервантов. Особо следует выделить строгое соблюдение правил техники безопасности. От качества выполнения работ, связанных с процессами отбора проб и их анализа, во многом зависят дальнейшие шаги по выбору оборудования, способов транспортировки и определению

технологий переработки, хранения или захоронения отходов. Вместе с тем выбор порядка отбора проб предопределяет выбор тактики обращения с пробами, т. е. технологии и оборудования пробоотбора, упаковки и транспортировки проб, возможности совместного или раздельного анализа и многих других деталей, включающих технику безопасности всех процессов отбора проб и их анализа. Таким образом, пробоотбор, анализ и дальнейшее обращение с отходами – взаимосвязанные процессы. Однако следует отметить, что единой системы отбора проб и их анализа в настоящее время не существует.

Принимая во внимание тот факт, что классификация отходов производится в соответствии с какой-либо выбранной системой, непосредственно сертификация отходов отражает спектр характеристик, лежащих в основе классификации и необходимых для процесса управления отходами. Как правило, существующие схемы классификации отходов базируются на сертификации отходов по ряду показателей, среди которых большую роль играют физическое состояние и химический состав отходов. Как правило, сертификацию отходов по химическому составу провести в полном объеме не представляется возможным из-за сложности анализов и их высокой стоимости. Даже хорошо развитая лабораторно-аналитическая база не позволяет полностью выполнить эту работу, так как возникают трудности отбора проб, подготовки образца к анализу и проведения анализа.

Особое внимание следует уделять оценке (анализу) взаимодействия отходов с окружающей средой, которое зависит от структуры химических веществ и их соединений, входящих в отходы, способности этих веществ к миграции, скорости миграции в естественных условиях и т. д. В этой связи немаловажной является работа по определению с помощью тестов трансформации отходов в условиях окружающей среды. Полученные с помощью тестирования характеристики отражают способность соединений, составляющих отходы, изменяться в различных условиях обработки вплоть до полного разложения.

Таким образом, сертификация (и более узкая классификация) отходов представляет собой сложный и объемный процесс. Однако данную проблему можно разрешить путем поэтапного

анализа и классификации отходов. Особенно это касается анализа отходов с целью выявления возможностей использования их в качестве вторичных материальных ресурсов. При этом паспортные данные отходов помогают определять эффективные, в том числе нетрадиционные, пути использования вторичного сырья, планировать его наиболее полное использование, решать другие вопросы экологии, экономики, управления ресурсами, проводить ресурсосберегающую политику.

Облегчить решение данных проблем может информация об отходах, собираемая в банки данных (БД), которые в дальнейшем могут использоваться при создании автоматизированных информационных систем. С целью унификации отходов в рамках любой отрасли или ряда отраслей при отсутствии единого государственного БД по отходам целесообразно использовать принятую в ряде стран систему кодирования отходов. Такой подход позволяет создать единый банк данных по отходам как производства, так и потребления.

Полный код отходов включает первую букву (А, Б, В...), обозначающую промышленность, в которой они получаются (химическая, металлургическая, нефтехимическая и т. д.), затем цифры (1, 2, 3, 4,...), указывающие основную группу отходов (кислые, щелочные, цианосодержащие и т. д.), затем подкод (01, 02, 03,...), обозначающий конкретное химическое соединение, преобладающее в этом отходе, и, наконец, индекс агрегатного состояния (ж, г, т, ш). Например, если код отхода А.2.01 ж, то это означает, что отход производится в химической промышленности, представляет собой раствор, относящийся к группе щелочей и содержащий в качестве основного компонента NaOH.

Инвентаризация и паспортизация промышленных токсичных отходов в нашей стране производится объединениями, комбинатами, предприятиями, организациями промышленности и сельского хозяйства, на которых в производственных циклах образуются, складываются, захораниваются, используются, обезвреживаются (уничтожаются) токсичные отходы. При этом заполняется форма 2 «Токсичные отходы», в которую заносятся данные из паспорта отходов предприятия.

Токсичные отходы классифицируются по четырем классам опасности:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные;
- 2-й класс – высокоопасные;
- 3-й класс – умеренно опасные;
- 4-й класс – малоопасные.

Каждая группа и вид токсичных отходов кодируются; определяются их физические характеристики и химический состав.

В учетной форме приводятся данные о наиболее токсичных компонентах отходов и о применяемых и рекомендуемых методах утилизации, обезвреживания и захоронения отходов.

### **9.3. Переработка и использование отходов**

Переработка отходов является альтернативным направлением по отношению к дорогостоящим методам захоронения отходов. Наблюдающийся в мире рост объема перерабатываемых отходов и популярности этого направления свидетельствует о ее перспективности. Полный цикл переработки отходов включает сбор, сортировку, переработку и повторное использование отходов.

При разработке технологий переработки отходов следует учитывать, что технологии должны:

- не только ориентироваться на существующие потребности рынка, но и способствовать развитию новых направлений реализации продуктов переработки;
- быть гибкими и легко приспосабливаться к изменяющимся условиям;
- обеспечивать сбалансированность критериев потребностей рынка, прибыльности и экологичности, тем самым охватывать как можно больший объем и разнообразие отходов.

Существует несколько общепринятых организационных принципов построения системы переработки отходов производства и потребления. При этом формы организации производств по переработке отходов, могут быть различными.

Основными методами переработки отходов являются компостирование, биоразложение и сжигание. Сложные по

составу промышленные отходы требуют применения дополнительных специальных физико-химических методов переработки.

**Компостирование** – форма переработки сырой органической отходной массы, представляющая собой биологический метод обезвреживания твёрдых бытовых отходов (ТБО). Иногда его называют биотермическим методом. Сущность процесса заключается в следующем. Разнообразные, в основном теплолюбивые микроорганизмы активно растут и развиваются в толще мусора, в результате чего происходит его саморазогревание до 60 °С. При такой температуре погибают болезнетворные и патогенные микроорганизмы. Разложение твердых органических загрязнений в бытовых отходах продолжается до получения относительно стабильного материала, подобного гумусу. Механизм основных реакций компостирования такой же, как при разложении любых органических веществ. При компостировании более сложные соединения разлагаются и переходят в более простые. К основным химическим показателям, характеризующим мусор как материал для компостирования и получения биотоплива и органических удобрений, относятся содержание органического вещества; зольность; содержание общего азота, кальция, углерода.

Стоимость методов компостирования растет с применением специализированной техники и может быть значительной. Выбор методов компостирования, определяется критерием оптимального сочетания стоимости с достигаемым эффектом утилизации компостируемых отходов. В табл. 20 приведены виды отходов, подвергающиеся компостированию.

Ежегодно увеличивающееся количество отходов повлекло за собой разработку ускоренных, механизированных способов их переработки. Для этого сооружаются специальные мусороперерабатывающие заводы. Схема работы мусороперерабатывающего завода следующая. Законченный цикл обезвреживания ТБО состоит из трех технологических этапов:

- прием и предварительная подготовка мусора;
- собственно биотермический процесс обезвреживания и компостирования;
- обработка компоста.

Виды отходов, подвергающиеся компостированию  
(по В. И. Сметанину, 2003)

Особенности отходов по отношению к компостированию	Виды отходов
Предпочтительные	Растительные остатки, пищевые отходы, бумажные отходы, санитарно-гигиенические материалы
Обычные	Отходы животного происхождения, древесные отходы, отработанный ил
Непоощряемые	Переработанные материалы, инертные компоненты
Непригодные	Металлы, опасные отходы, медицинские отходы

Недостатком компостирования является необходимость складирования и обезвреживания некомпостируемой части мусора, объем которой составляет значительную часть общего количества мусора. Эта задача может быть решена путем сжигания, пиролиза или вывоза отходов на полигоны.

**Биоразложение органических отходов** – последовательное многоступенчатое разрушение молекул органических веществ определёнными группами микроорганизмов. Общеизвестно, что биологические методы разложения органических загрязнений считаются наиболее экологически приемлемыми и экономически эффективными.

В настоящее время многие разбавленные промышленные отходы обрабатывают биологическими способами. Обычно используется окисление, осуществляемое в аэротенках, биофильтрах и биопрудах аэробной переработки стоков. Существенными недостатками аэробных технологий, особенно при обработке концентрированных сточных вод, являются энергозатраты на аэрацию и проблемы, связанные с обработкой и утилизацией большого количества образующегося избыточного ила (до 1–1,5 кг биомассы микроорганизмов на каждый удаленный килограмм органических веществ).

Исключить указанные недостатки помогает анаэробная обработка сточных вод методом метанового сбраживания. При этом не требуется затрат электроэнергии на аэрацию, что играет большую роль в условиях энергетического кризиса, уменьшается объем осадка и, кроме того, образуется ценное органическое топливо – метан.

Анаэробные процессы микробиологической конверсии органических веществ представляют собой комплексную и весьма сложную группу явлений, многие фундаментальные аспекты которых стали понятными только в последние годы. Тем не менее промышленные технологии анаэробной очистки уже в 1980-е гг. достигли достаточно высокого уровня и получили широкое распространение за рубежом. В нашей стране интенсивные анаэробные технологии пока не используются, что наносит значительный ущерб состоянию окружающей среды, так как методы генной инженерии позволяют получать штаммы, способные обезвреживать экологически опасные органические вещества и другие материалы.

Разрушение молекул органических веществ при анаэробном биоразложении возможно благодаря уникальным способностям определенных групп микроорганизмов осуществлять катаболический процесс – расщепление сложных молекул до простых – и существовать за счет энергии разрушения сложных молекул, не имея доступа ни к кислороду, ни к другим предпочтительным в энергетическом отношении акцепторам электронов (нитрат, сульфат, сера и др.). Микроорганизмы используют для этой цели углерод органических веществ. Следовательно, в процессе восстановительного расщепления сложные органические молекулы разрушаются до метана и углекислого газа.

Следует отметить, что микроорганизмы по-разному реагируют на различные вещества, входящие в отходы. Поэтому необходимы проверка отходов на биоразлагаемость анаэробной микрофлорой, а также определение оптимальных условий обработки. Наиболее подходящим тестом в таком случае является биохимический метановый потенциал (БМП). При этом образец отходов смешивают с анаэробной культурой в определенной среде, выдерживают в анаэробных условиях

(закрытая емкость) и периодически измеряют объем образующегося газа. Количество метана, образующегося в контролируемый период, отнесенное к количеству углерода в отходах, оцениваемое как химически потребляемый кислород (ХПК), показывает биообрабатываемость испытуемого образца отходов.

В перечень веществ, биоразлагаемых анаэробным способом, входят органические соединения различных классов: спирты, альдегиды, кислоты алифатического и ароматного рядов. В то же время некоторые органические соединения в анаэробных условиях разлагаются не полностью. Таким образом, «обрабатываемость» отходов в анаэробных условиях зависит от способности определенной микрофлоры к деградации соединений, входящих в состав отходов, а также от устойчивости микроорганизмов к токсичной органике и неорганике. Следует отметить, что биообрабатываемость в анаэробных условиях перечисленных органических соединений была выявлена в результате многих исследований.

Продолжается поиск эффективных способов биоразложения полимерных отходов. Для ускорения продвижения в этом направлении необходимо расширять производство биоразлагаемых полимеров и одновременно вести разработки эффективных систем сбора и сортировки такого рода отходов.

В последнее время растет интерес к использованию биотехнологий, особенно для обработки наиболее токсичных и опасных отходов. Это касается биоразложения пестицидов, нефти, фенолов для обезвреживания отходов в почвах и в подземных водоисточниках.

Нельзя забывать, что существует общественный интерес к применению генетически модифицированных микроорганизмов для обезвреживания отходов, особенно в почвах окружающей среды.

Нет уверенности в том, что биотехнология является надежным и безопасным способом обеспечения экологической чистоты. Поэтому при обсуждении перспектив эффективного использования биотехнологии для обезвреживания различных отходов, в том числе особо опасных, всегда необходим контроль

степени микробного загрязнения объектов окружающей среды и очищенных субстратов.

*Сжигание* твёрдых бытовых отходов (ТБО). Твёрдые бытовые отходы представляют собой гетерогенную смесь, в которой присутствуют почти все химические элементы в виде различных соединений. Наиболее распространенными элементами являются углерод, на долю которого приходится около 30 % (по массе) и водород (4 % по массе), входящие в состав органических соединений. Теплотворная способность отходов во многом определяется именно этими элементами.

В промышленной практике в настоящее время применяют два метода термической переработки ТБО, основанные на принудительном перемешивании и перемещении материала:

– слоевое сжигание на колосниковых решетках при температуре 900–1000 °С;

• сжигание в кипящем слое при температуре 850–950 °С (этот режим сжигания является экологически и технологически обоснованным).

На подавляющем большинстве заводов в различных странах мира используется технология слоевого сжигания с использованием в основном переталкивающих решеток. Такую технологию можно назвать традиционной. Принципиальная технологическая схема мусоросжигательного завода представлена на рис. 33.

Сжигание в кипящем слое, требующее обязательной подготовки отходов к такому процессу, распространено значительно меньше (Япония, отдельные заводы в США, Норвегии, Испании), хотя в настоящее время проектируются и строятся заводы в России, Италии, Германии.

Основными преимуществами современных методов термической переработки являются: снижение объема отходов в 10 раз; эффективное обезвреживание отходов; попутное использование энергетического потенциала органических отходов. Эффективность термической переработки ТБО определяется технологией процесса, составом отходов и степенью их подготовки к сжиганию.

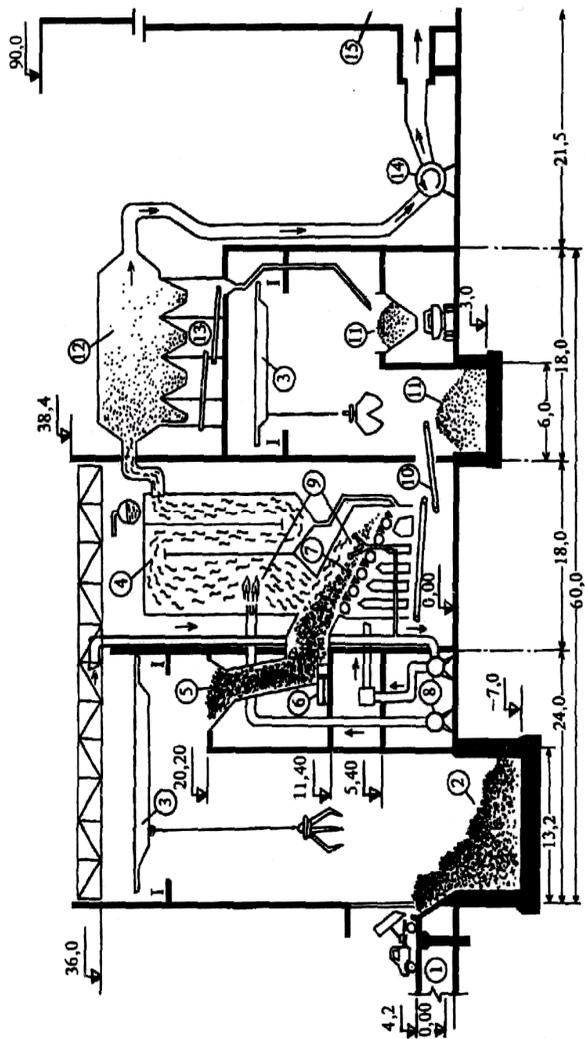


Рис. 33. Технологическая схема мусоросжигательного завода (по В. Ф. Протасову, 2000):  
 1 – подъездная эстакада; 2 – бункер-накопитель мусора; 3 – грейферные краны; 4 – котлоагрегат;  
 5 – загрузочная воронка; 6 – гидравлический толкатель; 7 – валковая решётка; 8 – дутьевые  
 вентиляторы; 9 – газовые горелки; 10 – шлакоудалитель; 11 – бункер шлака; 12 – электрофильтр;  
 13 – транспортеры золоудаления; 14 – дымосос; 15 – дымовая труба

Сжигание ТБО, как правило, является окислительным процессом. Поэтому и в камере сжигания преобладают окислительные реакции. Главными продуктами сгорания углерода и водорода являются соответственно  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . При неполном сгорании (условия недожога) образуются нежелательные продукты: монооксид углерода  $\text{CO}$ ; низкомолекулярные органические соединения; полициклические ароматические углеводороды; сажа и др. Аналогичные соединения могут быть продуктами реакций, происходящих в зоне более холодных элементов оборудования (например, на выходе из печи, на станции газоочистки и т.п.). При сжигании необходимо учитывать, что в ТБО присутствуют потенциально опасные элементы, характеризующиеся высокой токсичностью, высокой летучестью. Например, различные соединения галогенов (фтора, хлора, брома), азота, серы, тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, олова, ртути). В табл. 21 приведено сравнительное содержание в ТБО и земной коре ряда опасных элементов.

Таблица 21

Сравнительное содержание опасных химических элементов  
(по В. И. Сметанину, 2003)

Опасный элемент	Содержание, г/т	
	В ТБО	в земной коре
Хлор	5 000–8 000	150
Бром	30–200	2,4
Сера	1000–3000	500
Медь	200–1000	60
Цинк	600–2000	70
Свинец	400–1000	14
Ртуть	0,5–5	0,1
Кадмий	5–15	0,15

За последнее десятилетие содержание в ТБО тяжелых металлов резко повысилось за счет отработанных сухих гальванических элементов, аккумуляторов, ламп накаливания, люминесцентных ламп, синтетических материалов (красители, стабилизаторы), металлических покрытий кожи и др. Например,

в Германии в одной тонне ТБО в среднем содержится 300 г сухих батарей, в результате чего в городах с населением 0,5 млн. человек накапливается ежегодно около 50 т лома сухих батарей. Содержание ртути в этом ломе колеблется в пределах 1–25 %, а в ломе никель-кадмиевых аккумуляторов содержится около 15 % кадмия. Общее содержание кадмия в ТБО Германии составляет 10–15 мг/кг. Основными источниками кадмия являются синтетические материалы и батарейки. При сжигании ТБО 90 % кадмия попадает в дымовые газы и осаждается в основном на мелких (менее 2 мкм) частицах летучей золы. Таким образом, тяжелые металлы являются специфическими выбросами мусоросжигательных заводов.

В процессе сжигания ТБО, особенно в условиях недожога, образуются весьма токсичные соединения – полихлордибензодиоксины и полихлордифеннофураны.

Основные недостатки традиционных процессов сжигания ТБО, получивших распространение в мировой практике: большой объем отходящих газов (4500–6 000 м<sup>3</sup>/т сжигаемых отходов); образование значительного количества шлака (25 % по массе исходного); образование токсичной летучей золы (выход 3–5 % по массе); совершенствование собственно термического процесса и оборудования.

Основная тенденция развития мусоросжигания заключается в переходе от прямого сжигания ТБО к оптимизированному сжиганию выделенной из ТБО горючей (топливной) фракции и в переходе сжигания как процесса ликвидации ТБО к сжиганию как процессу, обеспечивающему наряду с обезвреживанием отходов генерирование тепловой и электрической энергии.

Крупные мусоросжигательные заводы являются также достаточно крупными производителями тепловой и электрической энергии. Однако дорогостоящая газоочистка ухудшает экономические показатели таких заводов. В связи с этим повышается роль прямого восстановления материалов, попадающих в отходы путем: обогащения отходов, реализации первичных мероприятий, облегчающих газоочистку; уменьшения потока отходов, направляемых на сжигание за счет селективного сбора и сортировки; стабилизации состава отхо-

дов; выделения перед сжиганием не только полезных, но и опасных компонентов и др.

Современные промышленные термические процессы экологически безопасны при условии сжигания подготовленных на основе селективного сбора или механизированной сортировки ТБО и при использовании современных технологий газоочистки.

При выборе технологий и оборудования для переработки российских ТБО необходимо учитывать различие в составе и свойствах ТБО РК и зарубежных стран. Как показывает опыт эксплуатации построенных на территории РК и укомплектованных импортным оборудованием мусоросжигательных заводов, механический перенос европейского оборудования в условия РК не является оптимальным решением, так как практически отсутствует раздельный сбор ТБО, а также далеки от совершенства технологии сбора и вывоза отходов, что, в конечном счете, приводит к высокому содержанию в ТБО влаги, негорючих и опасных в экологическом отношении компонентов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы были рассмотрены наиболее важные санитарные нормы и правила. Воздействие различных вредных факторов, таких как пыль, ультразвук, шум, излучения, – может крайне неблагоприятно сказываться на работоспособности персонала, на качестве труда. Такие вредные воздействия как шум и вибрация, вызывая утомление работающих, притупление их внимания и замедление реакций, могут явиться косвенной причиной производственного травматизма. Именно поэтому соблюдение санитарных норм и правил позволит уменьшить воздействие вредных веществ, избежать различных травм и аварий на производстве.

Решение этой проблемы позволяет обеспечить здоровые условия труда работников предприятий и в то же время повысить производительность труда в результате улучшения его условий.

В данном учебном пособии были рассмотрены общие сведения о санитарии и гигиене труда, физиология труда, воздействие неблагоприятного микроклимата, вредных веществ на человека, вентиляция, кондиционирование, защита от теплового воздействия и очистка воздуха производственных помещений от вредных примесей, организация оптимального производственного освещения, защите от лазерного излучения, электромагнитных полей и излучений, воздействие и защита от производственной вибрации, шума, а также глава, посвященная проблемам размещения отходов производства и потребления.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безопасность жизнедеятельности / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др.; Под ред. С. В. Белова. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1999.
2. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для студентов средних спец. учеб. заведений / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев и др. – М.: Высшая школа, 2001.
3. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / Под ред. О. Н. Русака. – СПб: Лань, 2000.
4. Шумилин В. К. ПЭВМ. Защита пользователя. – М.: Ред. Журнала "Охрана труда и социальное страхование", 2001.
5. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г. Н. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976.
6. Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование: Справочник / С. В. Белов, А. Ф. Козьяков, О. Ф. Партолин и др. / Под ред. С. В. Белова. – М.: Машиностроение, 1989.
7. Охрана труда в машиностроении / Е. Я. Юдин, С. В. Белов, С. К. Баланцев и др. / Под ред. Е. Я. Юдина. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1983.
8. Навроцкий В. К. Гигиена труда. – М.: Медицина, 1974.
9. Алексеев С. В., Усенко В. Р. Гигиена труда. – М.: Медицина, 1988.
10. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стройиздат, 1992.
11. ГОСТ 12.1.007–76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».
12. ГОСТ 12.1.005–88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
13. ГОСТ 12.1.1.006–84 «Электромагнитные поля радиочастот допустимые уровни на рабочих местах»
14. СанПиН № 1.01.004.01 «Гигиенические требования к организации и условиям работы с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами».

15. СанПиН РК 3.01.032–97 «Предельно-допустимые уровни вибрации в жилых помещениях»
16. Энциклопедия по безопасности и гигиене труда / Ред. кол.: А. П. Починок и др. – М.: Министерство труда и социального развития РФ, 2001.
17. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е. Я. Юдин, Л. А. Борисов, И. В. Горенштейн и др. / Под ред. Е. Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1985.
18. Охрана труда на предприятиях гражданской авиации / В. Г. Ененков, И. А. Демидов, Т. В. Павелко и др. / Под ред. В. Г. Ененкова. – М.: Транспорт, 1990.
19. Титова Г. Н. Токсичность химических веществ. – Л.: ЛТИ, 1983.
20. Толоконцев Н. А. Основы общей промышленной токсикологии. – М.: Медицина, 1978.
21. Гигиена окружающей среды / Под ред. Г. И. Сидоренко. – М.: Медицина, 1985.
22. Инженерная экология: Учебник/ Под ред. В. Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.
23. Панин В. Ф., Сечин А. И., Федосова В. Д. Экология для инженера: Учеб.-справ. пособие. – М.: Ноосфера, 2001. – 284 с.
24. Протасов В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. – Учеб.-справ. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 672 с.
25. Сметанин В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. – М.: КолосС, 2003. – 229 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Актуальность научных исследований и практической деятельности в области производственной санитарии и гигиены труда....	5
1.1. Основы физиологии труда. Классификация основных форм деятельности человека.....	6
1.2. Классификация условий трудовой деятельности Идентификация вредных факторов производственной среды.....	8
1.3. Оценка производственных факторов.....	12
1.4. Основные методы защиты человека от вредных производственных факторов.....	14
1.5. Физиология труда.....	16
1.5.1. Классификация основных форм деятельности человека.....	16
1.5.2. Энергетические затраты при деятельности человека.....	21
1.5.3. Работоспособность человека и ее динамика.....	24
2. Микроклимат производственных помещений....	30
2.1. Особенности микроклиматических условий производственных помещений.....	30
2.2. Теплообмен между организмом человека и окружающей средой.....	34
2.3. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата.....	43
2.4. Гигиеническая оценка микроклимата помещений.....	50
3. Вредные вещества в промышленности.....	53
3.1. Классификации промышленных ядов.....	53
3.2. Гигиеническое нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.....	60
3.3. Производственная пыль как фактор производственной вредности.....	64
3.4. Меры профилактики пылевых заболеваний.....	66
4. Промышленная вентиляция и кондиционирование..	70
4.1. Системы вентиляции.....	70

4.2.	Естественная вентиляция.....	72
4.3.	Механическая вентиляция.....	76
4.4.	Местная вентиляция.....	79
4.5.	Кондиционирование воздуха.....	82
5.	Производственное освещение.....	85
5.1.	Основные светотехнические величины и единицы их измерений.....	85
5.2.	Нормирование освещения.....	91
6.	Защита от электромагнитных полей и излучений....	98
6.1.	Источники излучений и основные характеристики электромагнитных полей.....	98
6.2.	Воздействие переменных электромагнитных полей на человека.....	101
6.3.	Гигиеническое нормирование электромагнитных полей.....	103
6.4.	Методы защиты от электромагнитных полей и излучений.....	108
6.5.	Оценка электромагнитных излучений персональных компьютеров.....	116
7.	Оценка негативных факторов. Вибрация. Защита от производственной вибрации.....	126
7.1.	Причины возникновения и физические характеристики вибрации.....	126
7.2.	Классификация производственных вибраций.....	128
7.3.	Воздействие вибрации на организм человека.....	132
7.4.	Гигиеническое нормирование вибрации.....	135
7.5.	Методы и средства защиты от вибрации.....	135
8.	Акустические колебания.....	139
8.1.	Характеристика источника шума.....	139
8.2.	Классификация производственного шума.....	142
8.3.	Воздействие шума на человека.....	144
8.4.	Нормирования шума.....	146
8.5.	Методы и средства борьбы с шумом.....	150
9.	Проблема размещения отходов производства и потребления.....	152
9.1.	Классификация отходов.....	158
9.2.	Паспортизация и сертификация отходов.....	162
9.3.	Переработка и использование отходов.....	166
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	176
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	177

Учебное издание

Батесова Фируза Кайсарбековна

ХИМИЯ ОТХОДОВ,  
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ  
И ГИГИЕНА ТРУДА

Учебное пособие

Нач. РО УИЦ

Редактор

Компьютерная верстка

*З. А. Губайдулина*

*З. А. Губайдулина*

*Д. Ш. Тажиева*

Подписано в печать 26.03. 2015 г.

Тираж 300 экз. Формат 60x84x 1/16. Бумага типографская № 1.

Уч.-изд.л. 11,3. Усл. п.л.10,5. Заказ № 314. Цена договорная.

Издание Казахского национального технического университета  
им. К. И. Сатпаева

Учебно-издательский центр КазНТУ,

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

ISBN 978-601-228-789-9



9 7 8 6 0 1 2 2 8 7 8 9 9