

***Пособие (теоретический материал)***  
***для выполнения заданий контрольной работы***  
***по дисциплине «Безопасность труда»***

**Оглавление**

**I. Производственная среда и безопасность жизнедеятельности**

**II. Электробезопасность**

- 1. Действие электрического тока на человека**
  - A. Виды электротравм**
  - B. Оказание первой доврачебной помощи человеку, пораженному электрическим током**
  - C. Электрическое сопротивление тела человека**
  - D. Факторы, влияющие на исход поражения человека электрическим током**
- 2. Явления при стекании электрического тока в землю**
  - A. Стеkanie тока в землю через одиночные заземлители**
  - B. Стеkanie тока в землю через групповые заземлители**
  - C. Сопротивление растеканию тока одиночного и группового заземлителей**
  - D. Напряжения прикосновения и шага**
  - E. Электрические свойства грунтов**
  - F. Практическое занятие “Явления при стекании тока в землю, напряжение прикосновения и шага”**
- 3. Анализ электробезопасности различных электрических сетей**
  - D. Анализ электробезопасности электрических сетей типа IT**
  - E. Анализ электробезопасности электрических сетей типа TN-C**
- 4. Технические способы защиты от поражения электрическим током**
  - A. Защитное заземление**
  - B. Зануление**
  - C. Защитное отключение**

**III. Защита от шума**

**5. Звук. Основные характеристики звукового поля. Распространение звука**

- A. Параметры звуковой волны. Виды звуковых волн**
  - B. Акустическое поле и его характеристики**
  - C. Уровни акустических величин**
- 2. Производственный шум, его источники и характеристики**
- A. Характеристики и виды производственных шумов**
  - B. Источники производственного шума и их характеристики**
  - C. Измерение шума. Шумомеры**
- 3. Негативное воздействие шума на человека и защита от него**
- A. Восприятие шума человеком**

- B. Вредные воздействия шума на организм человека**
- C. Нормирование шума**
- D. Акустический расчет**
- E. Способы защиты от шума**

#### **IV. Производственное освещение**

- 1. Основные характеристики освещения**
- 2. Действие освещения на человека**
- 3. Виды производственного освещения**
- 4. Нормирование различных видов освещения**
- 5. Особенности освещения рабочих мест, оснащенных компьютерами**
- 6. Расчет искусственного освещения**

#### **V. Микроклимат производственных помещений**

- 1. Параметры микроклимата и их измерение**
- 2. Физиологическое действие метеорологических условий на человека**
  - A. Теплообмен человека с окружающей средой**
  - B. Терморегуляция организма человека**
  - C. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека**
- 3. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата**

#### **VI. Эргономика**

- 1. Что такое - эргономика**
  - A. Объект и предмет изучения эргономики**
  - B. Эргономика - проектировочная дисциплина**
- 2. Методы и технические средства эргономики**
  - A. Классификация эргономических методов**
  - B. Методы получения исходной информации для описания деятельности человека**
- 3. Эргономическая система**
  - A. Место оператора в эргономической системе**
  - B. Этапы операторской деятельности**
  - C. Роль анализаторов в операторской деятельности**
  - D. Средства отображения информации**
  - E. Органы управления**
  - F. Проектирование рабочего пространства и рабочего места**
  - G. Проектирование производственной среды**
- 4. Эргономика рабочего места пользователя ПЭВМ**
  - A. Гигиена труда пользователей ПЭВМ**
  - B. Требования к помещениям для работы с ПЭВМ**
  - C. Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ**
  - D. Требования к производственной среде при работе на ПЭВМ**
  - E. Каким должен быть монитор**
  - F. Средства ввода информации и требования к ним**

## **VI. Электромагнитные излучения**

5. **Источники электромагнитных излучений**
6. **Влияние электромагнитных полей на организм человек**
  - A. Биологическое действие электромагнитных полей
  - B. Параметры электромагнитных полей, влияющие на биологическую реакцию
  - C. Последствия действия электромагнитных полей для здоровья человека
  - D. Влияние на здоровье пользователя электромагнитных полей компьютера

## **3. Нормирование электромагнитных полей**

## **VII. Производственные вибрации**

3. **Основные параметры вибрации**
4. **Классификация вибраций**
5. **Действие вибраций на человека**
6. **Нормирование вибраций**
7. **Методы снижения вибраций**

## **VIII. Пожарная безопасность**

6. **Общие сведения о горении**
7. **Пожаровзрывоопасные свойства веществ**
8. **Условия образования горючих сред в оборудовании и в помещениях**
9. **Категорирование помещений по пожаровзрывоопасности**
10. **Классификация взрывоопасных зон**
11. **Классификация пожарных зон**
12. **Пожарная опасность зданий и сооружений**
13. **Тушение пожаров**
14. **Огнетушители**

- A. Автоматические установки пожаротушения
- B. Автоматическая пожарная сигнализация
- C. Автономная пожарная сигнализация
- F. Рекомендации к выполнению заданий по разделу «Пожарной безопасности объекта»

## **IX. Радиационная безопасность**

9. **Общие сведения об ионизирующих излучениях**
10. **Основные характеристики радиоизотопов**
11. **Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом**
12. **Дозиметрические величины**
13. **Воздействие ионизирующих излучений на человека**
14. **Радиационные эффекты облучения**
15. **Нормирование радиации**

## **Глоссарий**

## **Литература**

---

# I. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СРЕДА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

---

Проблемы защиты окружающей среды затрагивают всех людей. Пытаясь разобраться в проблемах воздействия человека на окружающую среду, способах защиты от негативных проявлений этого воздействия, человечество создало множество наук и научных направлений, каждое из которых оперирует своей терминологией, использует свои методы исследований. Одной из таких наук является "Безопасность жизнедеятельности".

"Безопасность жизнедеятельности" возникла на стыке технических, естественных и социальных наук.

Рассматривая "Безопасность жизнедеятельности" как учебную дисциплину, преподаваемую во всех технических ВУЗах России, ее можно определить как прикладную дисциплину, представляющую собой систему научно-обоснованных инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение качества окружающей производственной среды и здоровья человека в условиях растущего промышленного производства.

**«Безопасность жизнедеятельности»** - это область научных знаний, изучающая вредные, опасные и особоопасные антропогенные факторы и способы защиты от них человека в любых условиях его обитания.

Антропогенные факторы, возникающие в процессе жизнедеятельности воздействуют как на окружающую среду так и на самого человека. При этом в условиях производства воздействие этих факторов усиливается. В этой связи имеет смысл говорить об антропогенных производственных факторах.

**Антропогенный производственный фактор (АПФ)** - фактор, способный вызвать негативные изменения здоровья человека, непосредственно занятого в производственном процессе, и антропогенные изменения окружающей среды, подверженной воздействию данного производственного процесса.

Еще раз подчеркнем, что речь идет о факторах, которые обусловлены трудовой, производственной деятельностью.

Рассматривая воздействие АПФ на производственную окружающую среду и человека можно сформулировать следующие требования:

- АПФ при их комплексном воздействии на человека не должны оказывать отрицательного влияния на здоровье человека при его профессиональной деятельности в течение длительного времени;

- АПФ не должны вызывать снижения надежности и качества деятельности человека (оператора) при действии их в течение дня.

При учете и нормировании АПФ различают следующие уровни их воздействия на человека:

- **комфортная** производственная окружающая среда обеспечивает оптимальную динамику работоспособности человека (оператора), хорошее самочувствие и сохранение его здоровья;
- **относительно дискомфортная** производственная окружающая среда обеспечивает при воздействии в течение определенного интервала времени заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает у человека субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы;
- **экстремальная** производственная окружающая среда приводит к снижению работоспособности человека и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим нарушениям;
- **сверхэкстремальная** производственная окружающая среда приводит к возникновению в организме человека патологических изменений и (или) к невозможности выполнения работы.

АПФ можно классифицировать по разным признакам.

*По своей природе* АПФ могут быть: физическими, химическими, биологическими, психофизиологическими.

С другой стороны, *по своему действию* АПФ могут различаться на:

- **вредные** - АПФ, воздействия которых на работающих в определенных условиях приводят к заболеванию или снижению работоспособности. К вредным АПФ можно отнести: шум, вибрацию, электромагнитные поля и др.
- **опасные** - АПФ, воздействия которых на работающих в определенных условиях приводят к травме или другому резкому ухудшению здоровья. К опасным АПФ относятся - электрический ток, газообразный хлор в определенных концентрациях и др.
- **особоопасные** - АПФ, которые при определенных условиях приводят к промышленной аварии, т.е. разрушительному высвобождению собственного энергозапаса промышленного предприятия, при котором сырье, промежуточные продукты, продукция предприятия, отходы производства, установленное на промышленной площадке технологическое оборудование, вовлекаясь в аварийный процесс, создают факторы для населения, персонала, окружающей среды и самого промышленного предприятия, приводящие к катастрофическим последствиям (ионизирующие излучения, пожар, взрыв, выброс большого количества газообразного хлора и др).

Следует отметить, что вредные антропогенные производственные факторы носят, как правило, детерминированный характер, а опасные и особоопасные -

стохастический характер. В количественную оценку стохастических АПФ входит вероятность возникновения данного фактора.

Выявление и анализ антропогенных производственных факторов, разработка комплекса способов и средств, позволяющих достигнуть гармонизации взаимодействия человека с окружающей производственной средой являются по существу обязательными элементами обеспечения любых производственных процессов.

УМК «Безопасность жизнедеятельности» посвящен рассмотрению следующих АПФ: электрический ток, шум, освещение, микроклимат, эргономические факторы - их влияния на человека и окружающую производственную среду, способам и средствам защиты человека от их негативного воздействия.

---

## **II. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ**

---

Современное производство характеризуется широким применением различных электроустановок. В этой связи большое значение в общей системе инженерно-экологических мероприятий приобретают вопросы обеспечения электробезопасности. В данном разделе будут рассмотрены вопросы обеспечения электробезопасности промышленных электроустановок напряжением до 1кВ.

Согласно ГОСТ 12.1.009-76 **Электробезопасность** – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих электрического тока и электрической дуги.

---

### **1. Действие электрического тока на человека**

---

Используя электротехнические изделия на производстве или в быту, человек может попасть под действие электрического тока.

При этом тяжесть поражения электрическим током будет зависеть от множества факторов, в том числе: значения протекающего через человека тока, значения и рода напряжения, времени воздействия электрического тока на организм человека, мест контакта элементов электрической цепи с телом человека, индивидуальных особенностей человека, окружающей среды и окружающей человека обстановки; типа электроустановки; особенностей эксплуатации электроустановки и др.

Только одно приведенное перечисление факторов свидетельствует о сложности и многообразии процессов, происходящих при воздействии электрического тока на

человека, а исход поражения обуславливается комплексом физических и биологических явлений, взаимосвязанных и взаимообусловленных.

---

## А. Виды электротравм

---

Большинство специалистов и исследователей в области электробезопасности указывают на следующие действия, которые производит электрический ток, проходя через организм человека:

- **термическое действие** – проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высоких температур внутренних тканей человека, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства;
- **электролитическое действие** – проявляется в разложении органической жидкости, в том числе и крови, что вызывает значительные нарушения их физико-химического состава;
- **механическое действие** – приводит к разрыву тканей и переломам костей;
- **биологическое действие** - проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей в организме, а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, присущих нормально действующему организму; с биологической точки зрения исход поражения человека электрическим током может быть следствием тех физиологических реакций, которыми ткани отвечают на протекание через них электрического тока.

В физиологическом смысле действие электрического тока является **экзогенным**, то есть обусловленным факторами внешней среды. Реакции, происходящие при возникновении электрической цепи через тело человека, бывают различными, начиная от легкого раздражения и локальной судороги, кончая летальным исходом. Подобно любому другому физическому раздражителю электрический ток действует не только местно, повреждая ткани, но и рефлекторно (действия, вызванные реакцией нервной системы в ответ на раздражение электрическим током).

Все многообразие действий электрического тока на организм человека приводит к различным электротравмам.

**Электротравма** – травма (резкое, внезапное изменение здоровья человека), вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги.

**Электротравма** (по В. Манойлову) – нарушение анатомических соотношений и функций тканей и органов, сопровождающееся местной и общей реакцией организма и вызванное ненормальным состоянием электрооборудования или электрических сетей.

Условно все электротравмы можно свести к следующим видам:

- **местные электротравмы** – ярковыраженные местные нарушения целостности тканей, местные повреждения организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги;
- **общие электротравмы (электрические удары)** – травмы, связанные с поражением всего организма из-за нарушения нормальной деятельности жизненно важных органов и систем человека.
- **смешанные электротравмы.**

Приблизительное распределение по видам электротравм (по П. Долину) в процентах от всех несчастных случаев, связанных с электротравмами в промышленности:

- местные электротравмы - 20%;
- электрические удары - 25%;
- смешанные электротравмы – 55%.

---

## **В. Оказание первой доврачебной помощи человеку, пораженному электрическим током**

---

Первая помощь пострадавшему от электрического тока оказывается в два этапа: освобождение пострадавшего от действия тока и оказание ему первой доврачебной медицинской помощи.

**Освобождение пострадавшего от действия тока.** Если человек, пораженный током, соприкасается с токоведущими частями, необходимо быстро освободить его от действия тока, принимая одновременно меры предосторожности, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущими частями или с телом пострадавшего, а также под напряжением шага.

Лучше всего отключить установку, а если это невозможно, надо (в установках до 1000 В) перерубить провода топором с деревянной рукояткой либо перекусить их инструментом с изолированными рукоятками. Для отключения линии можно вызвать ее короткое замыкание, набросив голый провод.

Пострадавшего можно оттянуть от токоведущей части, взявшись за его одежду, если она сухая и отстает от тела. При этом нельзя касаться тела пострадавшего, его обуви, сырой одежды и т.п.

При необходимости прикоснуться к телу пострадавшего оказывающий помощь должен изолировать свои руки, надев диэлектрические перчатки. При отсутствии диэлектрических перчаток надо обмотать руки шарфом, надеть на руки шапку и т.п.

Вместо изоляции рук можно изолировать себя от земли, надев на ноги резиновые галоши, либо встав на резиновый коврик, доску и т.п.



Если пострадавший очень сильно сжимает руками провода, надо надеть диэлектрические перчатки и разжать его руки, отгибая каждый палец в отдельности.

Если пострадавший находится на высоте, отключение установки может вызвать его падение. В этом случае необходимо принять меры, обеспечивающие безопасность при возможном падении пострадавшего.

**Определение состояния пострадавшего.** Для определения состояния пострадавшего необходимо уложить его на спину и проверить наличие сознания; при отсутствии сознания проверить наличие дыхания и пульса. Наличие дыхания у пострадавшего определяется на глаз по подъему и опусканию грудной клетки. Проверка пульса осуществляется на лучевой артерии примерно у основания большого пальца руки. Если на лучевой артерии пульс не обнаруживается, следует проверить его на сонной артерии на шее с правой и левой сторон выступа щитовидного хряща - адамова яблока. Об отсутствии кровообращения в организме можно судить так же и по состоянию глазного зрачка, который расширяется через минуту после остановки сердца. Проверка состояния пострадавшего должна производиться быстро в течение не более 15-20 секунд.

**Оказание первой доврачебной медицинской помощи.** Первая доврачебная медицинская помощь пострадавшему оказывается немедленно, после освобождения его от действия тока, здесь же, на месте происшествия.

**Если пострадавший в сознании**, но до этого продолжительное время находился под током (I степень электрического удара), то необходимо уложить его на подстилку, немедленно вызвать врача, а до его прибытия обеспечить полный покой, ведя непрерывный контроль дыхания и пульса. Если вызвать врача быстро невозможно, надо срочно доставить его в лечебное учреждение, так как отрицательное воздействие электрического тока может проявиться не сразу, а спустя минуты, часы и даже дни.

**Если пострадавший в бессознательном состоянии**, но с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом (II степень электрического удара), надо его уложить на подстилку, расстегнуть одежду, обеспечить приток свежего воздуха, поднести к носу смоченную в нашатырном спирте вату, обрызгать лицо холодной водой, растереть и согреть тело. Немедленно вызвать врача.

**Если пострадавший без сознания, плохо дышит** - редко, судорожно, с всхлипыванием, неритмично, а сердце нормально работает (III степень электрического удара), необходимо делать искусственное дыхание.

**При отсутствии признаков жизни** - дыхания и пульса (болевые раздражения не вызывают никакой реакции), когда наступило состояние клинической смерти (IV степень электрического удара), надо немедленно приступить к оживлению, т.е. к искусственному дыханию и закрытому массажу сердца. **СЛЕДУЕТ ПОМНИТЬ!** Никогда не отказывать в помощи пострадавшему, у которого остановилось дыхание и сердцебиение. Констатировать смерть имеет право только врач.

**Искусственное дыхание.** Назначение - обеспечить насыщение крови пострадавшего кислородом, удаление из нее углекислого газа, восстановление самостоятельного

дыхания за счет механического раздражения нервных окончаний легких поступающим воздухом.

**Способы искусственного дыхания** - аппаратные и ручные. Ручные способы можно применять немедленно по возникновении нарушений дыхания, в тоже время они значительно менее эффективны и более трудоемки, чем аппаратные.

Можно делать искусственное дыхание способами "изо рта в рот" или "изо рта в нос", при этом оказывающий помощь вдвухает воздух из своих легких в легкие пострадавшего через его рот или нос. Способ "изо рта в рот" может быть применен при многих несчастных случаях - при удушении, отравлении, принятии слишком больших доз лекарств, травмах головы, при несчастном случае на воде. Способ "изо рта в рот" эффективнее других ручных способов:

- а) достаточно большой объем вдвухаемого в легкие воздуха (1000 - 1500 мл);
- б) простой контроль за поступлением воздуха в легкие пострадавшего (по расширению грудной клетки и ее опусканию).

Недостаток этого способа - в возможности взаимного заражения и чувства брезгливости у оказывающих помощь, поэтому вдвухание осуществляется через носовой платок, марлю или через специальную трубку.

### ***Подготовка пострадавшего к искусственному дыханию***

1. Уложить на спину, на ровную горизонтальную поверхность.
2. Освободить от стесняющей дыхание одежды
  - расстегнуть ворот, ремень, развязать галстук и т.п.
3. Максимально запрокинуть голову пострадавшего, для чего положить одну свою руку ему под шею, а другую
  - на лоб, нажать на лоб, придерживая шею, при этом откроется рот и язык освободит гортань (рис. 1.1, 1.2).
4. Быстро очистить рот от слизи, крови, инородных тел, удалить их пальцем, обернутым носовым платком или марлей, вынуть съемные зубные протезы.

### ***Выполнение искусственного дыхания***

По окончании подготовительных операций зажмите ноздри пострадавшего щекой или пальцами, сделайте 2-3 глубоких вдоха. Глубоко вдохните и, охватив губами его рот, сделайте с силой вдвухание (рис. 1.3, 1.4). Если открыть рот пострадавшему не удалось, можно проводить дыхание "изо рта в нос", т.е. вдвухать ему воздух через нос, закрывая рот пострадавшего.

**Контроль** за поступлением воздуха осуществляется на глаз по расширению грудной клетки при каждом вдвухании, и ее опускании. При появлении у пострадавшего слабых вдохов следует искусственное дыхание по времени совместить с его дыханием.

Искусственное дыхание необходимо проводить до начала оказания помощи врачом или до восстановления глубокого ритмичного дыхания.

**Закрытый (непрямой) массаж сердца.** Назначение - искусственное поддержание кровообращения в организме пострадавшего и восстановление нормальных естественных сокращений сердца. Кровообращение доставляет кислород по всем органам и тканям организма. Следовательно, одновременно с массажем сердца должно производиться искусственное дыхание.



Рис. 1.1. Положение головы пострадавшего перед проведением искусственного дыхания

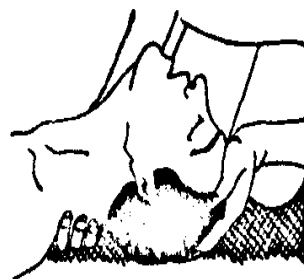


Рис. 1.2. Доступ воздуха открыт

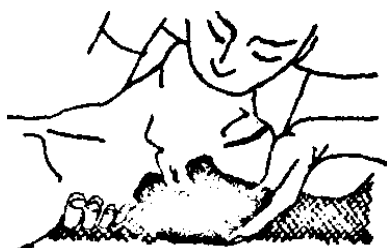


Рис. 1.3. Искусственное дыхание "изо рта в рот" - ноздри зажаты щекой



Рис. 1.4. Искусственное дыхание "изо рта в рот" - ноздри зажаты пальцами



Рис. 1.5. Определение места на грудной для приложения ладони



Рис. 1.6. Правильное расположение рук при проведении наружного массажа сердца

**Подготовка к массажу сердца** является одновременно и подготовкой к искусственному дыханию, так как она производится совместно. Ноги пострадавшего рекомендуется приподнять на 0,5 м для эффективности массажа.

**При выполнении массажа сердца** встаньте сбоку, займите такое положение, при котором возможен более или менее значительный наклон над ним. Нажатие производится на нижнюю треть грудины. Грудина - это кость передней части скелета, соединяющая ребра. Наложите на нее ладонь одной руки, а ладонь другой - на тыльную поверхность первой. Надавливание на грудину следует проводить основанием ладони, а не всей ладонью, высоко приподняв пальцы рук, чтобы они не касались грудной клетки пострадавшего. Надавливать быстрым толчком изо всех сил, чтобы сместить нижнюю часть грудины вниз (рис.1.5, 1.6); надавливание на грудину производите с частотой один раз в секунду, чтобы создать достаточный кровоток.

С большой осторожностью следует делать массаж людям пожилого возраста из-за опасности перелома ребер и грудины. Помните, что массаж сердца и искусственное дыхание производятся попеременно.

**Контроль за правильностью закрытого массажа сердца** осуществляется по прощупыванию пульса на сонной артерии пострадавшего, а также по сужению зрачков, появлению у пострадавшего самостоятельного дыхания, уменьшению синюшности кожи и видимых слизистых оболочек.

Длительное отсутствие пульса при появлении других признаков оживления служит признаком фибрилляции сердца. В этом случае необходимо продолжать оказание помощи до прибытия врача для доставки в лечебное учреждение. О восстановлении работы сердца судят по появлению у пострадавшего собственного регулярного пульса.

### **Последовательность срочных мер по оказанию доврачебной помощи пострадавшему.**

1. Подготовить пострадавшего к искусственному дыханию (см. выше).
2. Сделать первые

12 вдуваний как можно быстрее, делая три глубоких вдоха перед каждым вдуванием (1 вдувание за 5 секунд). Проверить наличие пульса.

3. Если появился пульс и слабые вдохи, продолжить вдувания в такт дыханию пострадавшего, осуществляя контроль за дыханием и пульсом.
4. Если пульс не появился, немедленно начать сердечно-легочную реанимацию. Если человек оказывает помощь

один, то он должен делать на 2 быстрых вдувания 15 надавливаний на грудину. Если помощь оказывают двое - 1 вдувание и 5 надавливаний поочередно, осуществляя контроль за реакцией пострадавшего.

Реанимацию нельзя прекращать до появления пульса и самостоятельного дыхания или до начала оказания помощи врачом "Скорой".

---

## С. Электрическое сопротивление тела человека

---

**Тело человека является проводником электрического тока.** Проводимость живой ткани в отличие от обычных проводников обусловлена не только ее физическими свойствами, но и сложнейшими биохимическими и биофизическими процессами, присущими лишь живой материи. В результате сопротивление тела человека является переменной величиной, имеющей нелинейную зависимость от множества факторов, в том числе от состояния кожи, параметров электрической цепи, физиологических факторов и состояния окружающей среды.

Электрическое сопротивление различных тканей тела человека неодинаково: кожа, кости, жировая ткань, сухожилия и хрящи имеют относительно большое сопротивление, а мышечная ткань, кровь, лимфа и особенно спинной и головной мозг — малое сопротивление. Например, удельное объемное сопротивление сухой кожи составляет  $3 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$  Ом\*м, а крови  $1 - 2$  Ом \* м при частоте тока 50 Гц.

Из этих данных следует, что кожа обладает очень большим удельным сопротивлением, которое является главным фактором, определяющим сопротивление тела человека в целом. Строение кожи весьма сложно. Кожа состоит из двух основных слоев: наружного, называемого **эпидермисом**, и внутреннего, являющегося собственно кожей и носящего название **дермы**.

**Сопротивление тела человека** можно условно считать состоящим из трех последовательно включенных сопротивлений: двух одинаковых сопротивлений наружного слоя кожи, т. е. эпидермиса,  $2z_n$  (которые в совокупности составляют так называемое наружное сопротивление тела человека) и одного, называемого внутренним сопротивлением тела  $R_v$  (которое включает в себя сопротивление внутренних слоев кожи и сопротивление внутренних тканей тела) (рис. 1.8).

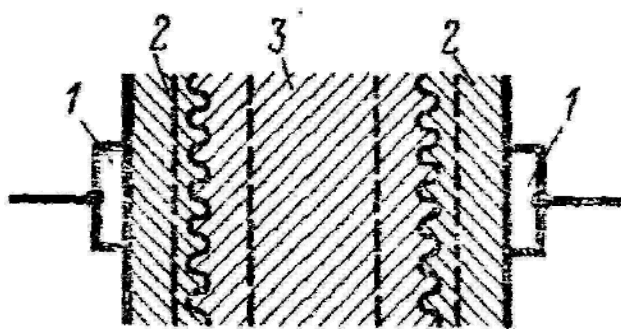


Рис. 1.8. К определению сопротивления тела человека

1 – электроды; 2 – наружный слой кожи – эпидермис (роговой и ростковый слой); 3 – внутренние ткани тела (включая внутренний слой кожи – дерму)

**Сопротивление наружного слоя кожи**  $z_n$  состоит из активного и емкостного сопротивлений, включенных параллельно. Полное сопротивление наружного слоя кожи

$z_h$  зависит от площади электродов, частоты тока, а также от значения приложенного напряжения и при площади электродов в несколько квадратных сантиметров может достигать весьма больших значений (десятков и сотен тысяч Ом).

**Внутреннее сопротивление тела** считается чисто активным, хотя, строго говоря, оно также обладает емкостной составляющей. Внутреннее сопротивление  $R_b$  практически не зависит от площади электродов, частоты тока, а также от значения приложенного напряжения и равно примерно 500 – 700 Ом.

**Эквивалентная схема сопротивления тела человека** для рассмотренных условий показана на рис. 1.9.

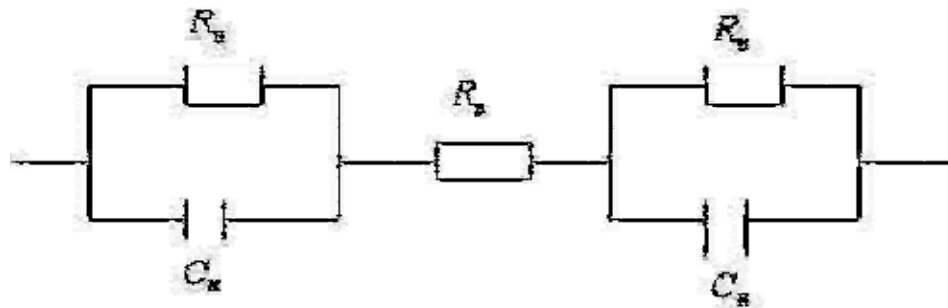


Рис. 1.9. Эквивалентная схема замещения сопротивления тела человека

На основании этой схемы выражение для определения полного сопротивления тела человека в комплексной форме  $Z_h$ , Ом, имеет вид

$$Z_h = 2Z_n + R_b = \frac{2}{\frac{1}{R_n} + j\omega C_n} + R_b$$

или после соответствующих преобразований – в действительной форме  $z_h$ , Ом

$$z_h = \sqrt{\frac{4R_n(R_n + R_b)}{1 + \omega^2 R_n^2 C_n^2}} + R_b^2, \quad (1.1)$$

где  $Z_n$  – сопротивление наружного слоя кожи в комплексной форме, Ом;  $\omega = 2\pi f$  – угловая скорость, рад/с;  $f$  – частота тока, Гц.

Эту схему можно упростить, представив сопротивление тела человека как параллельное соединение сопротивления  $R_h$  и емкости  $C_h$  которые назовем соответственно активным сопротивлением и емкостью тела человека (рис. 1.10). При этом

$$R_h = 2R_n + R_b, \text{ и } C_h = 0,5 C_n.$$

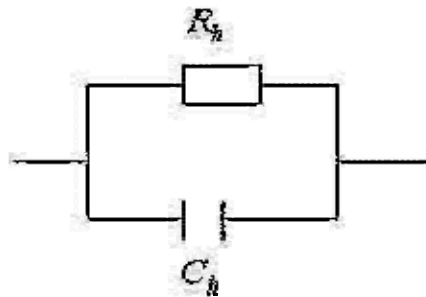


Рис. 1.10. Упрощенная схема замещения сопротивления тела человека

В этом случае выражение полного сопротивления тела человека в действительной форме будет, Ом,

$$z_h = \frac{R_h}{\sqrt{1 + \omega^2 R_h^2 C_h^2}} \quad (1.2)$$

При малой емкости (когда ее можно принять равной нулю) полное сопротивление тела человека оказывается равным сумме активных сопротивлений обоих слоев эпидермиса и внутреннего сопротивления тела, Ом, т. е.

$$z_h = 2R_{\text{эп}} + R_{\text{вн}} = R_h.$$

В целом, значение полного сопротивления тела человека зависит от ряда факторов:

- *состояния кожи;*
- *от параметров электрической цепи – места приложения электродов к телу человека, значений тока и приложенного напряжения, рода и частоты тока, площади электродов, длительности прохождения тока;*
- *физиологических факторов и окружающей среды.*

Расчетное электрическое сопротивление тела человека переменному току частотой 50 Гц при анализе опасности поражения человека током принимается равным 1000 ом.

---

## D. Факторы, влияющие на исход поражения человека электрическим током

---

Исход поражения человека электрическим током и тяжесть электротравмы зависят от многих факторов (рис.1.14).

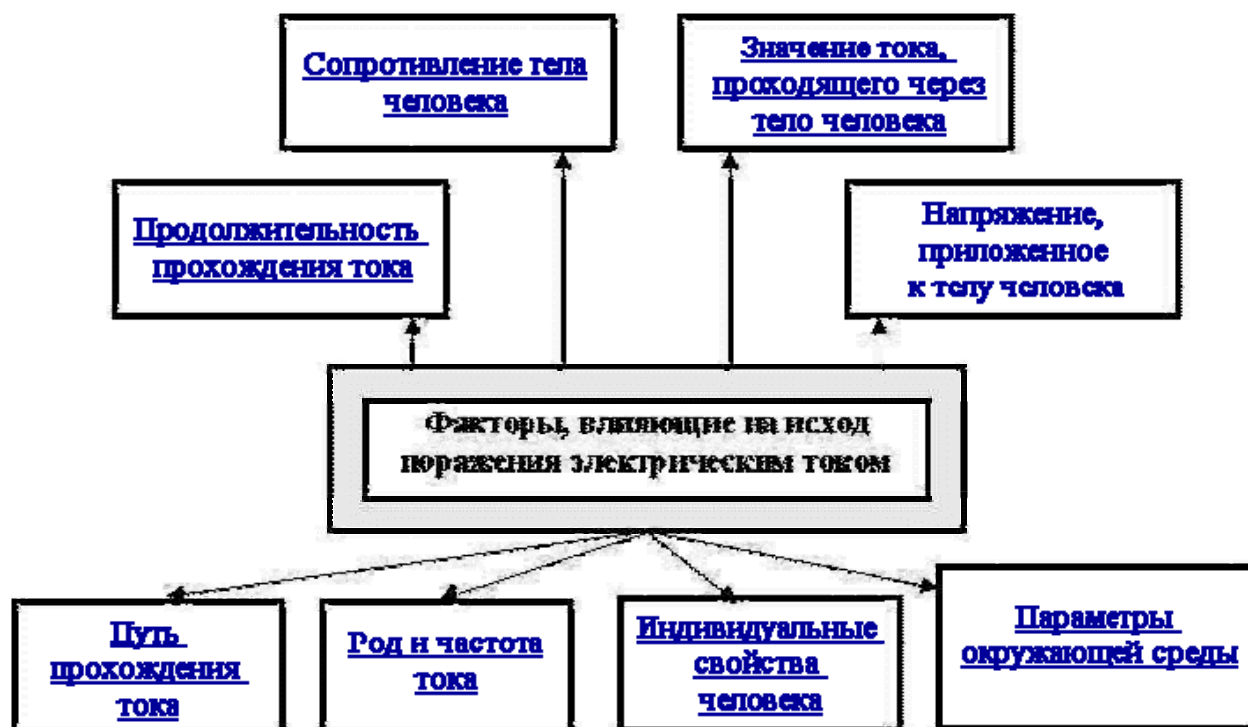


Рис.1.14. Факторы, влияющие на исход поражения током

**Критерии опасности поражения человека электрическим током.** Защитные меры от поражения электрическим током должны создаваться с учетом допустимых для человека значений тока при данной длительности и пути его прохождения через тело, а также с учетом параметров окружающей среды и окружающей обстановки.

Условия поражения человека электрическим током возникают при включении его в электрическую цепь электроустановки или при попадании в зону действия электрической дуги.

Правильно оценить опасность поражения электрическим током позволяют *предельно-допустимые значения напряжения прикосновения и тока*, протекающего через тело человека, в нормальном и аварийном режимах производственных и бытовых электроустановок напряжением до и выше 1 кВ в зависимости от продолжительности воздействия тока [6].

Предельно-допустимые значения напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от рук к ногам.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Допустимые напряжение прикосновения  $U_h$  и ток  $I_h$ , протекающий через тело человека при нормальном режиме работы электроустановки



Род и частота тока	$U_h$ , В не более	$I_{h,h}$ , мА не более
Переменный 50 Гц	2,0	0,3
Переменный 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Примечание:

1. Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействия не более 10 мин. в сутки и установлены исходя из реакции ощущения.

2. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температуры (выше 25°С) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в 3 раза.

Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных и бытовых электроустановок напряжением до 1 кВ не должны превышать значений, указанных соответственно в таблицах 1.4 и 1.5.

Таблица 1.4

Предельно допустимые напряжение прикосновения  $U_h$  и ток  $I_h$ , протекающий через тело человека, при аварийном режиме работы производственных электроустановок напряжением до 1 кВ

Род и частота тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения $U_h, I_h$											
		при продолжительности воздействия не более $t, c$											
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	>1,0
Переменный 50 Гц	$U_h, В$	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	$I_h, мА$	550	400	190	160	140	125	105	90	75	55	50	6
Переменный 400 Гц	$U_h, В$	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100	36
	$I_h, мА$	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100	8
Постоянный	$U_h, В$	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	$I_h, мА$	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	15
Выпрямленный двухполупериодный	$U_{hamпл}, В$	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	-
	$I_{hamпл}, мА$	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	-
Выпрямленный однополупериодный	$U_{hamпл}, В$	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	-
	$I_{hamпл}, мА$	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	-

Примечание: предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, при продолжительности воздействия более 1 с, приведенные в таблице 1.2, соответствуют отпускающим (переменным) и неболевым (постоянным) токам.

Примечание: предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, при продолжительности воздействия более 1 с, приведенные в таблице 1.2, соответствуют отпускающим (переменным) и неболевым (постоянным) токам.

Таблица 1.5

Предельно допустимые значения  $U_h$  и  $I_h$ , при аварийном режиме работы бытовых электроустановок

Продолжительность воздействия $t$ , с	Нормируемая величина		Продолжительность воздействия $t$ , с	Нормируемая величина	
	$U_h$ , В	$I_h$ , мА		$U_h$ , В	$I_h$ , мА
0,01-0,08	220	220	0,6	40	40
0,1	200	220	0,7	35	35
0,2	100	100	0,8	30	30
0,3	70	70	0,9	27	27
0,4	55	55	1,0	25	25
0,5	50	50	свыше 1,0	12	2

Значения напряжений прикосновения и токов установлены для людей с массой от 15 кг.

---

## II. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

### 2. Явления при стекании электрического тока в землю

---

Опасность поражения человека электрическим током во многом определяется явлениями, возникающими при стекании электрического тока в землю.

Стекание тока в землю происходит только через проводник, находящийся с нею в непосредственном контакте. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным. В последнем случае *проводник или группа соединенных между собой проводников, находящихся в контакте с землей, называется заземлителем.*

Причинами стекания тока в землю является: замыкание токоведущей части на заземленный корпус электрооборудования; падения провода на землю; использование земли в качестве провода и т.д. Во всех этих случаях происходит резкое снижение потенциала заземлившейся части электрооборудования  $\varphi_z$ , В до значения, равного произведению тока, стекающего в землю,  $I_z$ , А, на сопротивление, которое этот ток встречает на своем пути, т. е. сопротивление заземлителя растеканию тока  $R_z$ , Ом:

$$\varphi_z = I_z R_z.$$

*Стекание тока в землю сопровождается возникновением не только на заземлителе, но и в земле вокруг заземлителя, а следовательно, и на поверхности земли некоторых потенциалов.*

Нам необходимо знать, от чего зависят значения этих потенциалов, как изменяются они при изменениях расстояния до заземлителя, т. е. знать *уравнение потенциальной кривой.*

*Для упрощения анализа будем считать, что земля во всем своем объеме однородна, т.е. в любой точке обладает одинаковым удельным объемным сопротивлением  $\rho$ , Ом\*м.*

---

#### А. Стекание тока в землю через одиночные заземлители

---

*Одиночный проводник, находящийся в контакте с землей, называется одиночным заземлителем.* Одиночные заземлители различаются формой, размерами и способами осуществления контакта с землей.

Распределение потенциалов на поверхности земли (потенциальная кривая) имеет свои особенности для:

- шарового заземлителя, находящегося в земле на большой глубине;

- шарового заземлителя вблизи поверхности земли;
- полушарового заземлителя;
- стержневого заземлителя;
- дискового заземлителя.

**Потенциальная кривая заземлителя любой формы** на относительно большом от него расстоянии (по сравнению с размерами заземлителя) приближается к потенциальной кривой полушарового заземлителя и описывается уравнением, В ( $x$  – расстояние от заземлителя, м):

$$\phi = \frac{I_z \rho}{2\pi x}.$$

Важно отметить также и то, что *потенциал земли на расстоянии свыше 20 м от заземлителя любой формы, как и в случае полушарового заземлителя, при небольших токах, стекающих с заземлителя, можно считать практически равным нулю.*

---

## В. Стеkanie тока в землю через групповые заземлители

---

По условиям безопасности обслуживающего персонала заземление должно обладать сравнительно малым сопротивлением, обеспечить которое можно путем увеличения геометрических размеров одиночного заземлителя (электрода) или применения нескольких параллельно соединенных электродов, именуемых **групповым заземлителем**.

Используя групповой заземлитель, можно выровнять потенциал на территории, где размещаются заземляющие электроды, что в ряде случаев играет решающую роль в обеспечении безопасности обслуживающего персонала.

Распределение потенциала на поверхности земли при использовании группового заземлителя и значение потенциала самого группового заземлителя (электродов) зависит от количества используемых электродов, их формы и размеров, а также от расстояния между электродами:

- Распределение потенциала на поверхности земли при бесконечно больших расстояниях между электродами;
- Распределение потенциала на поверхности земли при малых расстояниях между электродами;
- Потенциальная кривая простейшего группового заземлителя;
- Потенциал группового заземлителя.

---

## С. Сопротивление растеканию тока одиночного и группового заземлителей

---

**Сопротивление заземлителя растеканию тока.** Ток, проходящий через заземлитель в землю, преодолевает сопротивление, называемое сопротивлением заземлителя растеканию тока или просто сопротивлением растекания.

Оно имеет три слагаемых:

- сопротивление самого заземлителя;
- переходное сопротивление между заземлителем и грунтом (т. е. контактное сопротивление между поверхностью заземлителя и прилегающими к ней частицами земли);
- сопротивление грунта.

Два первых слагаемых по сравнению с третьим малы, поэтому *под сопротивлением заземлителя растеканию тока понимают сопротивление грунта растеканию тока.*

Поскольку плотность тока в земле на расстоянии больше 20 м от заземлителя практически равна нулю, можно считать, что сопротивление стекающему току оказывает лишь соответствующий объем земли; для одиночного заземлителя это – полусфера радиусом 20 м. Однако при разных формах и размерах заземлителя сопротивление этого объема земли различно.

Поэтому выражения для вычисления **сопротивлений растеканию тока одиночных заземлителей** различной формы имеют свои особенности:

- Сопротивление растеканию тока одиночного шарового заземлителя;
- Сопротивление растеканию тока полушарового заземлителя;
- Сопротивление растеканию тока одиночных заземлителей других типов.

До сих пор, рассматривая явления стекания тока в землю, мы считали, что *земля во всем своем объеме однородна*, т. е. в любой точке обладает одинаковым удельным сопротивлением  $\rho$ , Ом\*м.. В действительности *земля имеет слоистое строение* и реально необходимо определять сопротивления заземлителей растеканию тока в многослойных грунтах.

**Сопротивление группового заземлителя растеканию тока** зависит от количества электродов, входящих в состав группового, их собственных сопротивлений растеканию тока и расстояния между электродами:

- Сопротивление группового заземлителя растеканию тока при расстоянии между электродами более 40 м;
- Сопротивление группового заземлителя растеканию тока при расстоянии между электродами менее 40 м;
- Коэффициент использования группового заземлителя.

---

## **Д. Напряжение прикосновения и шага**

---

При работе в действующих электроустановках всегда существует определенная вероятность попадания человека под действие электрического тока. Эта вероятность может быть меньше или больше в зависимости от разных факторов. Но в любом случае при оценке действия тока на человека определяются значения:

- напряжения прикосновения;
- напряжения шага.

### Напряжение прикосновения

Согласно нормативным документам **напряжение прикосновения** – это напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного.

Другими словами *напряжением прикосновения (для человека)  $U_{\text{пр}}$  называется напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек*, или падение напряжения в сопротивлении тела человека, В:

$$U_{\text{пр}} = I_h R_h, \quad (2.35)$$

где  $I_h$  — ток, проходящий через человека по пути "рука - ноги", А;  $R_h$  — сопротивление тела человека, Ом.

В области защитных заземлений, занулений и т. п. одна из этих точек имеет потенциал заземлителя  $\varphi_z$ , а другая — потенциал основания в том месте, где стоит человек,  $\varphi_{\text{осн}}$ . При этом напряжение прикосновения:

$$U_{\text{пр}} = \varphi_z - \varphi_{\text{осн}}. \quad (2.36)$$

Если принять во внимание характер изменения потенциала по поверхности грунта и пренебречь сопротивлением растеканию тока основания, то  $U_{\text{пр}} = \varphi_z \alpha_1$ ,

где  $\alpha_1$  — коэффициент, называемый коэффициентом напряжения прикосновения или просто коэффициентом прикосновения, учитывающим форму потенциальной кривой:

$$\alpha_1 = \left(1 - \frac{\varphi_{\text{осн}}}{\varphi_z}\right) \leq 1. \quad (2.37)$$

Поскольку напряжение прикосновения зависит от значения потенциала заземлителя и от характера его потенциальной кривой, опасность для человека будет различной при использовании различных типов одиночных заземлителей и групповых заземлителей:

- Напряжение прикосновения при одиночном заземлителе;
- Напряжение прикосновения при групповом заземлителе.

**Напряжение прикосновения с учетом падения напряжения в сопротивлении основания, на котором стоит человек.** Ток, стекающий в землю через человека, стоящего на земле, полу или другом основании, преодолевает сопротивление не только тела человека, но и этого основания, вернее, тех его участков, с которыми имеют контакт подошвы ног человека (сопротивление обуви в данном случае во внимание не принимается).

Сопротивление основания, на котором стоит человек, правильнее называть (аналогично сопротивлению заземлителя) сопротивлением растеканию тока основания ног; нередко это сопротивление именуют также сопротивлением растеканию тока основания или сопротивлением растеканию тока ног человека.

Все положения, рассмотренные выше, справедливы для случаев, когда сопротивление растеканию основания, на котором стоит человек, равно нулю. В действительных условиях это сопротивление не равно нулю и в ряде случаев бывает довольно велико.

Следовательно, разность потенциалов  $(\varphi_3 - \varphi_{\text{осн}}) = \varphi_3 \alpha_1$ , В, оказывается приложенной не только к сопротивлению тела человека  $R_h$ , Ом, но и к последовательно соединенному с ним сопротивлению основания  $R_{\text{осн}}$ , Ом, на котором стоит человек (рис. 2.14):  $\varphi_3 \alpha_1 = I_h (R_h + R_{\text{осн}})$ .

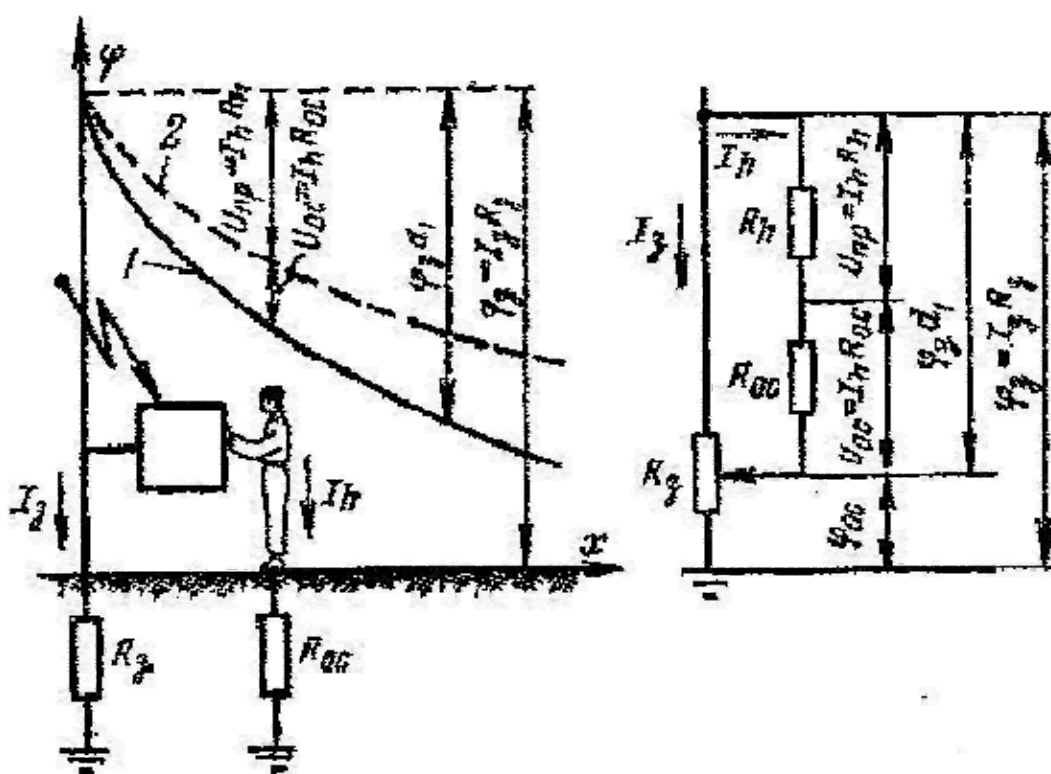


Рис. 2.14. К определению напряжения прикосновения с учетом падения напряжения в сопротивлении растеканию тока основания, на котором стоит человек:

1 — потенциальная кривая;

2 — кривая, характеризующая изменение  $U_{\text{пр}}$  с изменением расстояния от заземлителя



Заменив в этом выражении ток  $I_h$ , А, проходящий через человека, его значением из (2.35), получим:

$$\varphi_3 \alpha_1 = \frac{U_{\text{тп}}}{R_h} (R_h + R_{\text{осн}}),$$

откуда напряжение прикосновения с учетом падения напряжения в сопротивлении растеканию основания, В:

$$U_{\text{тп}} = \varphi_3 \alpha_1 \frac{R_h}{R_h + R_{\text{осн}}}$$

или

$$U_{\text{тп}} = \varphi_3 \alpha_1 \alpha_2,$$

где  $\alpha_2$  — коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором стоит человек:

$$\alpha_2 = \frac{R_h}{R_h + R_{\text{осн}}}. \quad (2.41)$$

### Напряжение шага

*Напряжением шага называется напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, принимаемым равным 1 м, на которых одновременно стоит человек, или, иначе говоря, падение напряжения в сопротивлении тела человека, В:*

$$U_{\text{ш}} = I_h R_h, \quad (2.42)$$

где  $I_h$  — ток, проходящий через человека по пути нога — нога, А;  $R_h$  — сопротивление тела человека, Ом.

В области защитных устройств от поражения током — заземления, зануления и др. — интерес представляют в первую очередь напряжения между точками на поверхности земли (или иного основания, на котором стоит человек) в зоне растекания тока с заземлителя. Без учета сопротивления растеканию тока основания напряжением шага будет являться разность потенциалов  $\varphi_x$ , В, и  $\varphi_{x+a}$ , В, двух точек на поверхности земли в зоне растекания тока, которые находятся на расстоянии  $x$  и  $(x + a)$  от заземлителя и на расстоянии шага  $a$  одна от другой и на которых стоит человек (рис. 2.15).

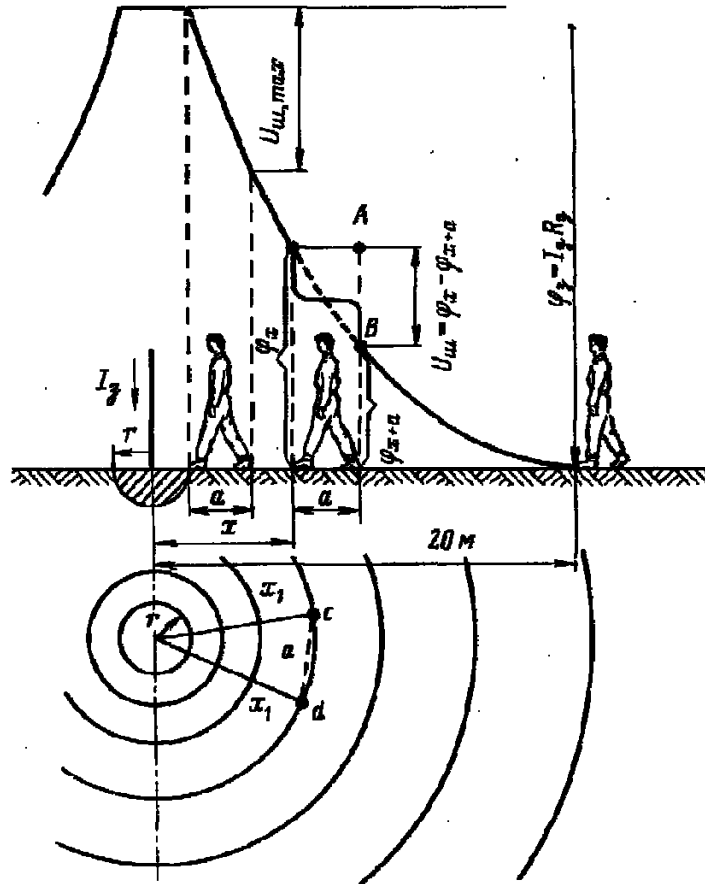


Рис. 2.15. Напряжение шага при одиночном заземлителе

Таким образом, напряжение шага, В, будет:

$$U_{\text{ш}} = \varphi_x - \varphi_{x+a}. \quad (2.43)$$

Поскольку  $\varphi_x$  и  $\varphi_{x+a}$  являются частями потенциала заземлителя  $\varphi_z$ , то разность их также есть часть этого потенциала. Поэтому выражение (2.43) мы вправе записать в виде:

$$U_{\text{ш}} = \varphi_z \beta_1, \quad (2.44)$$

где  $\beta_1$  — коэффициент напряжения шага или просто коэффициент шага, учитывающий форму потенциальной кривой:

$$\beta_1 = \frac{\varphi_x - \varphi_{x+a}}{\varphi_z} < 1. \quad (2.45)$$

Напряжение шага определяется отрезком  $AB$  (рис. 2.15), длина которого зависит от формы потенциальной кривой, т. е. от типа заземлителя, и изменяется от максимального значения до нуля с изменением расстояния от заземлителя:

- напряжение шага при одиночном заземлителе;
- напряжение шага при групповом заземлителе.

## Напряжение шага с учетом падения напряжения в сопротивлении основания, на котором стоит человек.

Как и в случае напряжения прикосновения, разность потенциалов между двумя точками, на которых стоит человек, т. е.

$$U_{\text{ш}} = \varphi_x - \varphi_{x+a} = \varphi_z \beta_1$$

делится между сопротивлением тела человека и последовательно соединенным с ним сопротивлением растеканию основания, на котором он стоит,  $R_{\text{осн}}$ , Ом.

В данном случае сопротивление основания складывается из двух последовательно соединенных сопротивлений растеканию ног человека:  $R_{\text{осн}} = 2 R_{\text{н}}$  (рис. 2.17).

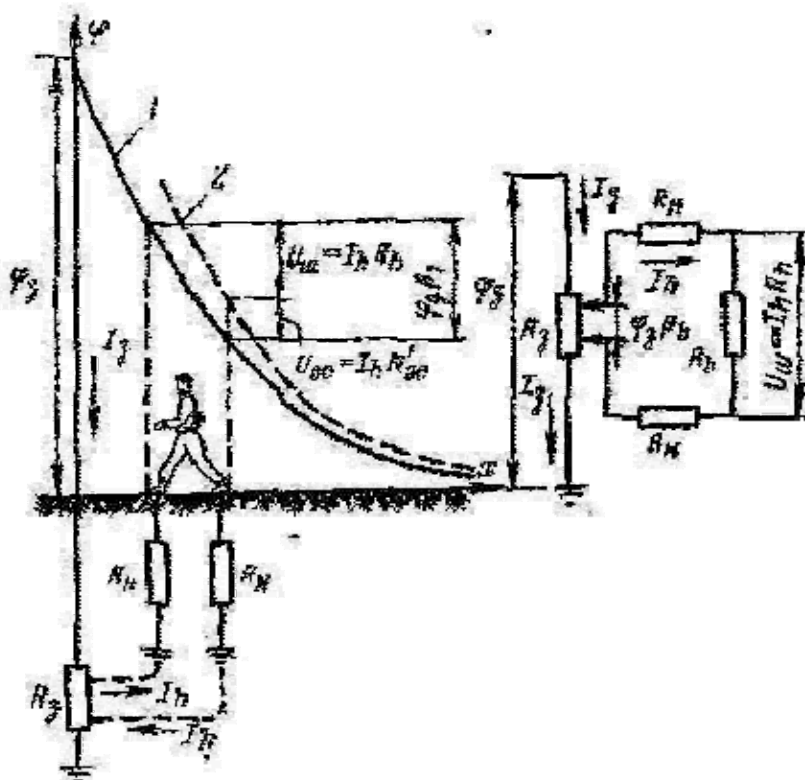


Рис. 2.17. К определению напряжения шага с учетом падения напряжения в сопротивлении растеканию ног человека:

1 — потенциальная кривая; 2 — кривая, характеризующая изменение  $U_{\text{ш}}$  с изменением расстояния от заземлителя

Следовательно,

$$\varphi_z \beta_1 = I_n (R_n + R_{\text{осн}}) = \frac{U_{\text{ш}}}{R_n} (R_n + 2R_n),$$

откуда напряжение шага, В:

$$U_{\text{ш}} = \varphi_2 \beta_1 \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{н}} + 2R_{\text{ш}}} \quad (2.46)$$

или

$$U_{\text{ш}} = \varphi_2 \beta_2, \quad (2.47)$$

где  $\beta_2$  — коэффициент напряжения шага, учитывающий падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором стоит человек:

$$\beta_2 = \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{н}} + 2R_{\text{ш}}}. \quad (2.48)$$

---

## Е. Электрические свойства грунтов

---

### Электрическое сопротивление земли

Земля является плохим проводником электрического тока: проводимость ее в несколько миллиардов раз меньше проводимости металлов. Однако поскольку площадь земли, через которую проходит ток, обычно весьма велика, сопротивление земли оказывается сравнительно небольшим.

Грунт представляет собой дисперсное пористое тело, состоящее из трех частей: твердой, жидкой (связанная вода и свободная вода) и газообразной (рис. 2.18).



Рис. 2.18. Схематичная структура грунта

- 1 — твердая часть; 2 — связанная вода;
- 3 — свободная вода;
- 4 — газообразная часть (воздух, пары воды)

**Электрическое сопротивление грунта** характеризуется его объемным удельным сопротивлением  $\rho$ , т. е. сопротивлением куба грунта с ребром длиной 1 м. *Единицей объемного удельного сопротивления является Ом на метр (Ом х м).*

Значение  $\rho$  земли колеблется в широких пределах: от десятков до тысяч Ом на метр. Оно зависит от многих факторов, в том числе от:

- влажности,
- температуры,
- рода грунта,
- степени его уплотненности,
- от времени года.

**Измерение удельного сопротивления грунта.** При проектировании заземляющего устройства необходимо знать  $\rho$  грунта в том месте, где будет сооружаться заземление. Пользоваться для этой цели данными таблиц нельзя, так как в них приводятся ориентировочные значения  $\rho$ , которые могут отличаться от истинных в десятки и сотни раз.

### **Удельное сопротивление однородной земли**

Удельное сопротивление однородной земли определяется методом разового (или глубокого) зондирования (иначе этот метод называется методом простого пробного электрода) с помощью контрольного зонда в два этапа. Вначале контрольный зонд — стержневой электрод в виде сплошного стержня или трубы диаметром  $d=4\text{--}5$  см с острым наконечником — погружается в землю вертикально до глубины  $l$ , м предполагаемого заложения заземлителей так, чтобы верхний его конец возвышался над землей, и замеряется его сопротивление растеканию  $R_{\text{изм}}$ , Ом.

Затем определяется искомое измеренное удельное сопротивление земли, Ом\*м по формуле для расчета стержневого заземлителя:

$$\rho_{\text{расч}} = R_{\text{изм}} \cdot \psi. \quad (2.49)$$

Для большей точности измерений контрольный зонд погружают в землю не менее чем в трех – четырех местах исследуемой площадки.

**Удельное сопротивление многослойной земли** определяется методом послойного (или ступенчатого) зондирования (иначе методом ступенчатого погружения электрода или методом погружаемого пробного электрода) с помощью контрольного зонда, погружаемого в землю не сразу на всю длину, а в несколько приемов участками (ступенями) длиной  $h_n$ , равной 0,5—1,5 м (рис. 2.23). Каждая такая ступень представляет собой как бы отдельный слой земли, подлежащий измерению.

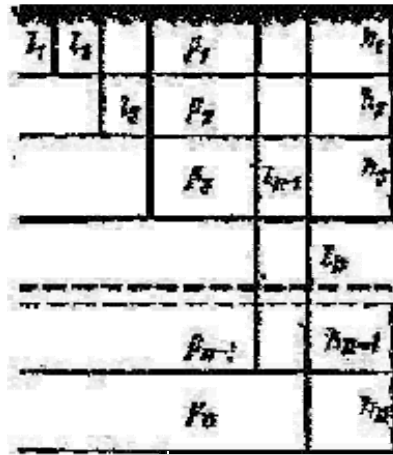


Рис. 2.23. Схема измерений удельного сопротивления земли методом послойно (ступенчатого) зондирования

$l$  — глубина погружения зонда;  $\rho$  — удельное сопротивление данного слоя земли;  $h$  — толщина (мощность) слоя земли

После очередного погружения измеряется сопротивление растеканию зонда  $R_n$ , Ом, при данной глубине его погружения  $l_n$ , м. Затем для каждого значения  $R_n$  по формуле (2.49) вычисляется среднее удельное сопротивление земли, соответствующее данной глубине погружения зонда, Ом\*м,

$$\rho_{\text{ср},n} = R_{\text{ср},n} \cdot \frac{2\pi l_n}{\ln \frac{4l_n}{d}} \quad (2.51)$$

где  $d$  — диаметр зонда, м.

После этого вычисляются значения удельных сопротивлений каждого слоя (ступени) земли по выражению, Ом\*м,

$$\rho_{\text{ср},n} = \frac{h_n}{\frac{1}{\rho_{\text{ср},n}} - \frac{1}{\rho_{\text{ср},n-1}}}} \quad (2.52)$$

Зная климатическую зону местности, в которой производились измерения, и состояние земли во время измерений, находим по табл. 2.5 толщину слоя сезонных изменений  $h_c$  и коэффициент сезонности  $\psi$ , на который умножаем вычисленные по (2.52)  $\rho h$  изм тех слоев грунта, которые находятся в пределах  $h_c$ .

В итоге получаем расчетные значения удельных сопротивлений верхних слоев грунта:

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{ср},n} \cdot \psi \quad (2.53)$$

Все остальные слои (лежащие ниже  $h_c$ ) считаются не подверженными сезонным изменениям, поэтому их расчетные удельные сопротивления принимаются равными измеренным.

**Приведение многослойной земли к двухслойной** производится путем отнесения к верхнему слою тех слоев (ступеней), у которых удельные сопротивления имеют большие значения, а к нижнему слою — малые значения.

При этом удельные сопротивления соответственно верхнего и нижнего слоев двухслойной земли определяются следующими выражениями, Ом\*м:

$$\rho_{1-\text{расч}} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_k}{\frac{h_1}{\rho_1} + \frac{h_2}{\rho_2} + \dots + \frac{h_k}{\rho_k}}; \quad (2.54)$$

$$\rho_{2-\text{расч}} = \frac{h_{k+1} + h_{k+2} + \dots + h_n}{\frac{h_{k+1}}{\rho_{k+1}} + \frac{h_{k+2}}{\rho_{k+2}} + \dots + \frac{h_n}{\rho_n}}; \quad (2.55)$$

Здесь индексы от 1 до  $k$  означают номера измеренных слоев (ступеней), вошедших в верхний, а от  $(k+1)$  до  $n$  — вошедших в нижний слои двухслойной земли.

---

## II. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

### 3. Анализ электробезопасности различных электрических сетей

---

#### Основные термины и определения

Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) определено понятие “Электроустановка”.

*Электроустановкой принято называть совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виде энергии.*

*Все электроустановки по условиям электробезопасности подразделяются на:*

- электроустановки напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью;
- электроустановки напряжением 1кВ с изолированной нейтралью;
- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью (с большими токами замыкания на землю);
- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю).

Приступая к анализу электробезопасности электрических сетей, питающих различные потребители электроэнергии напряжением до 1 кВ, необходимо, прежде всего, рассмотреть их классификацию.

В современной нормативно-технической документации [7 - 11] все электроустановки напряжением до 1кВ рассматриваются как **системы** различных типов. Под **системой** следует понимать **совокупность источника электроэнергии, питающей линии и потребителя электроэнергии.**

Термином “**питающие электрические сети**” обозначается составная часть системы, включающая источник электроэнергии и питающие линии.

**Питающие сети** различаются по типам:

- систем токоведущих проводников;
- систем заземления.

Существуют следующие **типы систем токоведущих проводников** переменного тока:

- однофазные двухпроводные;
- однофазные трехпроводные;



- двухфазные трехпроводные;
- двухфазные пятипроводные;
- трехфазные четырехпроводные;
- трехфазные пятипроводные.

Системы заземления могут быть следующих типов: TN-S, TN-C, TN-C-S, IT, TT.

**Система TN** – система, в которой нейтраль источника электроэнергии глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали (занулены) при помощи нулевых защитных проводников.

В приведенном определении использовался ряд терминов.

**Нейтраль** – общая точка обмоток генераторов или трансформаторов, питающих сеть; напряжения на выходных зажимах источника электроэнергии, измеренные относительно нейтрали, равны.

**Глухозаземленная нейтраль** источника электроэнергии – нейтраль генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока напряжением до 1 кВ, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

**Изолированная нейтраль** – нейтраль генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока напряжением до 1 кВ, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление.

**Проводящие части** – части, которые могут проводить электрический ток.

**Токоведущие части** – проводники или проводящие части, предназначенные для работы под напряжением в нормальном режиме, включая нулевой рабочий проводник.

**Открытые проводящие части** – доступные прикосновению проводящие части электроустановки, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

**Нулевой проводник** – это проводник, соединенный с глухозаземленной нейтралью, предназначенный либо для питания потребителей электроэнергии, либо для присоединения к открытым проводящим частям.

**Нулевой рабочий проводник (N – проводник)** – нулевой проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников.

**Нулевой защитный проводник (PE – проводник)** – нулевой проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для присоединения к открытым проводящим частям с целью обеспечения электробезопасности.

**Классификация и схемы электрических систем с напряжением до 1000 В**

**Система TN-C** – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении (см. рис. 3.1); при этом совмещенный нулевой и рабочий провод обозначается PEN.

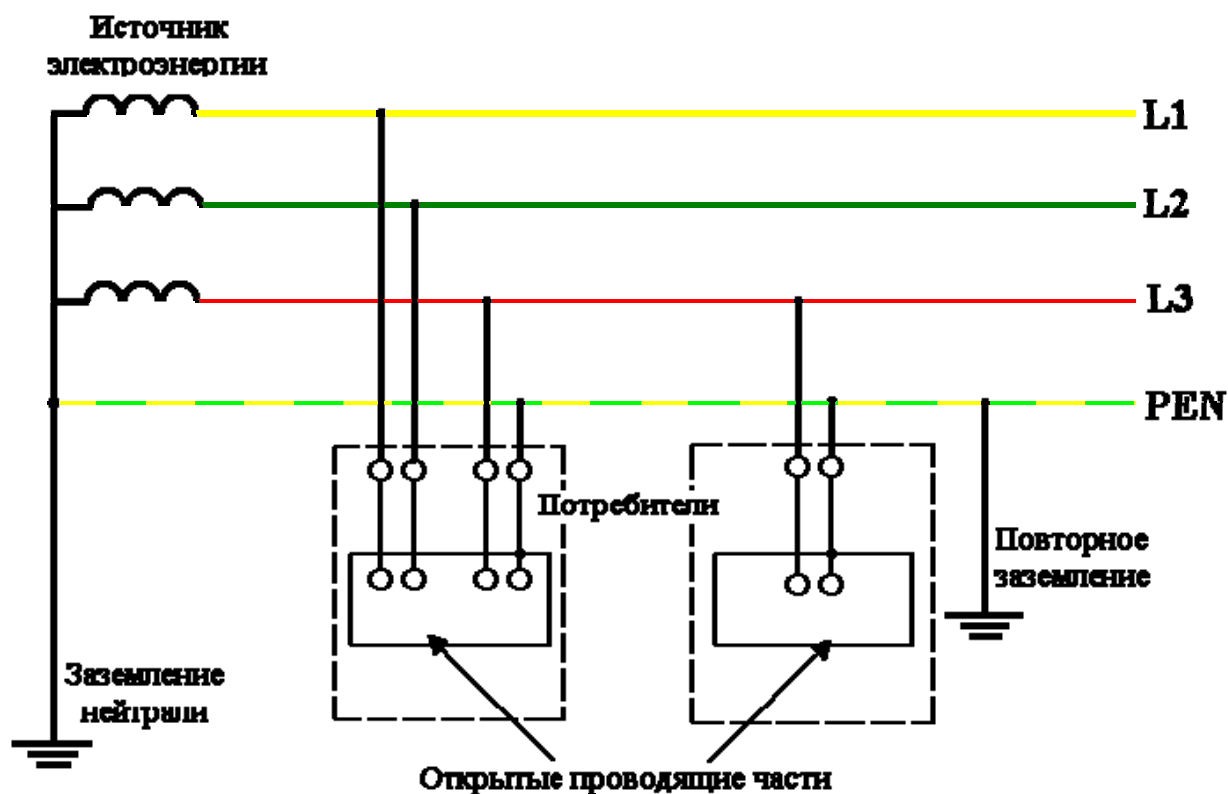


Рис. 3.1. Система TN-C

**Система TN-S** – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении (см. рис.3.2).

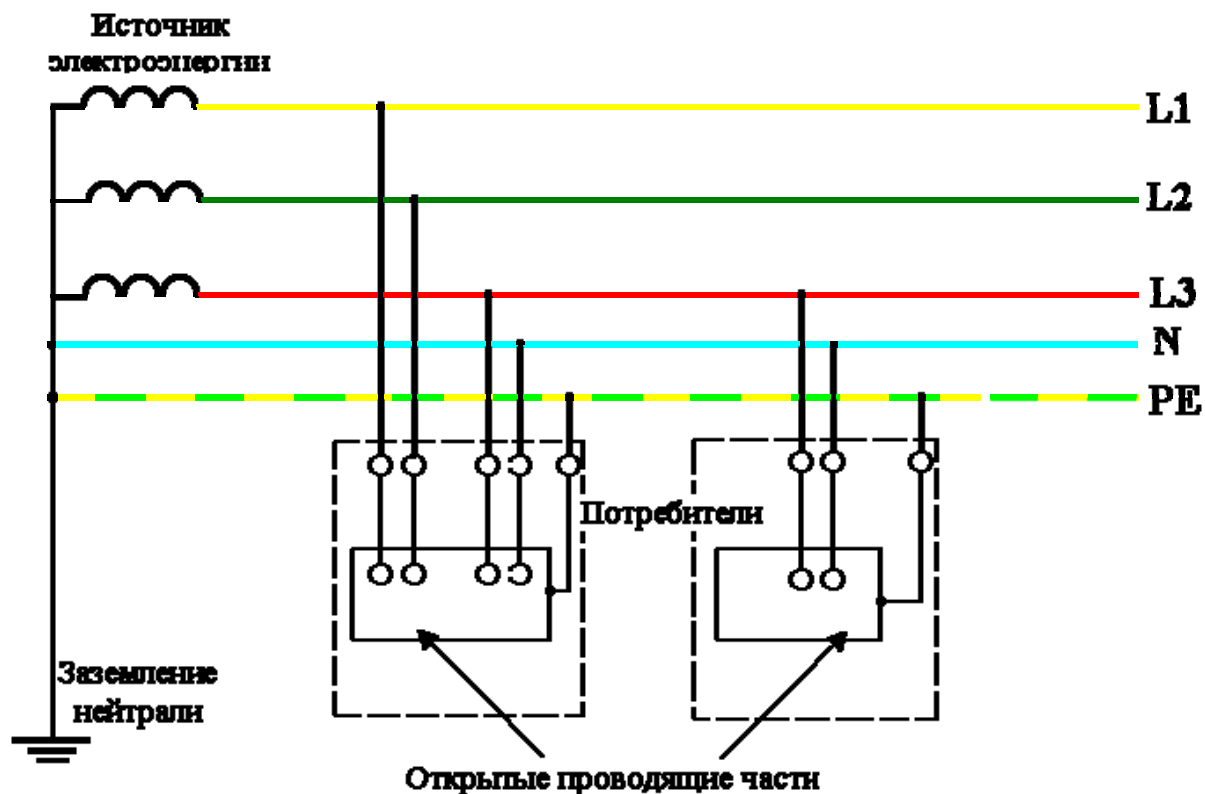


Рис. 3.2. Система TN-S

Система TN-C-S – система TN, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника электроэнергии (см. рис. 3.3).

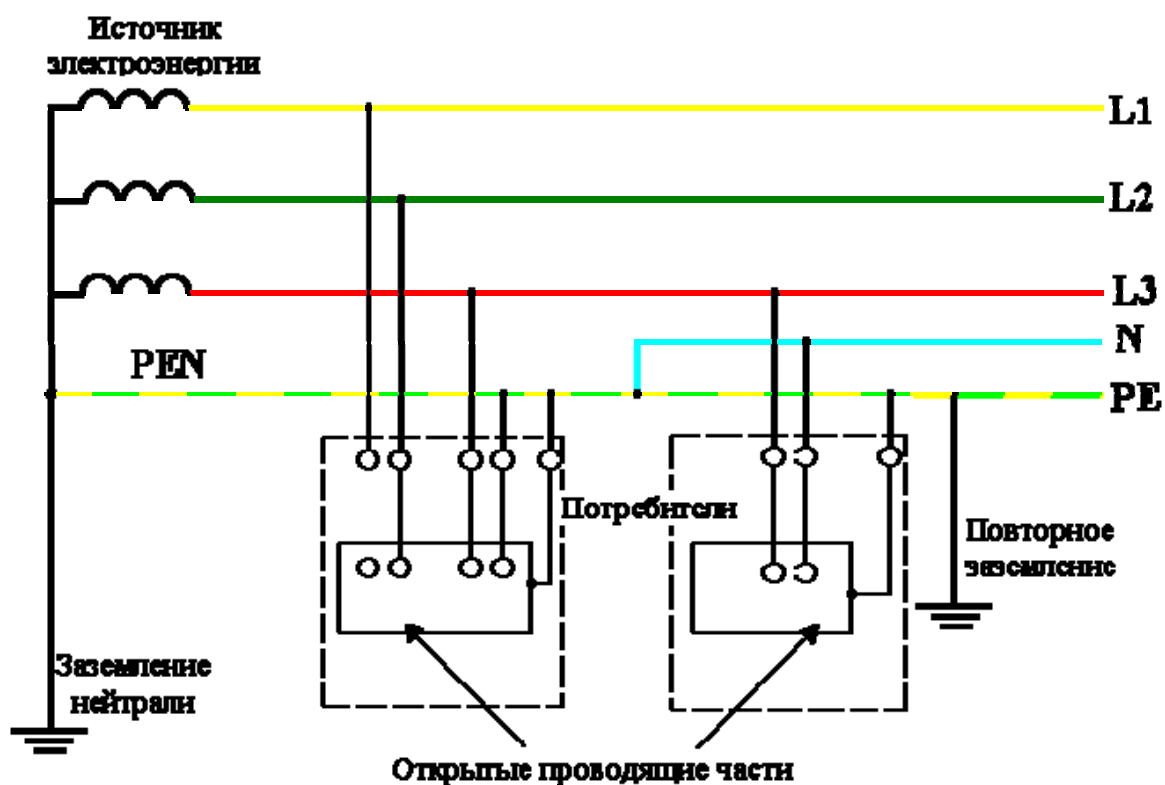


Рис.3.3. Система TN-C-S

**Система IT** – система, в которой нейтраль источника электроэнергии изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены (см. рис.3.4). В этом случае защитный заземляющий проводник обозначается так же, как и нулевой защитный проводник, т.е. РЕ – проводник.

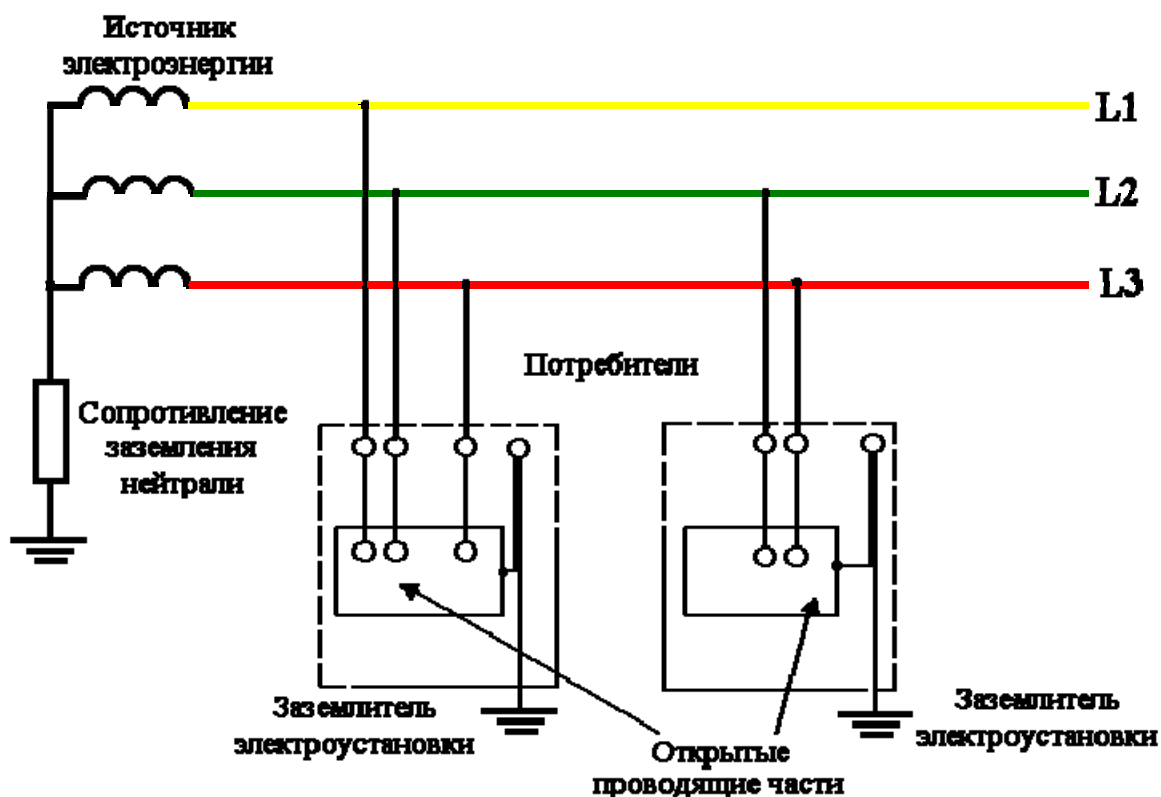


Рис. 3.4. Система IT

**Система TT** – система, в которой нейтраль источника электроэнергии глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника.

Поскольку целью настоящей главы является анализ электробезопасности собственно различных типов электрических сетей, предназначенных для питания потребителей электроэнергии, то для удобства изложения материала в дальнейшем будем пользоваться терминами типа “сеть TN-S” и т.д., которые означают совокупность источника электроэнергии с определенным режимом заземления нейтрали и питающей линии с определенной системой токоведущих проводников, например, **сеть TN-C** означает совокупность источника электроэнергии с глухозаземленной нейтралью и трехфазной четырехпроводной питающей линии.

Исход поражения человека электрическим током, определяемый током, протекающим через тело человека  $I_h$  и напряжением прикосновения  $U_h$ , существенно зависит от типа сети, питающей потребителя электроэнергии и ее параметров, в том числе:

- напряжения и частоты сети;
- режима нейтрали сети;
- схемы включения человека в электрическую цепь;

- сопротивления изоляции фазных проводов сети относительно земли;
- емкости фазных проводов сети относительно земли;
- режима работы сети.

### Типовые схемы включения человека в электрическую цепь

Существуют различные “схемы включения” человека в электрическую цепь тока (типичные “схемы включения” показаны на рис.3.5. на примере сети IT):

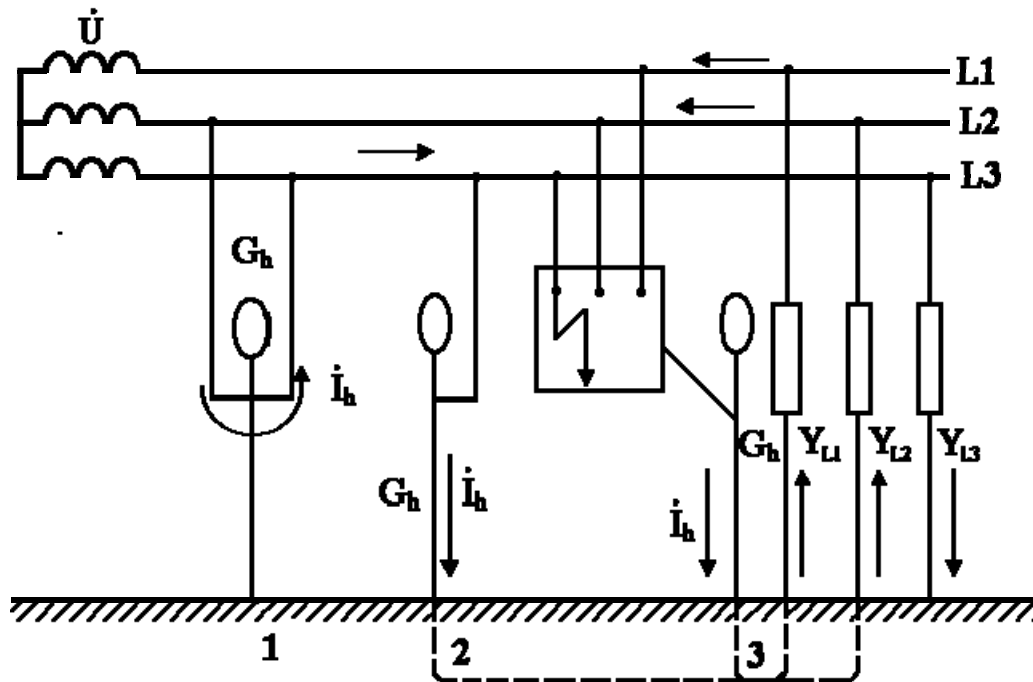


Рис. 3.5. Типовые схемы включения человека в электрическую цепь

- двухфазное прикосновение (прямое) – одновременное прикосновение к двум фазным проводникам, действующей электроустановки (поз.1 на рис.3.5.);
- однофазное прикосновение (прямое) – прикосновение к проводнику одной фазы действующей электроустановки (поз.2 на рис.3.5.);
- косвенное прикосновение к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции (прикосновение к корпусу потребителя электроэнергии с поврежденной изоляцией) (поз.3 на рис.3.5.).

При анализе электробезопасности различных сетей обычно рассматривают две первые ситуации.

При **двухфазном прикосновении** ток через тело человека и напряжение прикосновения определяются по формулам:

$$I_h = \sqrt{3} U \cdot G_K \quad (3.1.)$$

$$U_h = \sqrt{3} U. \quad (3.2.)$$

где  $U$  - действующее значение фазного напряжения сети;  $G_h$  - проводимость тела человека.

Из выражений (3.1.) и (3.2.) следует, что *при двухфазном прикосновении человек попадает под линейное напряжение сети* вне зависимости от типа сети, режима нейтрали, режима работы сети, проводимости фазных проводов  $Y_{L1}$ ,  $Y_{L2}$ ,  $Y_{L3}$  относительно земли. *Такая схема включения человека в электрическую цепь представляет большую опасность.*

Случаи двухфазного прикосновения происходят сравнительно редко и являются, как правило, результатом работы под напряжением в электроустановках до 1 кВ, что является нарушением правил и инструкций выполнения работ.

При **однофазном прикосновении** человек попадает под напряжение  $U_h$ , значение которого зависит от многих факторов. Эта схема включения человека в электрическую цепь тока является менее опасной, чем двухфазное прикосновение, и на практике она встречается значительно чаще. Например, электротравмы со смертельным исходом при однофазном прикосновении составляют 70- 80% от общего числа, причем, большинство из них происходит в сетях напряжением до 1 кВ.

Далее, при анализе электробезопасности сетей различных типов, будет рассматриваться только однофазное прикосновение.

### **Обобщенная схема для анализа электробезопасности трехфазных сетей любого типа напряжением до 1000 В**

В общем виде напряжение прикосновения  $U_h$  и ток через тело человека  $I_h$  в комплексной форме для случая, когда человек касается одного из фазных проводов трехфазной четырехпроводной сети с нейтралью, заземленной через активное и индуктивное сопротивление (рис. 3.6) (такую схему можно рассматривать как обобщенную для анализа электробезопасности любого типа сети напряжением до 1 кВ) можно записать в виде [3]:

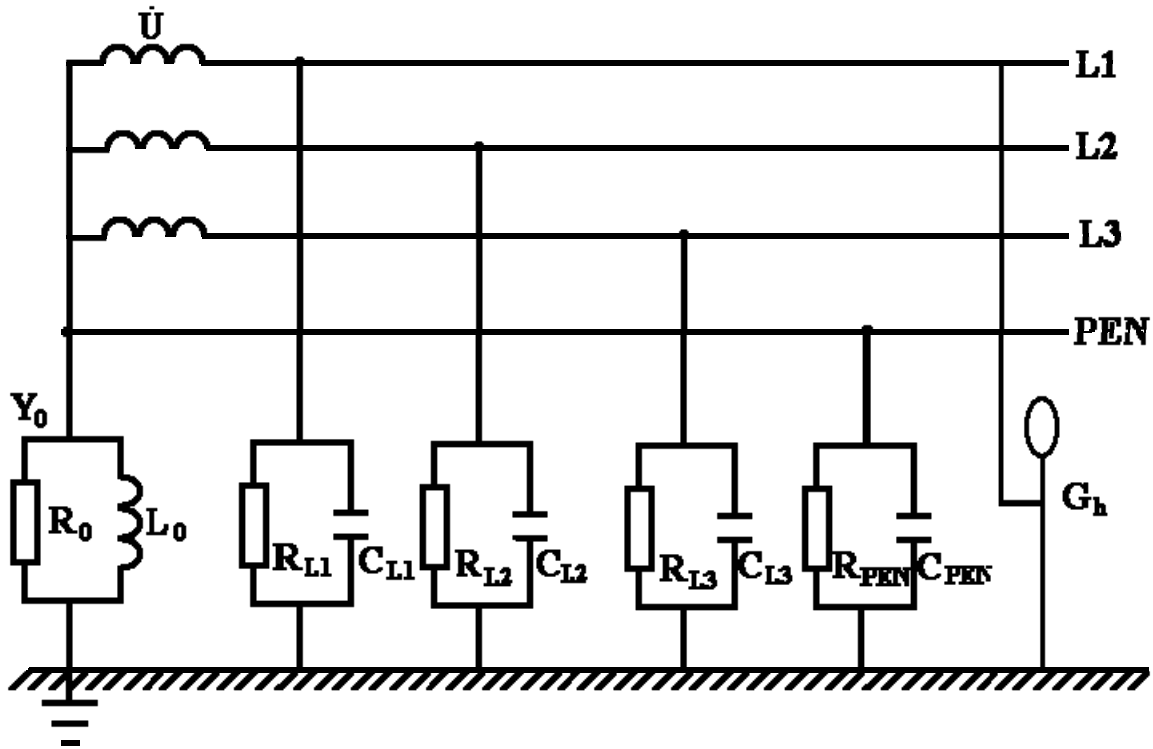


Рис. 3.6. Обобщенная схема для анализа трехфазных сетей

$$\dot{U}_h = U \frac{Y_{L2}(1-a^2) + Y_{L3}(1-a) + Y_{PEN} + Y_0}{Y_{L1} + Y_{L2} + Y_{L3} + Y_{PEN} + Y_0 + G_h}, \quad (3.3)$$

$$\dot{i}_h = U G_h \frac{Y_{L2}(1-a^2) + Y_{L3}(1-a) + Y_{PEN} + Y_0}{Y_{L1} + Y_{L2} + Y_{L3} + Y_{PEN} + Y_0 + G_h}, \quad (3.4)$$

где  $Y_{L1}$ ,  $Y_{L2}$ ,  $Y_{L3}$ ,  $Y_{PEN}$ ,  $Y_0$  - полные проводимости фазных и  $PEN$ - проводов относительно земли и заземления нейтрали в комплексной форме:

$$Y_{L1} = \frac{1}{R_{L1}} + j\omega C_{L1}; Y_{L2} = \frac{1}{R_{L2}} + j\omega C_{L2}; Y_{L3} = \frac{1}{R_{L3}} + j\omega C_{L3}; Y_{PEN} = \frac{1}{R_{PEN}} + j\omega C_{PEN};$$

$$Y_0 = \frac{1}{R_0} + j\frac{1}{\omega L};$$

$$G_h = \frac{1}{R_h} \text{ - проводимость тела человека,}$$

$a$  - фазный оператор трехфазной системы, учитывающий сдвиг фаз:

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Выражениями (3.3, 3.4) будем пользоваться при определении  $I_h$  и  $U_h$  для сетей типа IT и TN-C при определенных значениях их параметров.



## А. Анализ электробезопасности электрических сетей типа IT

Для трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью типа IT, напряжением до 1 кВ (рис. 3.7.)

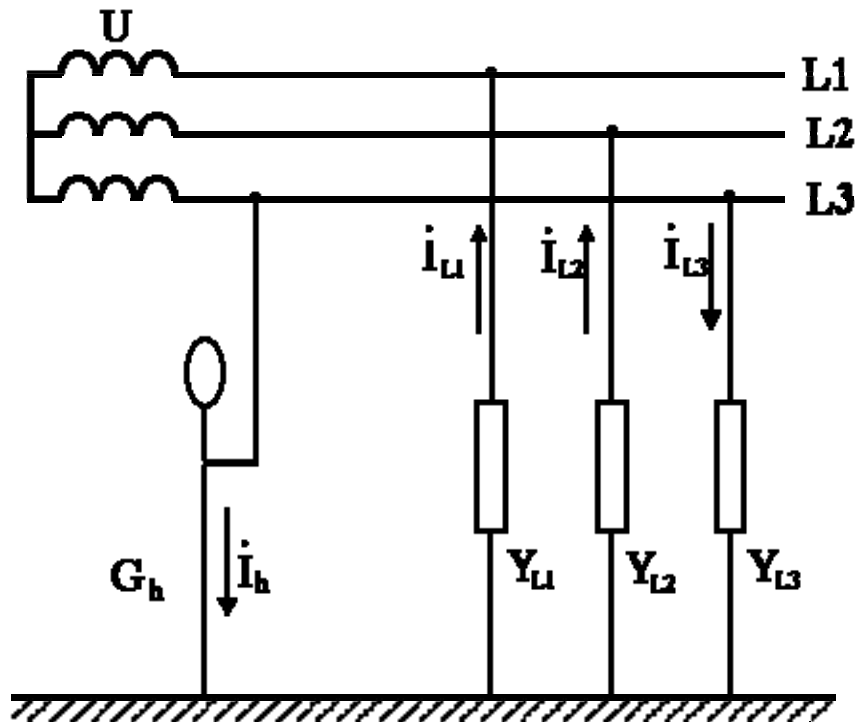


Рис. 3.7. Однофазное прикосновение в сети с изолированной нейтралью типа IT при нормальном режиме работы

характерным является то, что при однофазном прикосновении значение тока, проходящего через тело человека при **нормальном режиме** работы сети, тем меньше, чем меньше рабочее напряжение сети (фазное напряжение) и чем больше значение сопротивления изоляции проводов относительно земли. Действительно, ток через тело человека и напряжение прикосновения описываются следующими выражениями [3], полученными из (3.3, 3.4) при условии, что  $Y_0 = 0$ ;  $Y_{PEN} = 0$ :

$$\dot{I}_h = U G_h \frac{Y_{L2}(1-a^2) + Y_{L3}(1-a)}{Y_{L1} + Y_{L2} + Y_{L3} - G_h}, \quad \dot{U}_h = U \frac{Y_{L2}(1-a^2) + Y_{L3}(1-a)}{Y_{L1} + Y_{L2} + Y_{L3} + G_h}, \quad (3.5.)$$

где  $Y_{L1}$ ,  $Y_{L2}$ ,  $Y_{L3}$  - полные проводимости изоляции фазных проводов относительно земли в комплексной форме:

$$Y_{L1} = \frac{1}{R_{L1}} + j\omega C_{L1}; \quad Y_{L2} = \frac{1}{R_{L2}} + j\omega C_{L2}; \quad Y_{L3} = \frac{1}{R_{L3}} + j\omega C_{L3};$$

$U$  - действующее значение фазного напряжения сети;

$$G_h = \frac{1}{R_h} \cdot \text{проводимость тела человека},$$

$a$  - фазный оператор трехфазной системы, учитывающий сдвиг фаз.

При равенстве проводимостей фазных проводов относительно земли  $Y_{L1} = Y_{L2} = Y_{L3} = Y$  (т.е. при равенстве сопротивлений изоляции и емкостей фазных проводов относительно земли  $R_{L1} = R_{L2} = R_{L3} = R$  и  $C_{L1} = C_{L2} = C_{L3} = C$ ), ток через тело человека и напряжение прикосновения определяется:

$$\dot{I}_h = U G_h \frac{3Y}{3Y + G_h}; \quad (3.6)$$

или

$$\dot{I}_h = \frac{U}{R_h + Z/3}, \quad (3.7)$$

где  $Z$  - полное сопротивление фазного провода относительно земли в комплексной форме

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C}, \quad (3.8)$$

$R$  - активное сопротивление изоляции фазного провода относительно земли;  $C$  - емкость фазного провода относительно земли.

В действительной форме этот ток равен

$$I_h = \frac{U}{R_h} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R(R+6R_h)}{9R_h^2(1+R^2\omega^2C^2)}}}. \quad (3.9)$$

При равенстве сопротивлений изоляции фазных проводов относительно земли  $R_{L1} = R_{L2} = R_{L3} = R$  и отсутствии емкостей, т.е.  $C_{L1} = C_{L2} = C_{L3} = C = 0$ , выражение (3.9) упрощается

$$I_h = \frac{U}{R_h + R/3}.$$

Таким образом, в сетях с изолированной нейтралью при нормальном режиме работы опасность для человека при прямом однофазном прикосновении зависит от сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли. С увеличением сопротивления изоляции и уменьшением емкости фазных проводов

относительно земли опасность уменьшается. Этот вывод иллюстрируется графиками зависимости  $I_h = f(R)$  при  $C = 0$  (что может иметь место в коротких сетях) и  $I_h = f(C)$  при  $R = \text{const}$ , представленными на рис. 3.8 [3].

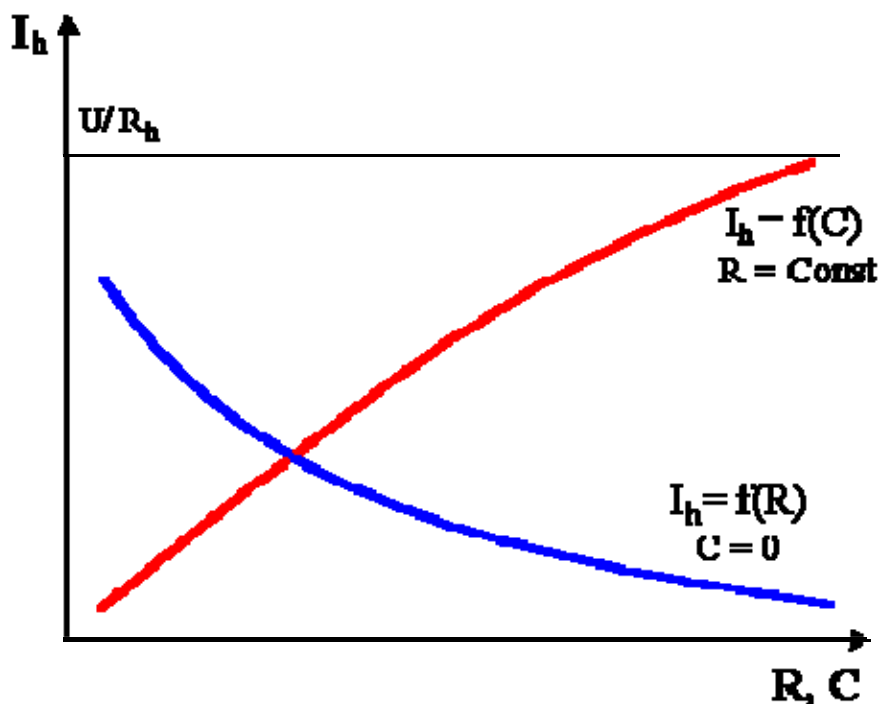


Рис. 3.8. Зависимость значения тока, протекающего через тело человека, прикоснувшегося к фазному проводу в сети IT с симметричными параметрами в нормальном режиме работы, от сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли

При **аварийном режиме** работы сети (рис.3.9), когда один из фазных проводов, например, провод L2, замкнулся на землю, опасность поражения током человека, прикоснувшегося к исправному фазному проводу, значительно возрастает.



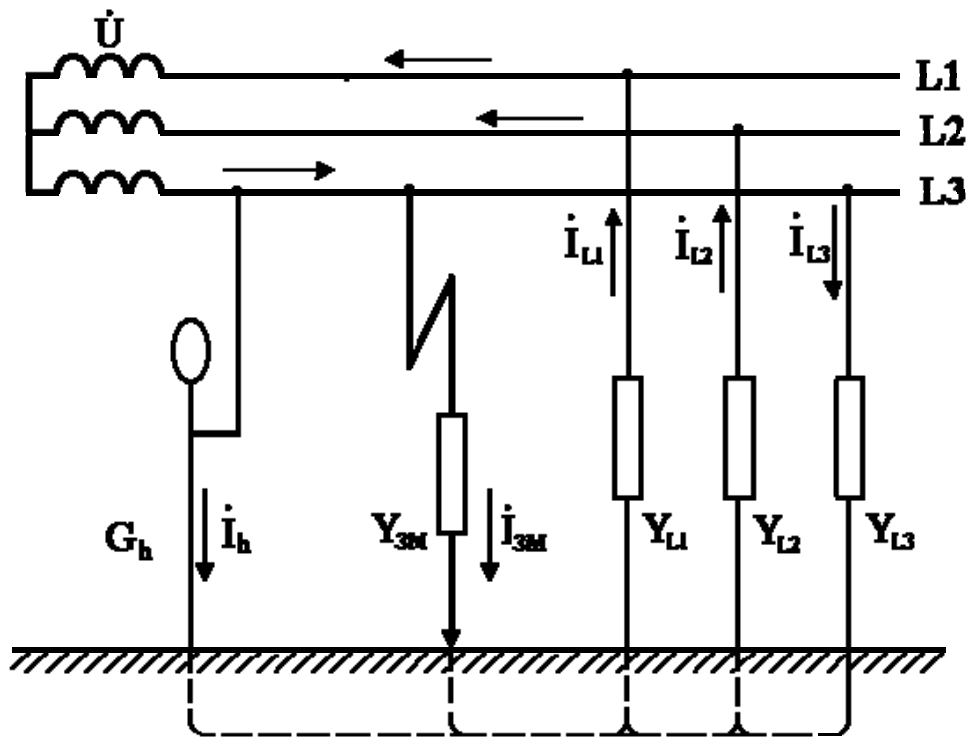


Рис. 3.10. Однофазное прикосновение к неисправному проводу в сети с изолированной нейтралью типа IT при аварийном режиме работы

При аварийном режиме работы сети типа IT, когда человек касается провода, замкнувшегося на землю (рис. 3.10; человек касается фазного провода L3) ток через тело человека будет определяться падением напряжения на сопротивлении растеканию тока в месте замыкания на землю  $R_{ЗМ}$ :

$$I_h = \frac{I_{ЗМ} R_{ЗМ}}{R_h} \cdot \alpha_1 \alpha_2, \quad (3.12)$$

где  $I_{ЗМ}$  - ток замыкания на землю;  $\alpha_1, \alpha_2$  - коэффициенты напряжения прикосновения.

При  $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$

$$I_h = \frac{I_{ЗМ} R_{ЗМ}}{R_h}.$$

Ток замыкания на землю в сети IT зависит от сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли, сопротивления растеканию  $R_{ЗМ}$ ,  $R_h$ . Если принять во внимание, что обычно  $R_{ЗМ} \ll R_h$ , то

$$I_{ЗМ} = \frac{U}{(R_{ЗМ} + Z/3)}$$

В действительности ток замыкания на землю будет меньше, что более безопасно для человека.

Таким образом, прикосновение к неисправному фазному проводу (замкнувшемуся на землю) в сети IT значительно менее опасно, чем к исправному. Значение тока, протекающего через тело человека, в этом случае меньше, чем при прямом однофазном прикосновении в нормальном режиме работы.

## В. Анализ электробезопасности сетей типа TN-C

Для трехфазной сети с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ типа TN-C (рис. 3.11.) значения тока, протекающего через тело человека и напряжение прикосновения определяются фазным напряжением сети и не зависят от сопротивления изоляции и емкости проводов относительно земли.

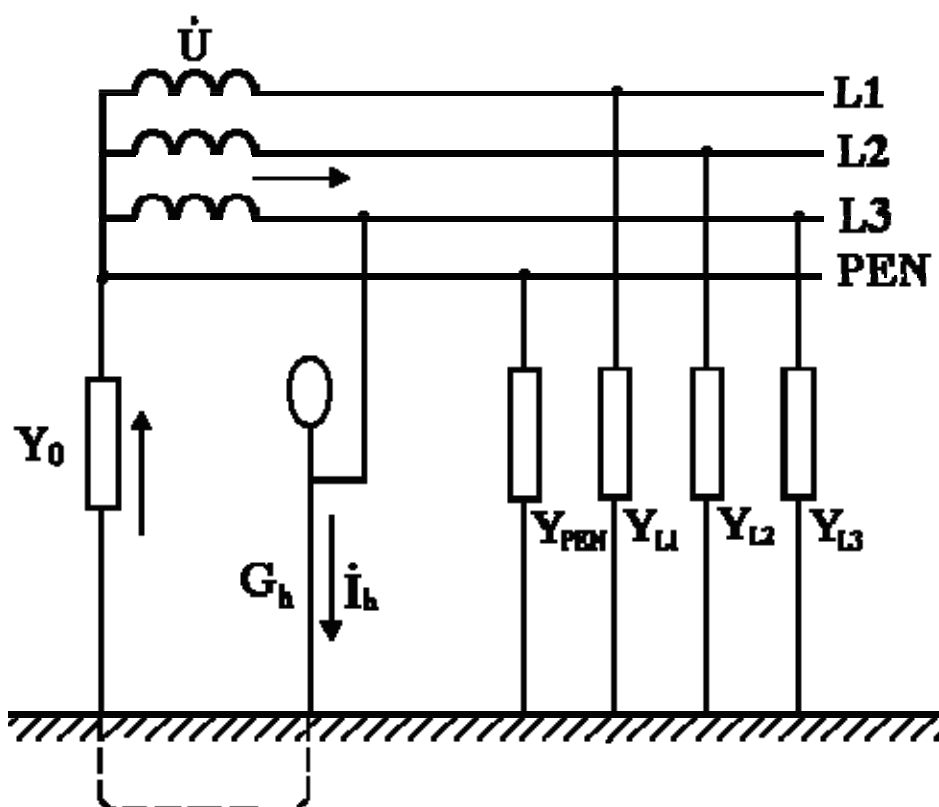


Рис. 3.11. Однофазное прямое прикосновение в сети с заземленной нейтралью типа TN-C при нормальном режиме работы

Действительно, проводимости фазного и нулевого проводников относительно земли по сравнению с  $Y_0 = 1/R_0$  проводимостью заземления нейтрали малы ( $Y_{L1}, Y_{L2}, Y_{L3} \ll Y_0$ ). При этом выражение для тока (3.4), протекающего через тело человека при прикосновении к фазному проводу при нормальном режиме работы сети TN-C (рис. 3.11), принимает вид [3]:

$$I_k = \frac{U}{R_k + R_0}, \quad (3.13)$$

где  $R_0$  - сопротивление рабочего заземления нейтрали.

Напряжение прикосновения в этом случае определяется из уравнения:

$$U_h = \frac{UR_h}{R_h + R_0}. \quad (3.14)$$

Так как обычно  $R_0 \ll R_h$ , то можно считать, что человек в этом случае попадает практически под фазное напряжение сети.

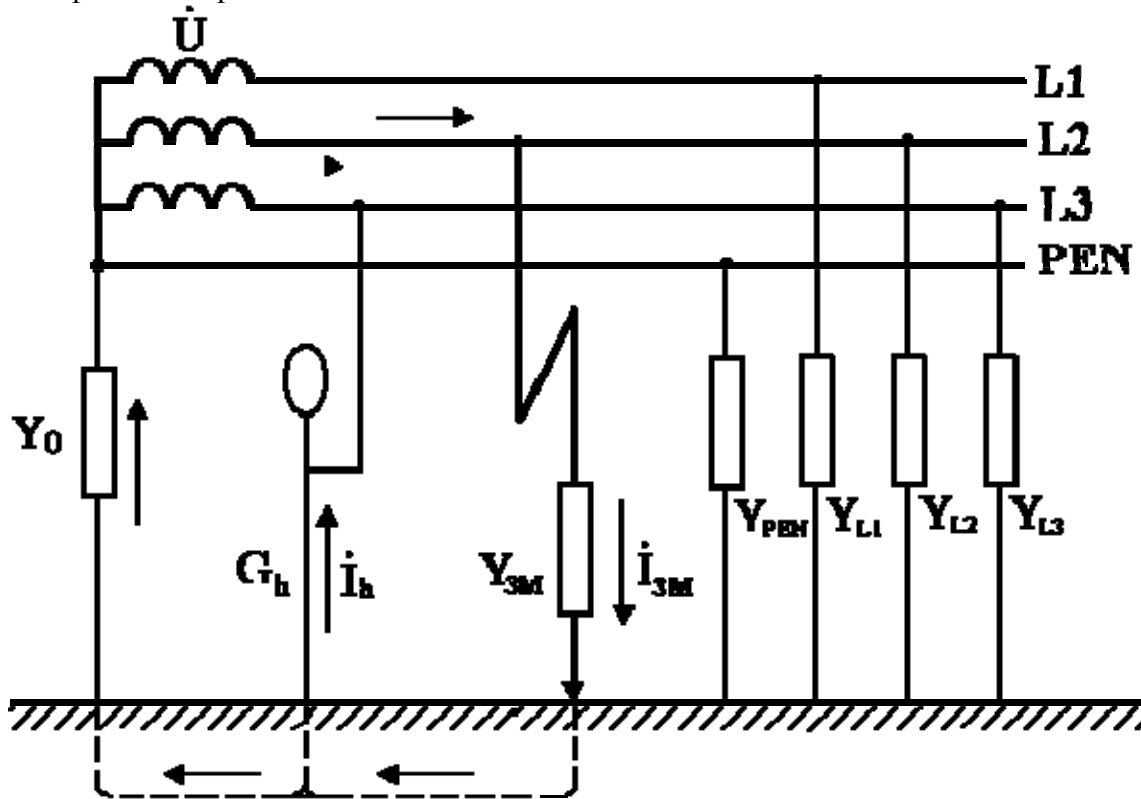


Рис. 3.12. Прикосновение к исправному проводу в сети с заземленной нейтралью типа TN-C при аварийном режиме работы

При аварийном режиме, когда один из фазных проводов сети, например, провод L2 (рис. 3.12), замкнут на землю через относительно малое активное сопротивление  $R_{3M}$ , а человек прикасается к исправному фазному проводу, уравнение (3.3) имеет следующий вид:

$$\dot{U}_h = U \frac{Y_{3M}(1-a) + Y_0}{Y_{3M} + Y_0 + Y_h}.$$

Здесь учтено, что  $Y_{L1}$ ,  $Y_{L2}$  и  $Y_{PEN}$  малы по сравнению с  $Y_0$ , а  $Y_{L3}$  – по сравнению с  $Y_0$  и  $Y_{3M}$ , т.е. ими можно пренебречь и считать равными нулю.

С учетом того, что

$$Y_{3M} = \frac{1}{R_{3M}}, \quad Y_0 = \frac{1}{R_0}, \quad Y_h = \frac{1}{R_h}, \quad a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2},$$

напряжение прикосновения в действительной форме имеет вид

$$U_h = UR_h \frac{\sqrt{R_{3M}^2 + 3R_{3M}R_0 + (R_0\sqrt{3})^2}}{R_{3M}R_0 + R_h(R_{3M} + R_0)}.$$

Учитывая, что

$$3R_{3M}R_0 \approx 2\sqrt{3}R_{3M}R_0,$$

предыдущее выражение можно записать как

$$U_h = UR_h \frac{R_{3M} + R_0\sqrt{3}}{R_{3M}R_0 + R_h(R_{3M} + R_0)}. \quad (3.15)$$

При этом выражение для определения тока через тело человека имеет вид

$$I_A = U \frac{R_{3M} + R_0 \sqrt{3}}{R_{3M} R_0 + R_A (R_{3M} + R_0)} \quad (3.16)$$

Рассмотрим два характерных случая.

1. Если принять, что сопротивление замыкания фазного провода на землю  $R_{3M}$  равно нулю, то напряжение прикосновения

$$U_h = U \sqrt{3} \quad (3.17)$$

Следовательно, в данном случае человек окажется практически под воздействием линейного напряжения сети.

2. Если принять равным нулю сопротивления заземления нейтрали  $R_0$ , то

$$U_h = U$$

т.е. напряжение под которым окажется человек, будет практически равно фазному напряжению. Однако в реальных условиях сопротивления  $R_{3M}$  и  $R_0$  всегда больше нуля, поэтому напряжение, под которым оказывается человек, прикоснувшийся в аварийный период к исправному фазному проводу трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, т.е. напряжение прикосновения  $U_h$  всегда меньше линейного, но больше фазного, то есть

$$U \sqrt{3} > U_h > U \quad (3.18)$$

С учетом того, что всегда  $R_{3M} > R_0$ , напряжение прикосновения  $U_h$  в большинстве случаев незначительно превышает значение фазного напряжения, что менее опасно для человека, чем в аналогичной ситуации в сети типа IT.

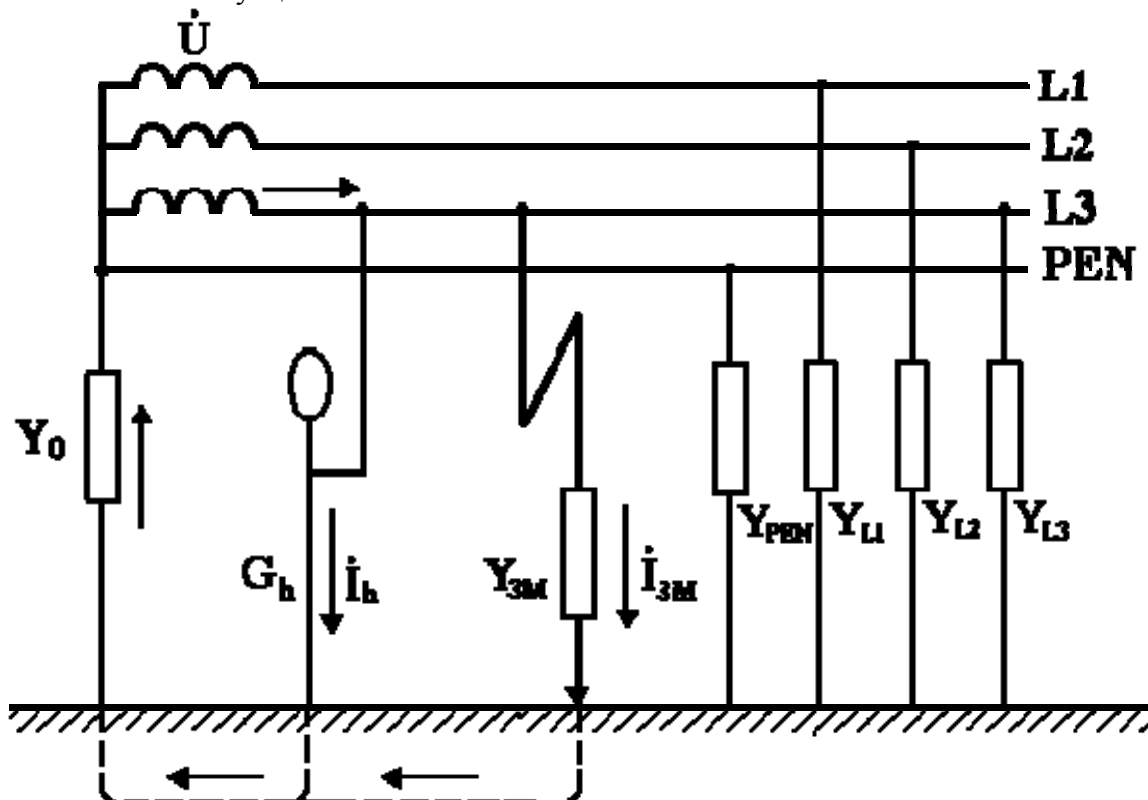


Рис. 3.13. Прикосновение к неисправному проводу в сети с заземленной нейтралью типа TN-C при аварийном режиме работы

При аварийном режиме работы сети типа TN-C, когда человек касается провода, замкнувшегося на землю (рис. 3.13; человек касается фазного провода L3) ток через тело человека будет определяться, также, как и в сети типа IT, падением напряжения на сопротивлении растеканию тока в месте замыкания на землю  $R_{3M}$ :

$$I_h = \frac{I_{3M} R_{3M}}{R_h} \cdot \alpha_1 \alpha_2 \quad (3.20)$$



где  $I_{3M}$  - ток замыкания на землю;  $a_1, a_2$  - коэффициенты напряжения прикосновения.  
 При  $a_1 = a_2 = 1$

$$I_h = \frac{I_{3M} R_{3M}}{R_h}.$$

Ток замыкания на землю в сети TN-C зависит только от сопротивления растеканию тока  $R_{3M}$ , сопротивления заземления нейтрали  $R_0$  и сопротивления тела человека  $R_h$ . Если принять во внимание, что обычно  $R_{3M} \ll R_h$ , то

$$I_{3M} = \frac{U}{(R_{3M} + R_0)}.$$

В этом случае напряжение прикосновения лишь незначительно отличается от значения фазного напряжения.

Таким образом, прикосновение к неисправному фазному проводу (замкнувшемуся на землю) в сети TN-C практически также опасно, как к исправному. Значение тока, протекающего через тело человека, в этом случае почти такое же, как при прямом однофазном прикосновении в нормальном режиме работы в сети TN-C.

---

## **II. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ**

### **4. Технические способы защиты от поражения электрическим током**

---

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током в электроустановках должны применяться технические способы и средства защиты.

Выбор того или иного способа или средства защиты (или их сочетаний) в конкретной электроустановке и эффективность его применения зависят от целого ряда факторов, в том числе от:

- номинального напряжения;
- рода, формы и частоты тока электроустановки;
- способа электроснабжения (от стационарной сети, от автономного источника питания электроэнергией);
- режима нейтрали источника трехфазного тока (средней точки источника постоянного тока) - изолированная нейтраль, заземленная нейтраль;
- вида исполнения (стационарные, передвижные, переносные);
- условий внешней среды;
- схемы возможного включения человека в цепь протекания тока (прямое однофазное, прямое двухфазное прикосновение; включение под напряжение шага);
- вида работ (монтаж, наладка, испытания) и др.

Кроме того, по принципу действия, все технические способы защиты разделяются на:

- снижающие до допустимых значений напряжения прикосновения и шага;
- ограничивающие время воздействия тока на человека;
- предотвращающих прямое прикосновение к токоведущим частям.

Классификация технических способов и средств защиты от поражения электрическим током в электроустановках приведена на рис. 4.1.

Основными техническими средствами защиты являются:

- Защитное заземление;
- Автоматическое отключение питания (зануление);
- Устройства защитного отключения.

Особенности их организации и оценка эффективности приведены в следующих разделах.

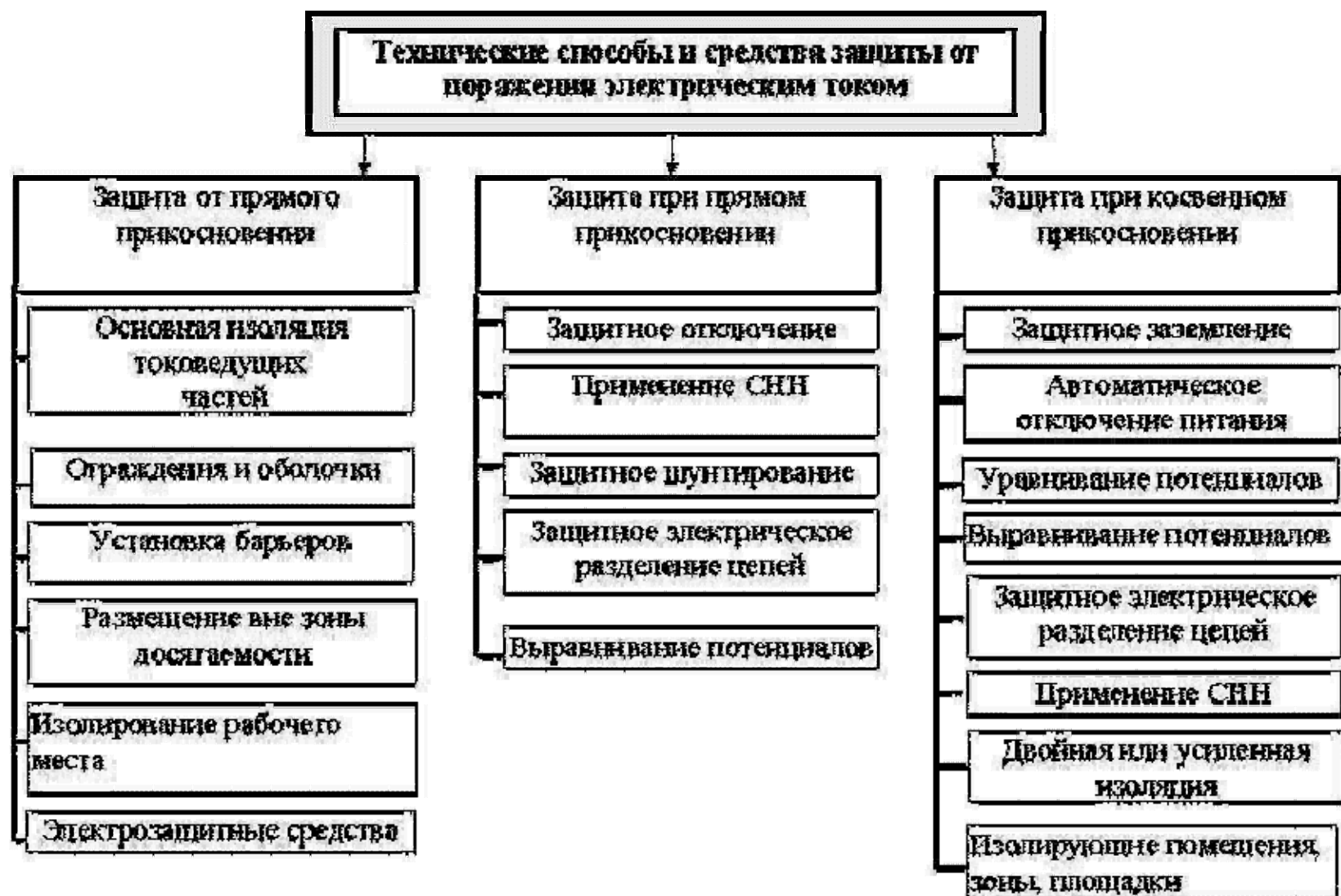


Рис. 4.1. Классификация технических способов и средств защиты от поражения электрическим током

---

## А. Защитное заземление

---

**Назначение, принцип действия, область применения.** *Защитное заземление* — преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.).

Эквивалентом земли может быть вода реки или моря, каменный уголь в карьерном залегании и т. п.

*Назначение защитного заземления* — устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу электроустановки и другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

Защитное заземление следует отличать от других видов заземления, например, рабочего заземления и заземления молниезащиты.

*Рабочее заземление* — преднамеренное соединение с землей отдельных точек электрической цепи, например нейтральных точек обмоток генераторов, силовых и измерительных трансформаторов, дугогасящих аппаратов, реакторов поперечной компенсации в дальних линиях электропередачи, а также фазы при использовании земли в качестве фазного или обратного провода. Рабочее заземление предназначено для обеспечения надлежащей работы электроустановки в нормальных или аварийных условиях и осуществляется непосредственно (т. е. путем соединения проводником заземляемых частей с заземлителем) или через специальные аппараты — пробивные предохранители, разрядники, резисторы и т. п.

*Заземление молниезащиты* — преднамеренное соединение с землей молниеприемников и разрядников в целях отвода от них токов молнии в землю.

*Принцип действия защитного заземления* — снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус и другими причинами. Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (уменьшением сопротивления заземлителя), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования (подъемом потенциала основания, на котором стоит человек, до значения, близкого к значению потенциала заземленного оборудования).

Рассмотрим два случая. Корпус электроустановки не заземлен. В этом случае прикосновение к корпусу электроустановки также опасно, как и прикосновение к фазному проводу сети.

Корпус электроустановки заземлен (рис.4.2) . В этом случае напряжение корпуса электроустановки относительно земли уменьшится и станет равным:

$$U_3 = I_3 R_3. \quad (4.1)$$

Напряжение прикосновения и ток через тело человека в этом случае будут определяться по формулам:

$$U_h = I_3 R_3 \alpha_1;$$

$$I_h = I_3 \frac{R_3}{R_h} \alpha_1, \quad (4.2)$$

где  $\alpha_1$  - коэффициент напряжения прикосновения.

Уменьшая значение сопротивления заземлителя растеканию тока  $R_3$ , можно уменьшить напряжение корпуса электроустановки относительно земли, в результате чего уменьшаются напряжение прикосновения и ток через тело человека.

Заземление будет эффективным лишь в том случае, если ток замыкания на землю  $I_3$  практически не увеличивается с уменьшением сопротивления заземлителя. Такое условие выполняется в сетях с изолированной нейтралью (типа IT) напряжением до 1 кВ, так как в них ток замыкания на землю в основном определяется сопротивлением изоляции проводов относительно земли, которое значительно больше сопротивления заземлителя (рис.4.2).

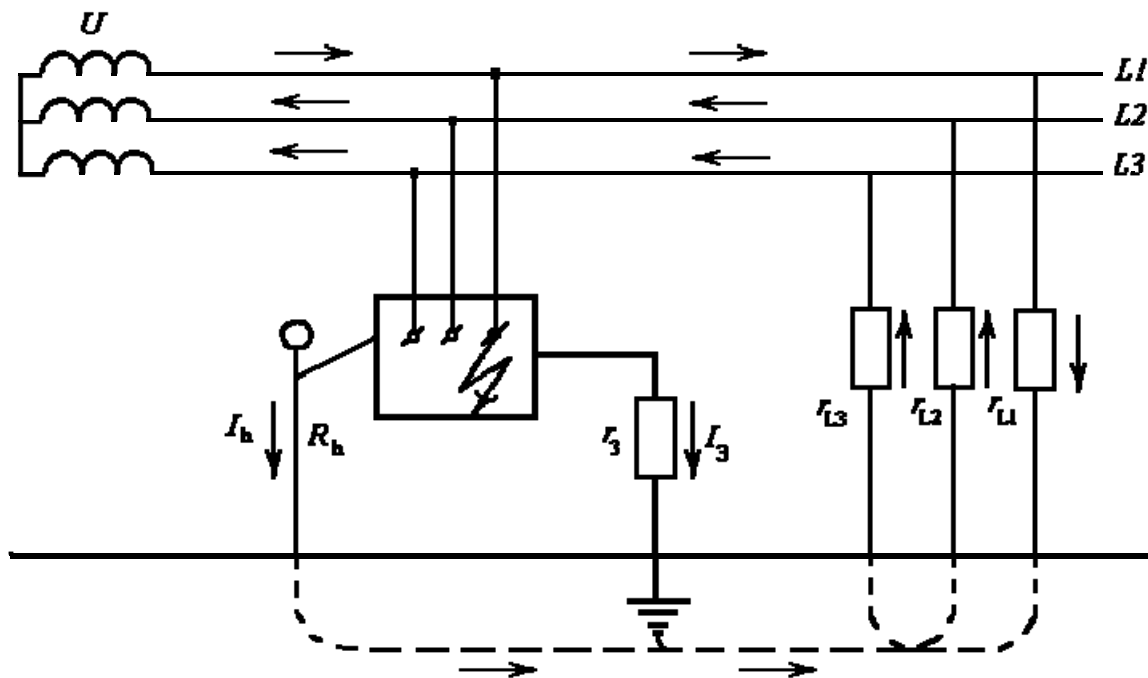


Рис.4.2. Схема сети с изолированной нейтралью (типа IT) и защитным заземлением электроустановки

**В сетях переменного тока с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ защитное заземление в качестве основной защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении не применяется, т.к. оно не эффективно (рис.4.3).**

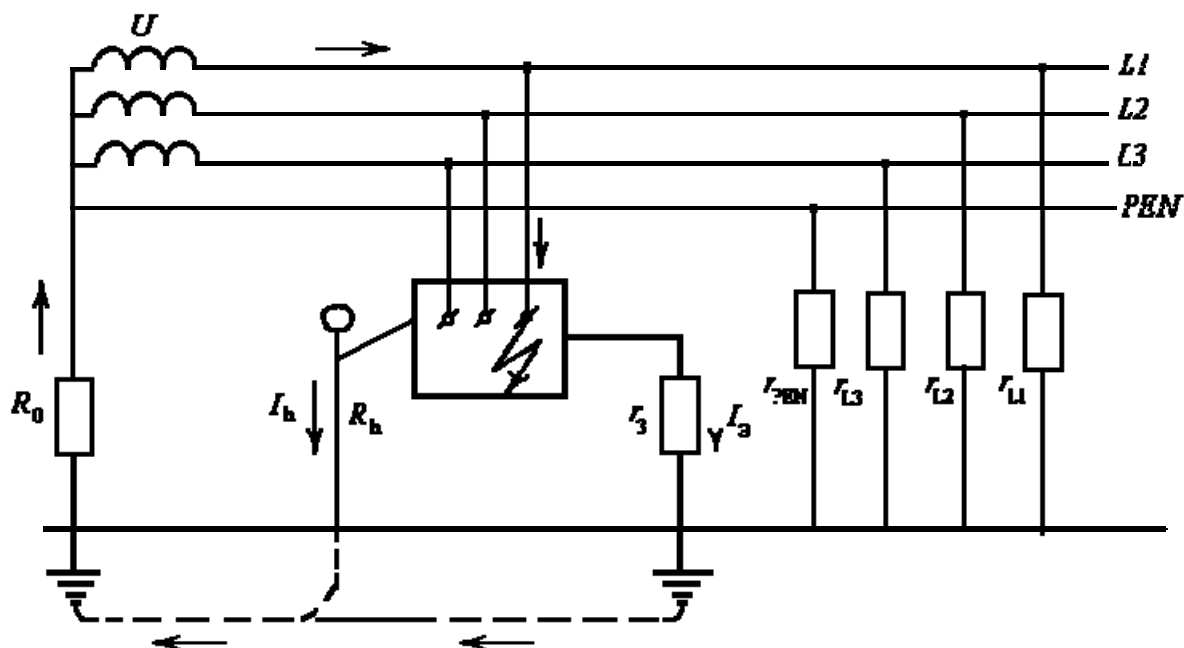


Рис.4.3. Схема сети с заземленной нейтралью и защитным заземлением потребителя электроэнергии

*Область применения защитного заземления:*

- электроустановки напряжением до 1 кВ в трехфазных трехпроводных сетях переменного тока с изолированной нейтралью (система IT);
- электроустановки напряжением до 1 кВ в однофазных двухпроводных сетях переменного тока изолированных от земли;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в двухпроводных сетях постоянного тока с изолированной средней точкой обмоток источника тока (система IT);
- электроустановки в сетях напряжением выше 1 кВ переменного и постоянного тока с любым режимом нейтрали или средней точки обмоток источников тока.

**Типы заземляющих устройств.** *Заземляющим устройством* называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

В зависимости от места размещения заземлителя относительно заземляемого оборудования различают два типа заземляющих устройств: выносное и контурное.

*Выносное заземляющее устройство* (рис. 4.4) характеризуется тем, что заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование, или сосредоточен на некоторой части этой площадки. Поэтому выносное заземляющее устройство называют также *сосредоточенным*.

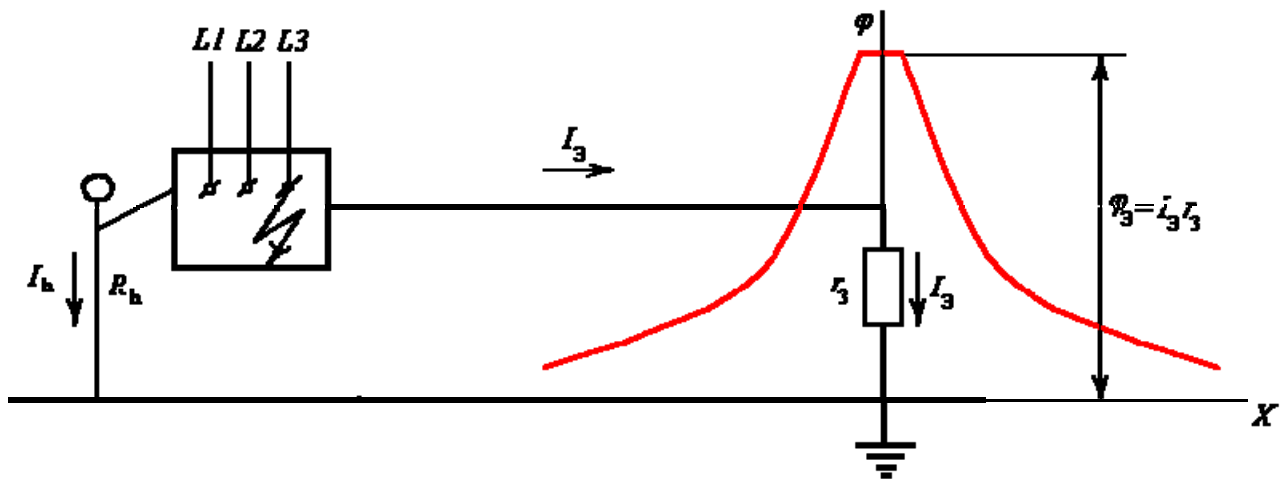


Рис.4.4. Выносное заземляющее устройство

Существенный *недостаток* выносного заземляющего устройства – отдаленность заземлителя от защищаемого оборудования, вследствие чего на всей или на части защищаемой территории коэффициент прикосновения  $\alpha_1=1$ . Поэтому заземляющие устройства этого типа применяются лишь при малых токах замыкания на землю, в частности в установках до 1000 В, где потенциал заземлителя не превышает значения допустимого напряжения прикосновения  $U_{пр.доп}$  (с учетом коэффициента напряжения прикосновения, учитывающего падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором стоит человек,  $\alpha_2$ ):

$$\phi_3 = I_3 r_3 \leq \frac{U_{пр.доп}}{\alpha_2},$$

где  $I_3$  – ток, стекающий в землю через заземляющее устройство;  $r_3$  – сопротивление растеканию тока заземляющего устройства.

Кроме того, при большом расстоянии до заземлителя может значительно возрасти сопротивление заземляющего устройства в целом за счет сопротивления заземляющего проводника.

*Достоинством* выносного заземляющего устройства является возможность выбора места размещения электродов заземлителя с наименьшим сопротивлением грунта (сырой, глинистый, в низинах и т. п.).

Необходимость в устройстве выносного заземления может возникнуть в следующих случаях:

- при невозможности по каким-либо причинам разместить заземлитель на защищаемой территории;
- при высоком сопротивлении земли на данной территории (например, песчаный или скалистый грунт) и наличии вне этой территории мест со значительно лучшей проводимостью земли;
- при рассредоточенном расположении заземляемого оборудования (например, в горных выработках) и т. п.

Контурное заземляющее устройство (рис. 4.5) характеризуется тем, что электроды его заземлителя размещаются по контуру (периметру) площадки, на которой находится заземляемое оборудование, а также внутри этой площадки. Часто электроды распределяются на площадке по возможности равномерно, и поэтому контурное заземляющее устройство называется также распределенным.

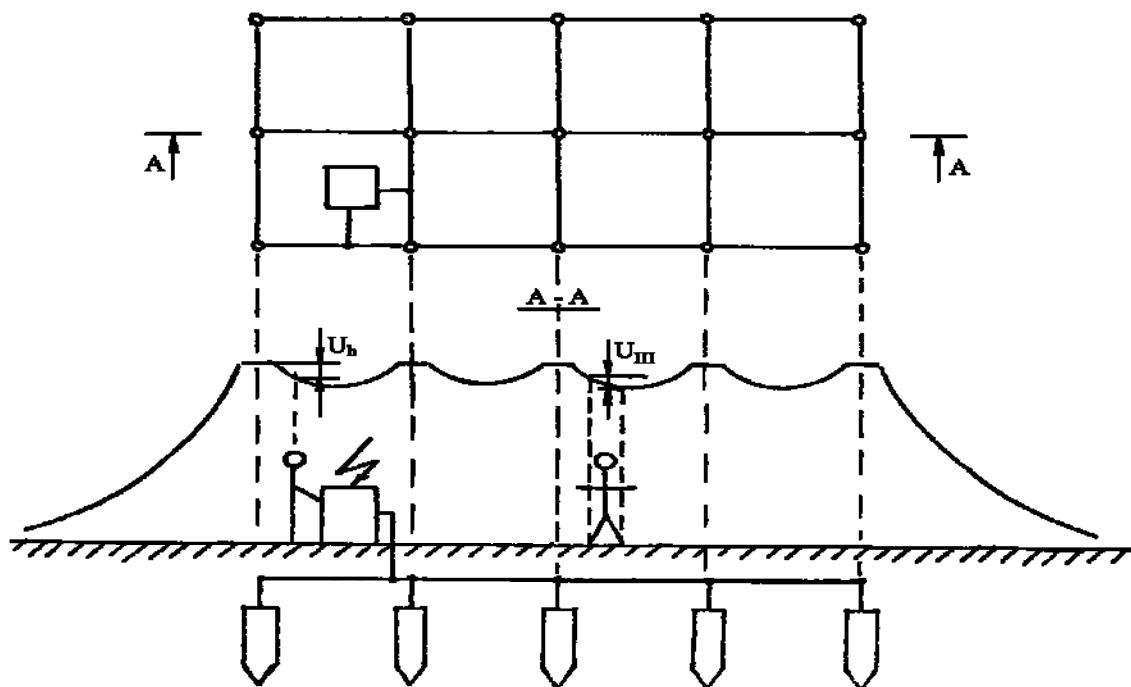


Рис. 4.5. Контурное заземляющее устройство

Безопасность при распределенном заземляющем устройстве может быть обеспечена не только уменьшением потенциала заземлителя, но и выравниванием потенциалов на защищаемой территории до таких значений, чтобы максимальные напряжения прикосновения и шага не превышали допустимых. Это достигается за счет соответствующего размещения одиночных заземлителей на защищаемой территории.

**Выполнение заземляющих устройств.** Различают заземлители *искусственные*, предназначенные исключительно для целей заземления, и *естественные* – сторонние проводящие части, находящиеся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемые для целей заземления.

Для *искусственных заземлителей* применяют обычно вертикальные и горизонтальные электроды.

В качестве *естественных заземлителей* могут использоваться: проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов); обсадные трубы артезианских колодцев, скважин, шурфов и т. п.; металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие соединения с землей; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле; металлические шпунты гидротехнических сооружений и т. п.



**Расчет защитного заземления** имеет целью определить основные параметры заземления – число, размеры и порядок размещения одиночных заземлителей и заземляющих проводников, при которых напряжения прикосновения и шага в период замыкания фазы на заземленный корпус не превышают допустимых значений.

*Для расчета заземления необходимы следующие сведения:*

- 1) характеристика электроустановки — тип установки, виды основного оборудования, рабочие напряжения, способы заземления нейтралей трансформаторов и генераторов и т. п.;
- 2) план электроустановки с указанием основных размеров и размещения оборудования;
- 3) формы и размеры электродов, из которых предусмотрено соорудить проектируемый групповой заземлитель, а также предполагаемая глубина погружения их в землю;
- 4) данные измерений удельного сопротивления грунта на участке, где должен быть сооружен заземлитель, и сведения о погодных (климатических) условиях, при которых производились эти измерения, а также характеристика климатической зоны. Если земля принимается двухслойной, то необходимо иметь данные измерений удельного сопротивления обоих слоев земли и толщина верхнего слоя;
- 5) данные о естественных заземлителях: какие сооружения могут быть использованы для этой цели и сопротивления их растеканию тока, полученные непосредственным измерением. Если по каким-либо причинам измерить сопротивление естественного заземлителя невозможно, то должны быть представлены сведения, позволяющие определить это сопротивление расчетным путем;
- 6) расчетный ток замыкания на землю. Если ток неизвестен, то его вычисляют обычными способами;
- 7) расчетные значения допустимых напряжений прикосновения (и шага) и время действия защиты, в случае если расчет производится по напряжениям прикосновения (и шага).

Расчет заземления производится обычно для случаев размещения заземлителя в однородной земле. В последние годы разработаны и начали применяться инженерные способы расчета заземлителей в многослойном грунте.

*При расчете заземлителей в однородной земле* учитывается, сопротивление верхнего слоя земли (слоя сезонных изменений), обусловленное промерзанием или высыханием грунта. Расчет производят способом, основанным на применении коэффициентов использования проводимости заземлителя и называемым поэтому *способом коэффициентов использования*. Его выполняют как при простых, так и при сложных конструкциях групповых заземлителей.

*При расчете заземлителей в многослойной земле* обычно принимают двухслойную модель земли с удельными сопротивлениями верхнего и нижнего слоев  $\rho_1$ , и  $\rho_2$  соответственно и толщиной (мощностью) верхнего слоя  $h_1$ . Расчет производится

способом, основанным на учете потенциалов, наведенных на электроды, входящие в состав группового заземлителя, и называемым поэтому *способом наведенных потенциалов*. Расчет заземлителей в многослойной земле более трудоемкий. Вместе с тем он дает более точные результаты. Его целесообразно применять при сложных конструкциях групповых заземлителей, которые обычно имеют место в электроустановках с эффективно заземленной нейтралью, т. е. в установках напряжением 110 кВ и выше.

При расчете заземляющего устройства любым способом необходимо определить для него требуемое сопротивление.

Определение *требуемого сопротивления* заземляющего устройства производят в соответствии с ПУЭ.

Для установок напряжением до 1 кВ сопротивление заземляющего устройства, используемого для защитного заземления открытых проводящих частей в системе типа IT должно соответствовать условию:

$$R_3 \leq \frac{U_{\text{пр.доп}}}{I_3},$$

где  $R_3$  - сопротивление заземляющего устройства, Ом;  $U_{\text{пр.доп}}$  – напряжение прикосновения, значение которого принимается равным 50 В;  $I_3$  – полный ток замыкания на землю, А.

Как правило, не требуется принимать значение сопротивления заземляющего устройства менее 4 Ом. Допускается сопротивление заземляющего устройства до 10 Ом, если соблюдено приведенное выше условие, а мощность трансформаторов и генераторов, питающих сеть, не превышает 100 кВА, в том числе суммарная мощность трансформаторов и (или) генераторов, работающих параллельно.

Для установок напряжением выше 1 кВ сопротивление заземляющего устройства должно соответствовать:

- 0,5 Ом при эффективно заземленной нейтрали (т. е. при больших токах замыкания на землю);
- $250/I_3$ , но не более 10 Ом при изолированной нейтрали (т. е. при малых токах замыкания на землю) и условии, что заземлитель используется только для электроустановок напряжением выше 1000 В.

В этих выражениях  $I_3$  — расчетный ток замыкания на землю.

В процессе эксплуатации может произойти повышение сопротивления растеканию тока заземлителя сверх расчетного значения, поэтому необходимо периодически контролировать значение сопротивления заземлителя.

---

## В. Зануление

---

**Назначение, принцип действия, область применения.** Зануление - это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Для соединения открытых проводящих частей потребителя электроэнергии с глухозаземленной нейтральной точкой источника используется нулевой защитный проводник.

*Нулевым защитным проводником (PE – проводник в системе TN – S) называется проводник, соединяющий зануляемые части (открытые проводящие части) с глухозаземленной нейтральной точкой источника питания трехфазного тока или с заземленным выводом источника питания однофазного тока, или с заземленной средней точкой источника питания в сетях постоянного тока.*

Нулевой защитный проводник следует отличать от нулевого рабочего и PEN – проводников.

Нулевой рабочий проводник (N – проводник в системе TN – S) – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников соединенный с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока.

Совмещенный (PEN - проводник в системе TN– C) нулевой защитный и нулевой рабочий проводник – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводника.

*Зануление* необходимо для обеспечения защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении за счет снижения напряжения корпуса относительно земли и быстрого отключения электроустановки от сети.

*Область применения зануления:*

- электроустановки напряжением до 1 кВ в трехфазных сетях переменного тока с заземленной нейтралью (система TN – S; обычно это сети 220/127, 380/220, 660/380 В);
- электроустановки напряжением до 1 кВ в однофазных сетях переменного тока с заземленным выводом;
- электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях постоянного тока с заземленной средней точкой источника.

*Принцип действия зануления.* При замыкании фазного провода на зануленный корпус электропотребителя (рис. 4.10) образуется цепь тока однофазного короткого замыкания

(то есть замыкания между фазным и нулевым защитным проводниками). Ток однофазного короткого замыкания вызывает срабатывание максимальной токовой защиты, в результате чего происходит отключение поврежденной электроустановки от питающей сети. Кроме того, до срабатывания максимальной токовой защиты происходит снижение напряжения поврежденного корпуса относительно земли, что связано с защитным действием повторного заземления нулевого защитного проводника и перераспределением напряжений в сети при протекании тока короткого замыкания.

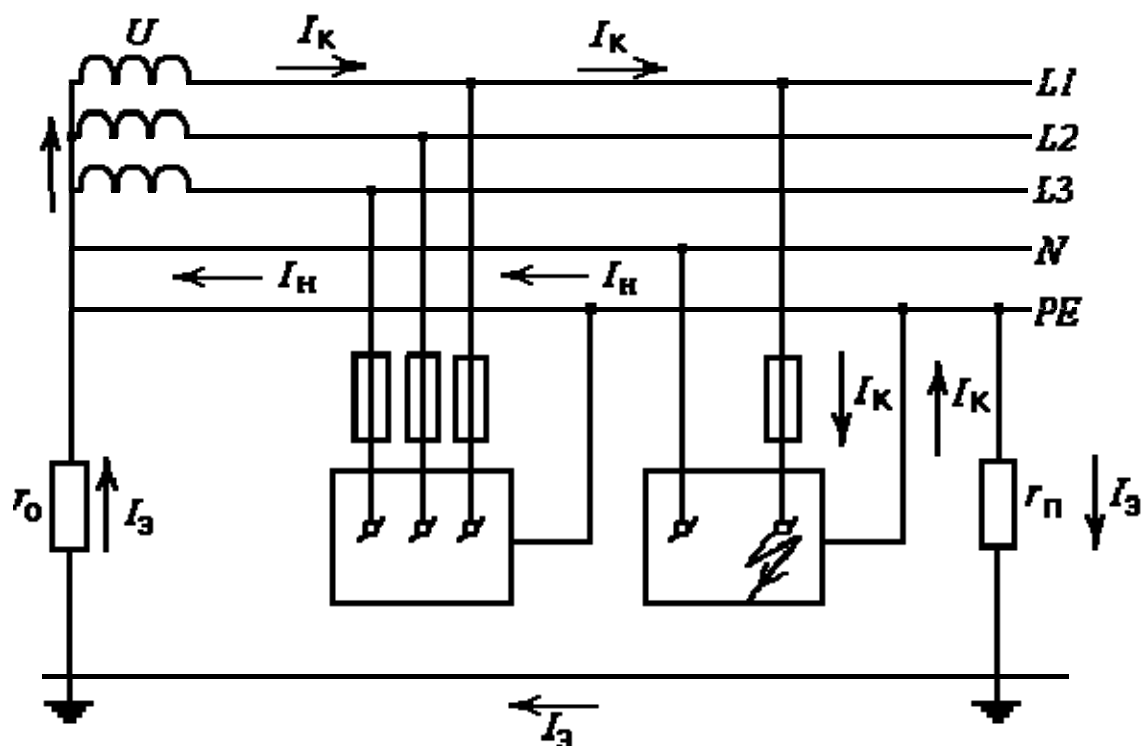


Рис. 4.6. Принципиальная схема зануления в системе TN - S

$I$  – корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.);  $2$  – аппараты защиты от токов КЗ (предохранители);  $R_0$  – сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока;  $R_{П}$  – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника;  $I_K$  – ток КЗ;  $I_H$  – часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник;  $I_3$  – часть тока КЗ, протекающего через землю – корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.);  $2$  – аппараты защиты от токов КЗ (предохранители);  $R_0$  – сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока;  $R_{П}$  – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника;  $I_K$  – ток КЗ;  $I_H$  – часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник;  $I_3$  – часть тока КЗ, протекающего через землю – корпус электроустановки (электродвигатель, трансформатор и т. п.);  $2$  – аппараты защиты от токов КЗ (предохранители);  $R_0$  – сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока;  $R_{П}$  – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника;  $I_K$  – ток КЗ;  $I_H$  – часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник;  $I_3$  – часть тока КЗ, протекающего через землю

Следовательно, зануление обеспечивает защиту от поражения электрическим током при замыкании на корпус за счет ограничения времени прохождения тока через тело человека и за счет снижения напряжения прикосновения.

В качестве максимальной токовой защиты, обеспечивающей быстрое отключение электроустановки в аварийном режиме могут использоваться плавкие предохранители

и автоматические выключатели, устанавливаемые для защиты от токов короткого замыкания, магнитные пускатели со встроенной тепловой защитой, контакторы в сочетании с тепловыми реле, осуществляющие защиту от перегрузки, автоматы с комбинированными расцепителями, осуществляющие защиту одновременно от токов короткого замыкания и перегрузки и др.

*Назначение отдельных элементов схемы зануления.* Из рис. 4.6 видно, что для схемы зануления необходимы нулевой защитный проводник, глухое заземление нейтрали источника тока и повторное заземление нулевого защитного проводника.

Рассмотрим назначение этих элементов применительно к наиболее распространенным электрическим сетям – трехфазным переменного тока.

*Назначение нулевого защитного проводника* в схеме зануления – обеспечить необходимое для отключения установки значение тока однофазного короткого замыкания путем создания для этого тока цепи с малым сопротивлением.

*Назначение заземления нейтрали* обмоток источника тока, питающего сеть до 1 кВ, предназначено для снижения напряжения зануленных открытых проводящих частей (а следовательно, нулевого защитного проводника) относительно земли до допустимого значения при замыкании фазного провода на землю.

*Повторное заземление нулевого защитного проводника* практически не влияет на время отключения электроустановки от сети. Однако, при эксплуатации зануления могут возникнуть такие ситуации, когда повторное заземление нулевого защитного проводника необходимо, например, при обрыве нулевого защитного проводника. При применении системы TN рекомендуется выполнять повторное заземление PE – и PEN – проводников на вводе в электроустановки зданий, а также в других доступных местах. Для повторного заземления нулевых защитных проводников следует в первую очередь использовать естественные заземлители. *В этом случае сопротивление растеканию тока заземлителя повторного заземления не нормируется.* Внутри больших и многоэтажных зданий аналогичную функцию выполняет уравнивание потенциалов посредством присоединения нулевого защитного проводника к главной заземляющей шине.

Повторному заземлению подвергаются нулевые рабочие провода воздушных линий, которые одновременно используются как нулевые защитные проводники (PEN – проводники). При этом в соответствии с ПУЭ повторные заземления выполняются на концах линий или ответвлений длиной более 200 м. При этом в первую очередь следует использовать естественные заземлители, например, подземные части опор, а также заземляющие устройства, предназначенные для грозовых перенапряжений.

Надежность зануления определяется в основном надежностью нулевого защитного проводника. В связи с этим требуется тщательная прокладка нулевого защитного проводника, чтобы исключить возможность его обрыва. Кроме того, *в нулевом защитном проводнике запрещается ставить выключатели, предохранители и другие приборы, способные нарушить его целостность.*

При соединении нулевых защитных проводников между собой должен обеспечиваться надежный контакт. Присоединение нулевых защитных проводников к частям электроустановок, подлежащих занулению, осуществляется сваркой или болтовым соединением, причем, значение сопротивления между зануляющим болтом и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью электроустановки, которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0,1 Ом. Присоединение должно быть доступно для осмотра.

*Нулевые защитные провода и открыто проложенные нулевые защитные проводники должны иметь отличительную окраску: по зеленому фону желтые полосы.*

В процессе эксплуатации зануления сопротивление петли “фаза-нуль” может меняться, следовательно, необходимо периодически контролировать значение этого сопротивления. Измерения сопротивления петли “фаза-нуль” проводят как после окончания монтажных работ, то есть при приемо-сдаточных испытаниях, так и в процессе эксплуатации в сроки, установленные в нормативно технической документации, а также при проведении капитальных ремонтов и реконструкций сети.

**Расчет зануления** имеет целью определить условия, при которых оно надежно выполняет возложенные на него задачи – быстро отключает поврежденную установку от сети и в то же время обеспечивает безопасность прикосновения человека к зануленному корпусу в аварийный период. В соответствии с этим зануление рассчитывают на отключающую способность. При этом в соответствии с ПУЭ должны выполняться следующие требования.

В системе TN время автоматического отключения питания не должно превышать значений, указанных в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения питания

Номинальное фазное напряжение $U$ , В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

Приведенные в таблице 4.1 значения времени отключения питания считаются достаточными для обеспечения электробезопасности, в том числе и в групповых цепях, питающих передвижные и переносные электроприемники и ручной электроинструмент класса I.

В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и другие щиты и щитки, время отключения не должно превышать 5 с.

Допускаются значения времени отключения более указанных в таблице 4.1, но не более 5 с в цепях, питающих только стационарные электроприемники от распределительных щитков или щитов при выполнении одного из следующих условий:

1) полное сопротивление защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком не превышает значения, Ом

$$50 \frac{Z_{\Sigma}}{U},$$

где  $Z_{\Sigma}$  – полное сопротивление цепи “фаза – нуль”, Ом;  $U$  – номинальное фазное напряжение сети, В; 50 – падение напряжения на участке защитного проводника между главной заземляющей шиной и распределительным щитом или щитком, В.

2) к шине РЕ распределительного щита или щитка присоединена дополнительная система уравнивания потенциалов, охватывающая те же сторонние проводящие части, что и основная система уравнивания потенциалов.

Расчет зануления на отключающую способность заключается в определении параметров нулевого защитного проводника (длина, сечение, материал) и максимальной токовой защиты, при которых ток однофазного короткого замыкания, возникающий при замыкании фазного провода на зануленный корпус, вызвал бы срабатывание максимальной токовой защиты за время, указанное в таблице 4.1.

---

## С. Защитное отключение

---

**Назначение, принцип действия, область применения.** *Защитным отключением называется* автоматическое отключение электроустановок при однофазном (однополюсном) прикосновении к частям, находящимся под напряжением, недопустимым для человека, и (или) при возникновении в электроустановке тока утечки (замыкания), превышающего заданные значения.

*Назначение защитного отключения* - обеспечение электробезопасности, что достигается за счет ограничения времени воздействия опасного тока на человека. Защита осуществляется специальным устройством защитного отключения (УЗО), которое, работая в дежурном режиме, постоянно контролирует условия поражения человека электрическим током.

Область применения: электроустановки в сетях с любым напряжением и любым режимом нейтрали.

Наибольшее распространение защитное отключение получило в электроустановках, используемых в сетях напряжением до 1 кВ с заземленной или изолированной нейтралью.

*Принцип работы УЗО* состоит в том, что оно постоянно контролирует входной сигнал и сравнивает его с наперед заданной величиной (уставкой). Если входной сигнал превышает уставку, то устройство срабатывает и отключает защищенную электроустановку от сети. В качестве входных сигналов устройств защитного отключения используют различные параметры электрических сетей, которые несут в себе информацию об условиях поражения человека электрическим током.

Все УЗО по виду входного сигнала классифицируют на несколько типов (рис. 4.11).



Рис.4.11. Классификация УЗО по виду входного сигнала

Кроме того УЗО могут классифицироваться по другим критериям, например, по конструктивному исполнению.

Основными элементами любого устройства защитного отключения являются датчик, преобразователь и исполнительный орган.

Основными параметрами, по которым подбирается то или иное УЗО являются: номинальный ток нагрузки т.е. рабочий ток электроустановки, который протекает через нормально замкнутые контакты УЗО в дежурном режиме; номинальное напряжение; уставка; время срабатывания устройства.

*Рассмотрим более подробно УЗО, реагирующее на потенциал корпуса относительно земли*, предназначенное для обеспечения безопасности при возникновении на заземленном (или зануленном) корпусе электроустановки повышенного потенциала. Датчиком в этом устройстве (рис.4.12) служит реле Р, обмотка которого включена между корпусом электроустановки и вспомогательным



заземлителем  $R_B$ . Электроды вспомогательного заземлителя  $R_B$  располагаются вне зоны растекания токов заземлителя  $R_3$ .

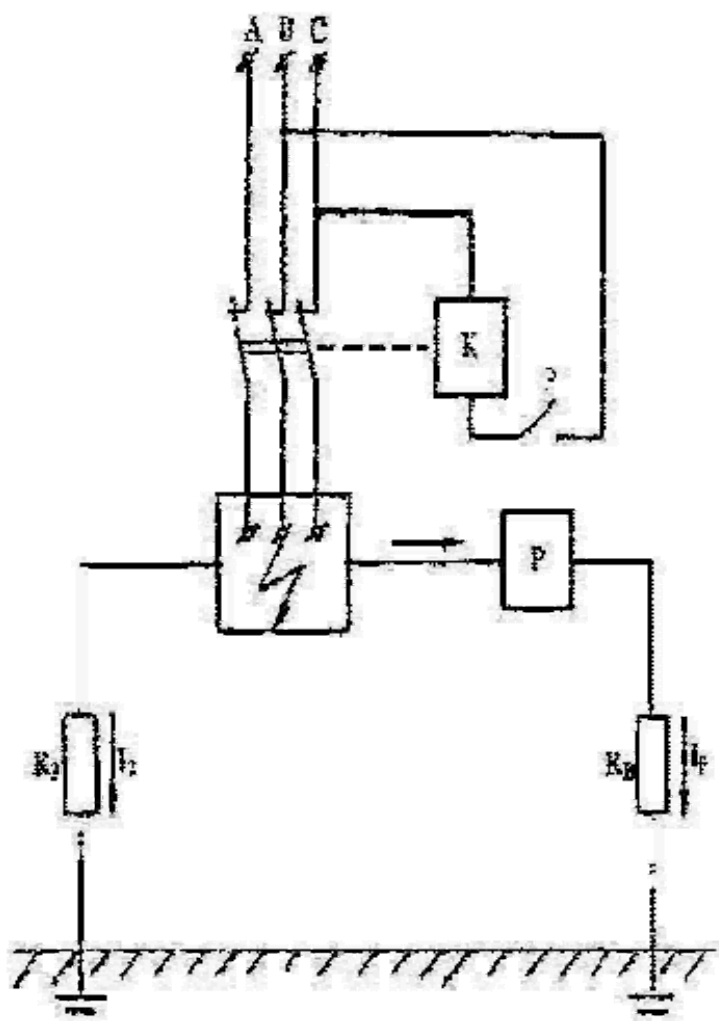


Рис.4.12. Схема УЗО, реагирующего на потенциал корпуса

При замыкании на корпус защитное заземление  $R_3$  снизит потенциал корпуса относительно земли до величины  $\varphi_3 = I_3 R_3$ . Если по каким-либо причинам окажется, что  $\varphi_3 > \varphi_{\text{здоп}}$ , где  $\varphi_{\text{здоп}}$  - потенциал корпуса, при котором напряжение прикосновения не превышает допустимого, то срабатывает реле Р, которое своими контактами замкнет цепь питания катушки коммутационного аппарата и произойдет отключение поврежденной электроустановки от сети.

Фактически данный тип УЗО дублирует защитные свойства заземления или зануления и применяется в качестве дополнительной защиты, повышая надежность заземления или зануления.

*Данный тип УЗО может применяться в сетях с любым режимом нейтрали, когда заземление или зануление неэффективно.*

**УЗО, реагирующее на дифференциальный (остаточный) ток**, находят широкое применение во всех отраслях промышленности. Характерной их особенностью

является многофункциональность. Такие УЗО могут осуществлять защиту человека от поражения электрическим током при прямом прикосновении, при косвенном прикосновении, при несимметричном снижении изоляции проводов относительно земли в зоне защиты устройства, при замыканиях на землю и в других ситуациях.

*Принцип действия* УЗО дифференциального типа заключается в том, что оно постоянно контролирует дифференциальный ток и сравнивает его с уставкой. При превышении значения дифференциального тока уставки УЗО срабатывает и отключает аварийный потребитель электроэнергии от сети. Входным сигналом для трехфазных УЗО является ток нулевой последовательности. Входной сигнал УЗО функционально связан с током, протекающим через тело человека  $I_h$ .

*Область применения* УЗО дифференциального типа – сети с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ (система TN - S).

Схема включения УЗО, реагирующего на дифференциальный ток в сети с заземленной нейтралью типа TN - S представлена на рис 4.13.

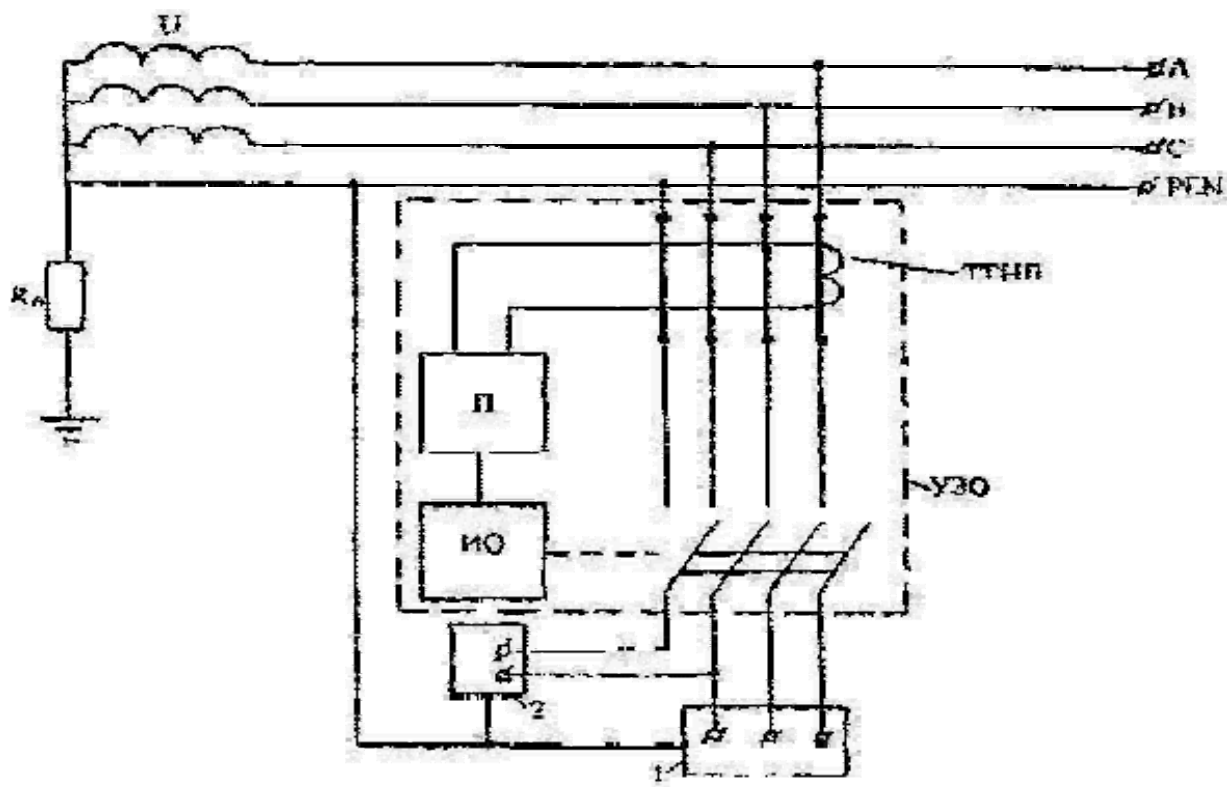


Рис.4.13. Схема подключения к сети УЗО (система TN – S), реагирующего на дифференциальный ток

Датчиком такого устройства является трансформатор тока нулевой последовательности (ТТНП), на выходных обмотках которого формируется сигнал, пропорциональный току через тело человека  $I_h$ . Преобразователь УЗО (П) сравнивает значение входного сигнала с уставкой, значение которой определяется допустимым током через человека, усиливает входной сигнал до уровня, необходимого для управления исполнительным органом (ИО). Исполнительный орган, например, контактор, отключает электроустановку от сети в случае возникновения опасности поражения электрическим током в зоне защиты УЗО.

*По условиям функционирования* дифференциальные УЗО подразделяются на следующие типы: АС, А, В, S, G.

УЗО типа АС – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно, либо медленно возрастающий.

УЗО типа А – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно, либо медленно возрастающие.

УЗО типа В – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальные токи.

УЗО типа S – устройство защитного отключения, селективное (с выдержкой времени отключения).

УЗО типа G – то же, что и типа S, но с меньшей выдержкой времени

*Конструктивно* дифференциальные УЗО разделяются на два типа:

**Электромеханические УЗО, функционально не зависящие от напряжения питания.** Источником энергии, необходимой для функционирования таких УЗО – выполнения защитных функций, включая операцию отключения, является сам входной сигнал – дифференциальный ток, на который оно реагирует.

**Электронные УЗО, функционально зависящие от напряжения питания.** Их механизм для выполнения операции отключения нуждается в энергии, получаемой либо от контролируемой сети, либо от внешнего источника.

Основными параметрами УЗО дифференциального типа являются:

Уставка (дифференциальный ток);

Время срабатывания;

Ток нагрузки;

Напряжение питания.

В настоящее время отечественной промышленностью выпускается целый ряд УЗО различного назначения. Кроме того, широко используются УЗО известных зарубежных фирм, таких как Siemens, ABB, GE Power, ABL Sursum, Hager, AEG, Baco, Legrand, Merlin-Gerin, Circutor и др.

Применение УЗО должно осуществляться в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) (Седьмое издание).

---

### III. ЗАЩИТА ОТ ШУМА

---

Среди основных чувств человека слух и зрение играют важнейшую роль - позволяют человеку владеть звуковыми и зрительными информационными полями.

Даже беглый анализ системы человек – машина – окружающая среда дает основание считать одной из приоритетнейших проблем взаимодействия человека с окружающей средой, особенно на локальном уровне (цех, участок), проблему шумового загрязнения среды.

Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы.

Знание физических закономерностей процесса излучения и распространения шума позволит принимать решения, направленные на снижение его негативного воздействия на человека.

---

#### 1. Звук. Основные характеристики звукового поля. Распространение звука

---

Понятие **звук**, как правило, ассоциируется со слуховыми ощущениями человека, обладающего нормальным слухом. Слуховые ощущения вызываются колебаниями упругой среды, которые представляют собой механические колебания, распространяющиеся в газообразной, жидкой или твердой среде и воздействующие на органы слуха человека. При этом колебания среды воспринимаются как звук только в определенной области частот (16 Гц - 20 кГц) и при звуковых давлениях, превышающих порог слышимости человека.

Частоты колебаний среды, лежащие ниже и выше диапазона слышимости, называются соответственно **инфразвуковыми** и **ультразвуковыми**. Они не имеют отношения к слуховым ощущениям человека и воспринимаются как физические воздействия среды.

---

#### А. Параметры звуковой волны

---

Звуковые колебания частиц упругой среды имеют сложный характер и могут быть представлены в виде функции времени  $a = a(t)$  (рис 3.1, а).

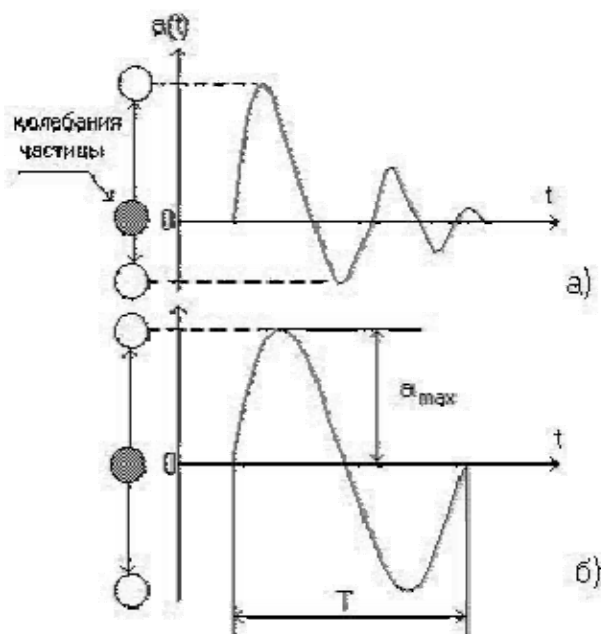


Рис.3.1. Колебания частиц воздуха.

Простейший процесс описывается синусоидой (рис. 3.1, б)

$$a(t) = a_{\max} \cdot \sin \omega t,$$

где  $a_{\max}$  - амплитуда колебаний;  $\omega = 2\pi f$  - угловая частота;  $f$  - частота колебаний.

Гармонические колебания с амплитудой  $a_{\max}$  и частотой  $f$  называются тоном.

Сложные колебания характеризуются эффективным значением на временном периоде  $T$

$$a_{\text{эфф}} = \left[ (1/T) \int_0^T a^2(t) dt \right]^{1/2}.$$

Для синусоидального процесса справедливо соотношение

$$a_{\text{эфф}} = a_{\max} / \sqrt{2} = 0.71 \cdot a_{\max}.$$

Для кривых другой формы отношение эффективного значения к максимальному составляет от 0 до 1.

*В зависимости от способа возбуждения колебаний различают:*

- плоскую звуковую волну, создаваемую плоской колеблющейся поверхностью;

- *цилиндрическую звуковую волну, создаваемую радиально колеблющейся боковой поверхностью цилиндра;*
- *сферическую звуковую волну, создаваемую точечным источником колебаний типа пульсирующий шар.*

Основными параметрами, характеризующими звуковую волну, являются:

- *звуковое давление  $p_{зв}$ , Па;*
- *интенсивность звука  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>.*
- *длина звуковой волны  $\lambda$ , м;*
- *скорость распространения волны  $c$ , м/с;*
- *частота колебаний  $f$ , Гц.*

Если в сплошной среде возбудить колебания, то они расходятся во все стороны. Наглядным примером являются колебания волн на воде. При этом следует различать скорость распространения механических колебаний  $u$  (в нашем случае видимые поперечные колебания воды) и **скорость распространения возмущающего действия**  $c$  (продольные акустические колебания).

С физической точки зрения распространение колебаний состоит в передаче импульса движения от одной молекулы к другой. Благодаря упругим межмолекулярным связям движение каждой из них повторяет движение предыдущей. Передача импульса требует определенной затраты времени, в результате чего движение молекул в точках наблюдения происходит с запаздыванием по отношению к движению молекул в зоне возбуждения колебаний. Таким образом, колебания распространяются с определенной скоростью. **Скорость распространения звуковой волны  $c$**  - это физическое свойство среды.

**Длина волны  $\lambda$**  равна длине пути, проходимого звуковой волной за один период  $T$ :

$$\lambda = c \cdot T,$$

где  $c$  - скорость звука,  $T = 1/f$ .

Звуковые колебания в воздухе приводят к его сжатию и разрежению. В областях сжатия давление воздуха возрастает, а в областях разрежения понижается. Разность между давлением, существующем в возмущенной среде  $p_{ср}$  в данный момент, и атмосферным давлением  $p_{атм}$ , называется **звуковым давлением** (рис.3.3). В акустике этот параметр является основным, через который определяются все остальные.

$$p_{зв} = p_{ср} - p_{атм}. \quad (3.1)$$

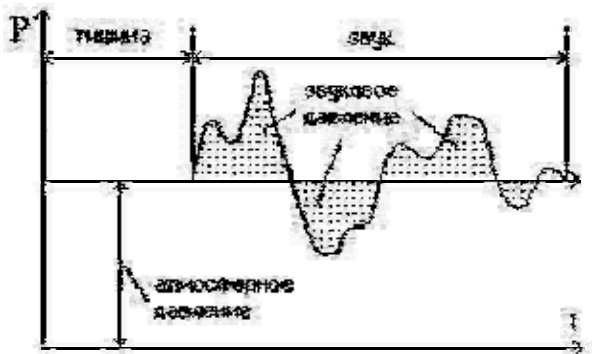


Рис.3.3. Звуковое давление

Среда, в которой распространяется звук, обладает **удельным акустическим сопротивлением**  $z_A$ , которое измеряется в Па\*с/м (или в кг/(м<sup>2</sup>\*с) и представляет собой отношение звукового давления  $p_{зв}$  к колебательной скорости частиц среды  $u$

$$z_A = p_{зв}/u = \rho * c, \quad (3.2)$$

где  $c$  - скорость звука, м;  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>.

Для различных сред значения  $z_A$  различны.

Звуковая волна является носителем энергии в направлении своего движения. Количество энергии, переносимой звуковой волной за одну секунду через сечение площадью 1 м<sup>2</sup>, перпендикулярное направлению движения, называется **интенсивностью звука**. Интенсивность звука определяется отношением звукового давления к акустическому сопротивлению среды Вт/м<sup>2</sup> :

$$I = p_m^2 / z_A \quad (3.3)$$

Для сферической волны от источника звука с мощностью  $W$ , Вт интенсивность звука на поверхности сферы радиуса  $r$  равна

$$I = W / (4\pi r^2),$$

то есть интенсивность *сферической волны* убывает с увеличением расстояния от источника звука. В случае *плоской волны* интенсивность звука не зависит от расстояния.

---

## В. Акустическое поле и его характеристики

---

Поверхность тела, совершающая колебания, является излучателем (источником) звуковой энергии, который создает акустическое поле.

**Акустическим полем** называют область упругой среды, которая является средством передачи акустических волн. Акустическое поле характеризуется:

- звуковым давлением  $p_{зв}$ , Па;
- акустическим сопротивлением  $z_A$ , Па\*с/м.

Энергетическими характеристиками акустического поля являются:

- интенсивность  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>;
- мощность звука  $W$ , Вт – количество энергии, проходящей за единицу времени через охватывающую источник звука поверхность.

Важную роль при формировании акустического поля играет *характеристика направленности звукоизлучения  $\Phi$* , т.е. угловое пространственное распределение образующегося вокруг источника звукового давления.

Все перечисленные величины взаимосвязаны и зависят от свойств среды, в которой распространяется звук.

Если акустическое поле не ограничено поверхностью и распространяется практически до бесконечности, то такое поле называют свободным акустическим полем.

В ограниченном пространстве (например, в закрытом помещении) распространение звуковых волн зависит от геометрии и акустических свойств поверхностей, расположенных на пути распространения волн.

Процесс формирования звукового поля в помещении связан с явлениями **реверберации** и **диффузии**.

Если в помещении начинает действовать источник звука, то в первый момент времени имеем только прямой звук. По достижении волной звукоотражающей преграды картина поля меняется из-за появления отраженных волн. Если в звуковом поле поместить предмет, размеры которого малы по сравнению с длиной звуковой волны, то практически не наблюдается искажения звукового поля. Для эффективного отражения необходимо, чтобы размеры отражающей преграды были больше или равны длине звуковой волны.

Звуковое поле, в котором возникает большое количество отраженных волн с различными направлениями, в результате чего удельная плотность звуковой энергии одинакова по всему полю, называется **диффузным полем**.

После прекращения источником излучения звука акустическая интенсивность звукового поля уменьшается до нулевого уровня за бесконечное время. Практически считается, что звук полностью затухает, когда его интенсивность падает в  $10^6$  раз от уровня, существующего в момент его выключения. Любое звуковое поле как элемент колеблющейся среды обладает собственной характеристикой затухания звука – **реверберацией** ("послезвучание").



---

## С. Уровни акустических величин

---

Человек ощущает звук в широком диапазоне звуковых давлений  $p_{зв}$  (интенсивностей  $I$ ).

**Стандартным порогом слышимости** называют эффективное значение звукового давления (интенсивности), создаваемого гармоническим колебанием с частотой  $f = 1000$  Гц, едва слышимым человеком со средней чувствительностью слуха.

Стандартному порогу слышимости соответствует звуковое давление  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па или интенсивность звука  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>. Верхний предел звуковых давлений, ощущаемых слуховым аппаратом человека, ограничивается болевым ощущением и принят равным  $p_{\max} = 20$  Па и  $I_{\max} = 1$  Вт/м<sup>2</sup>.

Величина слухового ощущения  $L$  при превышении звуковым давлением  $p_{зв}$  стандартного порога слышимости определяется по закону психофизики Вебера - Фехнера:

$$L = q \lg(p_{зв}/p_0),$$

где  $q$  - некоторая постоянная, зависящая от условий проведения эксперимента.

С учетом психофизического восприятия звука человеком для характеристики значений звукового давления  $p_{зв}$  и интенсивности  $I$  были введены **логарифмические величины – уровни  $L$**  (с соответствующим индексом), выраженные в безразмерных единицах – **децибелах**, дБ, названных в честь Грейма – Бела (увеличение интенсивности звука в 10 раз соответствует 1 Белу (Б) – 1Б = 10 дБ):

$$L_p = 10 \lg (p/p_0)^2 = 20 \lg (p/p_0), \quad (3.5, а)$$

$$L_I = 10 \lg (I/I_0). \quad (3.5, б)$$

Следует отметить, что при нормальных атмосферных условиях  $L_p = L_I$ .

По аналогии были введены также и уровни звуковой мощности

$$L_w = 10 \lg (W/W_0), \quad (3.5, в)$$

где  $W_0 = I_0 \cdot S_0 = 10^{-12}$  Вт – пороговая звуковая мощность на частоте 1000 Гц,  $S_0 = 1$  м<sup>2</sup>.

Безразмерные величины  $L_p$ ,  $L_I$ ,  $L_w$  достаточно просто измеряются приборами, поэтому их полезно использовать для определения абсолютных значений  $p$ ,  $I$ ,  $W$  по обратным к (3.5) зависимостям

$$p^2 = p_0^2 \cdot 10^{0.1L_p}, \quad (3.6, a)$$

$$I = I_0 \cdot 10^{0.1L_I}, \quad (3.6, б)$$

$$W = W_0 \cdot 10^{0.1L_W}. \quad (3.6, в)$$

Уровень суммы нескольких величин определяется по их уровням  $L_i, i = 1, 2, \dots, n$  соотношением

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} \right), \quad (3.7)$$

где  $n$  - количество складываемых величин.

Если складываемые уровни одинаковы ( $L_i = L$ ), то

$$L_{\Sigma} = L + 10 \lg n. \quad (3.8)$$

### III. ЗАЩИТА ОТ ШУМА

## 2. Производственный шум, его источники и характеристики

Понятие "**шум**" весьма субъективно. Всякий нежелательный в данный момент звук (или звуки) человек воспринимает как шум. Одни и те же звуки разными людьми могут восприниматься по-разному.

Физиологи и гигиенисты определяют **шум** как звук, *оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью.*

Машины и механизмы, используемые на производстве, являются источниками звуков различной частоты и интенсивности, изменяющихся во времени. Поэтому **производственный шум** рассматривают как *совокупность звуков различной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих у работающих неприятные субъективные ощущения.*

### A. Характеристики и виды производственных шумов

Производственный шум характеризуется **спектром**, который состоит из звуковых волн разных частот.

При исследовании шумов обычно слышимый диапазон 16 Гц - 20 кГц разбивают на полосы частот и определяют звуковое давление, интенсивность или звуковую мощность, приходящиеся на каждую полосу.

Как правило, **спектр шума** характеризуется *уровнями названных величин, распределенными по октавным полосам частот.*

*Полоса частот, верхняя граница которой превышает нижнюю в два раза, т.е.  $f_2 = 2 f_1$ , называется **октавой**.*

Для более детального исследования шумов иногда используются **третьеоктавные** полосы частот, для которых

$$f_2 = 2^{1/3} f_1 = 1,26 f_1 .$$

Октавная или третьеоктавная полоса обычно задается **среднегеометрической частотой**:

$$f_{\text{сг}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}.$$

Существует стандартный ряд среднегеометрических частот октавных полос, в которых рассматриваются спектры шумов ( $f_{\text{сг мин}} = 31,5$  Гц,  $f_{\text{сг макс}} = 8000$  Гц).

По *частотной характеристике* различают шумы:

- низкочастотные ( $f_{\text{сг}} < 250$ );
- среднечастотные ( $250 < f_{\text{сг}} \leq 500$ );
- высокочастотные ( $500 < f_{\text{сг}} \leq 8000$ ).

Производственные шумы имеют различные спектральные и временные характеристики, которые определяют степень их воздействия на человека. По этим признакам шумы подразделяют на несколько видов.

Таблица 3.5

Классификация шумов

Способ классификации	Вид шума	Характеристика шума
По характеру спектра шума	широкополосные	Непрерывный спектр шириной более одной октавы
	• тональные	В спектре которого имеются явно выраженные дискретные тона
По временным характеристикам	• постоянные	Уровень звука за 8 часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБ(А)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>непостоянные:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ колеблющиеся во времени</li> <li>▪ прерывистые</li> <li>▪ импульсные</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Уровень звука за 8 часовой рабочий день изменяется более чем на 5 дБ(А)</b></p> <p>Уровень звука непрерывно изменяется во времени</p> <p>Уровень звука изменяется ступенчато не более чем на 5 дБ(А), длительность интервала 1с и более</p> <p>Состоят из одного или нескольких звуковых сигналов, длительность интервала меньше 1с</p>
--	--	---

---

## В. Источники производственного шума и их характеристики

---

По природе возникновения *шумы машин или агрегатов делятся на:*

- *механические,*
- *аэродинамические и гидродинамические,*
- *электромагнитные.*

При работе различных механизмов, агрегатов, оборудования одновременно могут возникать шумы различной природы.

Любой источник шума характеризуется, прежде всего, звуковой мощностью.

**Звуковая мощность источника  $W$ , Вт** – это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство.

Если окружить источник шума замкнутой поверхностью площадью  $S$ , то звуковая мощность источника

$$W = \int_S I(S) dS = \int_S \frac{P^2(S)}{\rho c} dS,$$

где  $I(S)$ ,  $P(S)$  – законы распределения интенсивности звука и звукового давления по поверхности  $S$ .

Для характеристики источника шума используется также уровень звуковой мощности  $L_W$ , дБ

$$L_W = 10 \lg (W/W_0),$$

где  $W_0 = I_0 * S_0 = P_0^2 * S_0 / \rho c = 10^{-12}$  Вт – пороговая звуковая мощность на частоте 1000 Гц,  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>,  $S_0 = 1$  м<sup>2</sup>.

Для определения уровня звуковой мощности источника на некотором одинаковом от него расстоянии  $r$  в  $n$  точках измеряют уровень звукового давления  $P_l$  и вычисляют

$$L_W = 10 \lg S + L_{p \text{ сф}}, \quad (3.9)$$

где  $S$  - площадь сферы радиусом  $r$  (если источник расположен на полу помещения, то площадь полусферы),

$$L_{p\text{ ср}} = 10 \lg \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{pi}} \right).$$

Поскольку источники производственного шума, как правило, излучают звуки различной частоты и интенсивности, то полную шумовую характеристику источника дает *шумовой спектр - распределение звуковой мощности (или уровня звуковой мощности) по октавным полосам частот*.

Источники шума часто излучают звуковую энергию неравномерно по направлениям. Эта неравномерность излучения характеризуется коэффициентом  $\Phi(j)$  - фактором направленности.

**Фактор направленности**  $\Phi(j)$  показывает отношение интенсивности звука  $I(j)$ , создаваемого источником в направлении с угловой координатой  $j$  к интенсивности  $I_{\text{ср}}$ , которую развил бы в этой же точке ненаправленный источник, имеющий ту же звуковую мощность и излучающий звук во все стороны равномерно

$$\Phi(j) = I(j) / I_{\text{ср}} = p^2(\varphi) / p_{\text{ср}}^2,$$

где  $p_{\text{ср}}$  - звуковое давление (усредненное по всем направлениям на постоянном расстоянии от источника);  $p(\varphi)$  - звуковое давление в угловом направлении  $\varphi$ , измеренное на том же расстоянии от источника.

**Характеристику направленности** излучения можно описать через соответствующие уровни в дБ:

$$G(\varphi) = 10 \lg \Phi(\varphi) = 10 \lg (I(\varphi) / I_{\text{ср}}) = 20 \lg (p(\varphi) / p_{\text{ср}}) = L - L_{\text{ср}}. \quad (3.10)$$

*Стандартными шумовыми характеристиками*, которые указываются в прилагаемой к машине технической документации, являются:

- *уровни звуковой мощности*, дБ в октавных полосах частот;
- *корректированный по шкале А уровень звуковой мощности*  $L_{WA}$ , дБА:

$$L_{WA} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{WAi}}, \quad (3.11)$$

$$L_{WAi} = L_{Wi} - \Delta L_{Ai},$$

где  $L_{Wi}$  - уровень звуковой мощности  $i$ -ой октавы, дБ;  $\Delta L_{Ai}$  - поправка по шкале А;

- максимальный показатель направленности излучения шума  $G_{\text{max}}(\varphi)$  в октавных полосах частот в дБ;
- максимальный показатель направленности излучения шума  $G_{\text{max}}(\varphi)$ , дБА.

---

## С. Измерение шума. Шумомеры

---

*Все методы измерения шумов делятся на стандартные и нестандартные.*

**Стандартные измерения** регламентируются соответствующими стандартами и обеспечиваются стандартизованными средствами измерения. Величины, подлежащие измерению, так же стандартизованы.

**Нестандартные методы** применяются при научных исследованиях и при решении специальных задач.

Измерительные стенды, установки, приборы и звукоизмерительные камеры подлежат метрологической аттестации в соответствующих службах с выдачей аттестационных документов, в которых указываются основные метрологические параметры, предельные значения измеряемых величин и погрешности измерения.

*Стандартными величинами, подлежащими измерению, для постоянных шумов являются:*

- уровень звукового давления  $L_p$ , дБ, в октавных или третьоктавных полосах частот в контрольных точках;
- скорректированный по шкале А уровень звука  $L_A$ , дБА, в контрольных точках.

*Для непостоянных шумов* измеряются эквивалентные уровни  $L_{pэк}$  или  $L_{Aэк}$ .

*Стандартные шумовые характеристики источников шума  $L_W$ ,  $L_{WA}$ ,  $G_{max}(\varphi)$ ,  $G_{maxA}(\varphi)$  определяются с использованием соответствующих зависимостей (3.9, 3.10, 3.11) по измеренным уровням звукового давления.*

**Шумоизмерительные приборы - шумомеры** - состоят, как правило, из датчика (микрофона), усилителя, частотных фильтров (анализатора частоты), регистрирующего прибора (самописца или магнитофона) и индикатора, показывающего уровень измеряемой величины в дБ. Шумомеры снабжены блоками частотной коррекции с переключателями А, В, С, D и временных характеристик с переключателями F (fast) - быстро, S (slow) - медленно, I (pk) - импульс. Шкалу F применяют при измерениях постоянных шумов, S - колеблющихся и прерывистых, I - импульсных.

По точности шумомеры делятся на четыре класса 0, 1, 2 и 3. Шумомеры класса 0 используются как образцовые средства измерения; приборы класса 1 - для лабораторных и натурных измерений; 2 - для технических измерений; 3 - для ориентировочных измерений. Каждому классу приборов соответствует диапазон

измерений по частотам: шумомеры классов 0 и 1 рассчитаны на диапазон частот от 20 Гц до 18 кГц, класса 2 - от 20 Гц до 8 кГц, класса 3 - от 31,5 Гц до 8 кГц.

Для измерения эквивалентного уровня шума при усреднении за длительный период времени применяются интегрирующие шумомеры.

Приборы для измерения шума строятся на основе частотных анализаторов, состоящих из набора **полосовых фильтров** и приборов, показывающих уровень звукового давления в определенной полосе частот.

В зависимости от вида частотных характеристик фильтров анализаторы подразделяются на октавные, третьооктавные и узкополосные.

Частотная характеристика фильтра  $K(f) = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$  представляет собой зависимость коэффициента передачи сигнала со входа фильтра  $U_{\text{вх}}$  на его выход  $U_{\text{вых}}$  от частоты сигнала  $f$ .

Частотная характеристика типового *октавного полосового фильтра* показана на рис.3.6. Полосовой фильтр характеризуется полосой пропускания  $B = f_2 - f_1$ , т.е. областью частот между двумя частотами  $f_1$  и  $f_2$ , на которых частотная характеристика  $K(f)$  имеет значение (затухание) не более 3 дБ.

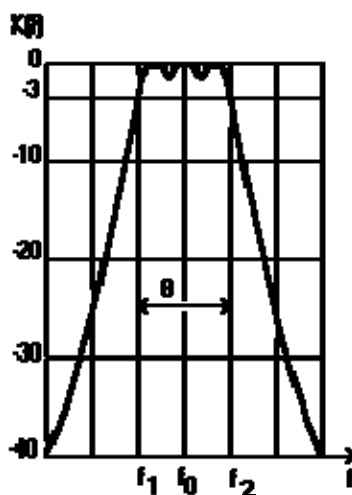


Рис.3.6. Частотная характеристика октавного фильтра

$f_1$  и  $f_2$  - частоты среза фильтра,  $f_0 = (f_1 * f_2)^{1/2}$  - центральная частота фильтра

Для измерения производственных шумов преимущественно используется прибор ВШВ-003-М2, относящийся к шумомерам I класса точности и позволяющий измерять скорректированный уровень звука по шкалам А, В, С; уровень звукового давления в диапазоне частот от 20 Гц до 18 кГц и октавных полосах в диапазоне среднегеометрических частот от 16 до 8 кГц в свободном и диффузном звуковых полях. Прибор предназначен для измерения шума в производственных помещениях и жилых кварталах в целях охраны здоровья; при разработке и контроле качества изделий; при исследованиях и испытаниях машин и механизмов.



---

## III. ЗАЩИТА ОТ ШУМА

### 3. Негативное воздействие шума на человека и защита от него

---

Слух позволяет человеку воспринимать звуковую информацию. Вместе с тем, насыщение окружающего пространства шумами повышенной интенсивности может привести к искажению звуковой информации и нарушению слуховой активности человека.

Проявление вредного воздействия шума на организм человека весьма разнообразно.

Наиболее опасно длительное воздействие интенсивного шума на слух человека, которое может привести к частичной или полной потере слуха. Медицинская статистика показывает, что тугоухость в последние годы выходит на ведущее место в структуре профессиональных заболеваний и не имеет тенденции к снижению.

Поэтому важно знать особенности восприятия звука человеком, допустимые с точки зрения обеспечения здоровья, высокой производительности и комфортности уровни шума, а также средства и способы борьбы с шумом.

---

#### А. Восприятие шума человеком

---

Восприятие звука человеческим ухом представляет собой сложный процесс. Человеческое ухо неодинаково реагирует на звуки с разными частотами. Чувствительность уха заметно увеличивается при частотах от 20 до 1000 Гц. Наибольшей чувствительностью человеческое ухо обладает в диапазоне частот от 1000 Гц до 4000 Гц, где она практически постоянна. После частоты 4000 Гц чувствительность уха снова уменьшается. Чтобы услышать низкий тон с частотой 50 Гц, требуется звуковое давление, в 100 раз превышающее звуковое давление, соответствующее тону с частотой 1000 Гц.

Человек воспринимает звуковое давление и оценивает громкость звука. Единица измерения уровня громкости звука - **фон** - это уровень громкости звука, для которого уровень звукового давления равногромкого с ним звука частотой 1000 Гц равен 1 дБ, т.е.

$$L_p(f) = L_p(f = 1000 \text{ Гц}).$$

Уровень одинаковой громкости звуковых сигналов в фонах на разных частотах не соответствует уровню звукового давления в децибелах и совпадают они лишь на частоте 1000 Гц.

Чтобы оценить уровень громкости шума со сложным спектром одним числом, используется стандартная частотная характеристика А, приближающаяся к частотной характеристике чувствительности человеческого уха. При этом для коррекции уровней звукового давления (приведения в соответствие с уровнями громкости) в каждой октавной полосе частот используются поправки по шкале А.

Корректированный по шкале А уровень шума  $L = L_{\phi}$  называется акустическим уровнем шума с единицей измерения дБ(А) (или дБА).

Коррекция по шкале А используется для оценки шума на рабочих местах и шумовых характеристик источников шума.

Шум производственного происхождения меняется по интенсивности, частоте и времени в зависимости от типа и количества машин и механизмов, задействованных в технологическом процессе. Поэтому оценку шумового загрязнения среды и его действия на человека целесообразно проводить, используя понятие **эквивалентного уровня энергии шума**  $E_{\text{экв}}$ , который определяется математическим методом и соответствует по энергии уровню соответствующего постоянного шума,

$$E_{\text{экв}} = (1/t_{\text{ш}}) \int_0^{t_{\text{ш}}} E_{\text{ш}}(t) dt$$

где  $t_{\text{ш}}$  - время действия шума;  $E_{\text{ш}}(t)$  - изменение энергии шума во времени.

Эквивалентная энергия должна быть меньше максимально допустимой энергии, при которой появляются отрицательные последствия. Предполагается, что повреждение, вызванное воздействием переменного шума  $E_{\text{ш}}(t)$ , равно повреждению, вызванному постоянным шумом такой же энергии  $E_{\text{экв}}$ . Таким образом, если время воздействия снижается в 2-3 раза, то максимально допустимый уровень звуковой энергии можно увеличить во столько же раз соответственно. Такой подход используется при измерении и нормировании непостоянных шумов.

---

## В. Вредные воздействия шума на организм человека

---

Проявление **вредного воздействия шума на организм человека** весьма разнообразно.

*Длительное воздействие интенсивного шума* (выше 80 дБА) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. В зависимости от длительности и интенсивности воздействия шума происходит большее или меньшее снижение чувствительности органов слуха, выражающееся временным смещением порога слышимости, которое исчезает после окончания воздействия шума, а при большой длительности и (или) интенсивности шума происходят необратимые **потери слуха (тугоухость)**, характеризуемые постоянным изменением порога слышимости.

Различают следующие степени потери слуха:

- I степень (легкое снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот составляет 10 - 20 дБ, на частоте 4000 Гц – 20 - 60 дБ;
- II степень (умеренное снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот составляет 21 - 30 дБ, на частоте 4000 Гц – 20 - 65 дБ;
- III степень (значительное снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот составляет 31 дБ и более, на частоте 4000 Гц – 20 - 78 дБ.

*Действие шума на организм человека не ограничивается воздействием на орган слуха.* Через волокна слуховых нервов раздражение шумом передается в центральную и вегетативную нервную системы, а через них воздействует на внутренние органы, приводя к значительным изменениям в функциональном состоянии организма, влияет на психическое состояние человека, вызывая чувство беспокойства и раздражения. Человек, подвергающийся воздействию интенсивного (более 80 дБ) шума, затрачивает в среднем на 10 – 20% больше физических и нервно-психических усилий, чтобы сохранить выработку, достигнутую им при уровне звука ниже 70 дБ(А). Установлено повышение на 10 – 15% общей заболеваемости рабочих шумных производств. Воздействие на вегетативную нервную систему проявляется даже при небольших уровнях звука (40 – 70 дБ(А)). Из вегетативных реакций наиболее выраженным является нарушение периферического кровообращения за счет сужения капилляров кожного покрова и слизистых оболочек, а также повышения артериального давления (при уровнях звука выше 85 дБ(А)).

Воздействие шума на центральную нервную систему вызывает увеличение латентного (скрытого) периода зрительной моторной реакции, приводит к нарушению подвижности нервных процессов, изменению электроэнцефалографических показателей, нарушает биоэлектрическую активность головного мозга с проявлением общих функциональных изменений в организме (уже при шуме 50 – 60 дБ(А)), существенно изменяет биопотенциалы мозга, их динамику, вызывает биохимические изменения в структурах головного мозга.

*При импульсных и нерегулярных шумах* степень воздействия шума повышается.

Изменения в функциональном состоянии центральной и вегетативной нервных систем наступают гораздо раньше и при меньших уровнях шума, чем снижение слуховой чувствительности.

В настоящее время "шумовая болезнь" характеризуется комплексом симптомов:

- снижение слуховой чувствительности;
- изменение функции пищеварения, выражающейся в понижении кислотности;
- сердечно-сосудистая недостаточность;
- нейроэндокринные расстройства.

Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т.д. Воздействие шума может вызывать негативные изменения эмоционального состояния человека, вплоть до

стрессовых. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Установлено, что при работах, требующих повышенного внимания, при увеличении уровня звука от 70 до 90 дБА производительность труда снижается на 20%.

*Ультразвуки* (свыше 20000 Гц) также являются причиной повреждения слуха, хотя человеческое ухо на них не реагирует. Мощный ультразвук воздействует на нервные клетки головного мозга и спинной мозг, вызывает жжение в наружном слуховом проходе и ощущение тошноты.

Не менее опасными являются *инфразвуковые* воздействия акустических колебаний (менее 20 Гц). При достаточной интенсивности инфразвуки могут воздействовать на вестибулярный аппарат, снижая слуховую восприимчивость и повышая усталость и раздражительность, и приводят к нарушению координации. Особую роль играют инфрачастотные колебания с частотой 7 Гц. В результате их совпадения с собственной частотой альфа - ритма головного мозга наблюдаются не только нарушения слуха, но и могут возникать внутренние кровотечения. Инфразвуки (6 – 8 Гц) могут привести к нарушению сердечной деятельности и кровообращения.

---

## С. Нормирование шума

---

Шум оказывает негативное влияние на весь организм человека. Шумы средних уровней (менее 80 дБА) не вызывают потери слуха, но тем не менее оказывают утомляющее неблагоприятное влияние, которое складывается с аналогичными влияниями других вредных факторов и зависит от вида и характера трудовой нагрузки на организм.

Нормирование шума призвано предотвратить нарушение слуха и снижение работоспособности и производительности труда работающих.

Для разных видов шумов применяются различные способы нормирования.

Для постоянных шумов нормируются уровни звукового давления  $L_{Pi}$  (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для ориентировочной оценки шумовой характеристики рабочих мест допускается за шумовую характеристику принимать уровень звука  $L$  в дБ(А), измеряемый по временной характеристике шумомера «S - медленно».

Нормируемыми параметрами прерывистого и импульсного шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления  $L_{экв}$  в дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Для непостоянных шумов нормируется так же эквивалентный уровень звука в дБ(А).

Допустимые уровни звукового давления для рабочих мест служебных помещений и для жилых и общественных зданий и их территорий различны.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) в дБ в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА для жилых и общественных зданий и их территорий следует принимать в соответствии со СНиП 11-12-88 "Защита от шума".

---

## D. Акустический расчет

---

Необходимость проведения мероприятий по снижению шума определяется:

- на действующих предприятиях на основании измерений уровней звукового давления на рабочих местах с последующим сравнением этих уровней с допустимыми по нормам  $L_{p\text{доп}}$ ,
- на проектируемых предприятиях – на основании проведенного акустического расчета.

**Акустический расчет включает:**

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор расчетных точек и определение допустимых уровней звукового давления  $L_{\text{доп}}$  для этих точек;
- расчет ожидаемых уровней звукового давления  $L_p$  в расчетных точках;
- расчет необходимого снижения шума в расчетных точках;
- разработка строительно-акустических мероприятий для обеспечения требуемого снижения шума или по защите от шума (с расчетом).

*Акустический расчет выполняется во всех расчетных точках для восьми октавных полос со среднегеометрическими частотами от 63 до 8000 Гц с точностью до десятых долей дБ. Окончательный результат округляют до целых значений.*

**Исходными данными для акустического расчета являются:**

- геометрические размеры помещения;
- спектр шума источника (или источников) излучения;
- характеристика помещения;
- характеристика преграды;
- расстояние от центра источника (источников) до рабочей точки.

**Выбор расчетных точек.** Расчетные точки при акустических расчетах следует выбирать внутри помещений зданий и сооружений, а также на территории на рабочих местах или в зоне постоянного пребывания людей на высоте 1,2 – 1,5 м от уровня пола рабочей площадки или планировочной отметки территории.

При этом внутри помещения, в котором один источник шума или несколько источников шума с одинаковыми октавными уровнями звукового давления, следует

выбирать не менее двух расчетных точек: одну на рабочем месте, расположенном в зоне отраженного звука, а другую – на рабочем месте в зоне прямого звука, создаваемого источниками шума.

Если в помещении несколько источников шума, отличающихся друг от друга по октавным уровням звукового давления на рабочих местах более чем на 10 дБ, то в зоне прямого звука следует выбирать две расчетные точки: на рабочих местах у источников с наибольшими и наименьшими уровнями звукового давления  $L_p$  в дБ.

**Расчет ожидаемых уровней звукового давления  $L_p$  в расчетных точках.** В зависимости от того, где находится источник шума и расчетные точки (в свободном звуковом поле или в помещении), применяют различные методики расчета:

- **Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления в помещении:**
  - с одним источником шума;
  - с несколькими источниками шума;
  - изолированном от источников шума;
- **Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления при распространении звука в свободном пространстве.**

**Расчет требуемого снижения уровней звукового давления.** Уровни звукового давления в расчетных точках не должны превосходить уровней, допустимых по нормам во всех октавных полосах со средними геометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Требуемое снижение уровней звукового давления определяется по формуле

$$DL_p$$

$$L_{pi, \text{рт}} = L_{pi} - L_{pi, \text{доп}}, \text{ дБ},$$

где  $L_{pi, \text{рт}}$  – уровень звукового давления в  $i$ -ой октавной полосе, определяемый в расчетных точках проектируемого предприятия;  $L_{pi, \text{доп}}$  – уровень звукового давления в той же полосе частот согласно допустимым нормам, определяемый в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83.

---

## Е. Способы защиты от шума

---

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые.

Защита от шума должна обеспечиваться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, в том числе строительно-акустических, применением средств индивидуальной защиты.

В первую очередь следует использовать средства коллективной защиты. По отношению к источнику возбуждения шума коллективные средства защиты подразделяются на *средства, снижающие шум в источнике* его возникновения, и *средства, снижающие шум на пути его распространения* от источника до защищаемого объекта.

**Снижение шума в источнике** осуществляется за счет улучшения конструкции машины или изменения технологического процесса. Средства, снижающие шум в источнике его возникновения в зависимости от характера шумообразования подразделяются на средства, снижающие шум механического происхождения, аэродинамического и гидродинамического происхождения, электромагнитного происхождения.

**Методы и средства коллективной защиты** в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно - технические и включают в себя:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- акустическую обработку помещений;
- применение звукоизоляции.

К архитектурно-планировочным решениям также относится создание *санитарно-защитных зон* вокруг предприятий. По мере увеличения расстояния от источника уровень шума уменьшается. Поэтому создание санитарно-защитной зоны необходимой ширины является наиболее простым способом обеспечения санитарно-гигиенических норм вокруг предприятий.

Выбор ширины санитарно-защитной зоны зависит от установленного оборудования, например, ширина санитарно-защитной зоны вокруг крупных ТЭС может составлять несколько километров. Для объектов, находящихся в черте города, создание такой санитарно-защитной зоны порой становится неразрешимой задачей. Сократить ширину санитарно-защитной зоны можно уменьшением шума на путях его распространения.

**Средства индивидуальной защиты (СИЗ)** применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся.

Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя.

Наиболее эффективны СИЗ, как правило, в области высоких частот.

СИЗ включают в себя противозумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

---

## IV. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

---

Большое количество информации, получаемой человеком из внешнего мира, поступает через зрительный канал.

Качество получаемой информации, получаемой посредством зрения, во многом зависит от освещения.

Неудовлетворительное освещение может исказить информацию; кроме того, оно утомляет не только зрение, но вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может также являться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы и блики от них, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю ориентации работающих.

Кроме того, при неудовлетворительном освещении снижается производительность труда и увеличивается брак в работе.

---

### 1. Основные характеристики освещения

---

К видимому излучению оптического спектра относят излучение с длиной волны 380 – 780 нм. В этом диапазоне волны определенной длины (монохроматический свет) вызывают цветное ощущение.

**Освещение характеризуют следующие величины.**

**Световой поток  $\Phi$**  – видимая часть оптического излучения, которая воспринимается зрением человека как свет.

Единицей измерения светового потока является люмен (лм). *Один люмен - это световой поток, излучаемый точечным источником с силой света  $I$  кандела (кд) в телесном угле в 1 стерадиан (ср).*

**Сила света  $I$**  – пространственная плотность светового потока в направлении оси телесного угла  $d\omega$

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}.$$



Единицей измерения силы света является кандела (кд). *Одна кандела это сила света, испускаемая в перпендикулярном направлении с площади  $1/600000 \text{ м}^2$  черного тела при температуре затвердевания платины  $T = 2045 \text{ К}$  и давлении  $101325 \text{ Па}$ .*

**Телесный угол  $\omega$**  – часть пространства, заключенная внутри конической поверхности. Измеряется отношением площади, вырезаемой им из сферы произвольного радиуса к квадрату последнего.

$$\omega = \frac{S}{r^2}.$$

Единицей измерения телесного угла является стерадиан (ср). *Если  $S = r^2$ , то  $\omega = 1 \text{ ср}$ .*

**Освещенность  $E$**  – поток, падающий на бесконечно малую поверхность площадью  $dS$

или поверхностная плотность светового потока. Единица освещенности – люкс (лк). *Один лк – это освещенность  $1 \text{ м}^2$  поверхности при падении на нее светового потока в  $1 \text{ лм}$ .*

### **Яркость**

**$L$**  – поверхностная плотность силы света светящейся поверхности в данном направлении или поток, проходящий через бесконечно малую площадку в пределах бесконечно малого телесного угла  $d\omega$  в направлении оси этого телесного угла

$$L = \frac{dI}{dS \cos \alpha},$$

где  $\alpha$  - угол между направлениями силы света и вертикалью.

Для диффузно отражающих поверхностей

$$L = \frac{E\rho}{\pi}.$$

где  $\rho$  - коэффициент отражения, определяется отношением отраженного от плоскости светового потока к падающему световому потоку на эту плоскость

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i}.$$

Единица яркости – кандела на квадратный метр ( $\text{кд}/\text{м}^2$ ). *Одна  $\text{кд}/\text{м}^2$  – это яркость равномерно светящейся плоской поверхности, излучающей в перпендикулярном направлении с площади  $S = 1 \text{ м}^2$  силу света в  $1 \text{ кд}$ .* Яркость является величиной,

непосредственно воспринимаемой глазом. При постоянстве освещенности яркость предмета тем больше, чем больше его отражательная способность, т.е. светлота.

**Показатель ослепленности  $P$**  – критерий слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением:

$$P = (S - 1) \cdot 100,$$

где  $S$  – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

**Коэффициент пульсации освещенности  $K_m$ , %** – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, выражающийся формулой

$$K_m = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} 100\%$$

где  $E_{\max}$  и  $E_{\min}$  – соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк;  $E_{\text{ср}}$  – среднее значение освещенности за этот же период, лк.

**Показатель дискомфорта  $M$**  – критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, выражающийся формулой

$$M = \frac{L_c \omega^{0.5}}{\varphi_\theta L_{\text{ад}}^{0.5}},$$

где  $L_c$  – яркость блестящего источника, кд/м<sup>2</sup>,  $\omega$  – угловой размер блестящего источника, ср,  $\varphi_\theta$  – индекс позиции блестящего источника относительно линии зрения,  $L_{\text{ад}}$  – яркость адаптации, кд/м<sup>2</sup>.

**Измерение параметров освещения.** Основным параметром, используемым при оценке освещения, является освещенность  $E$ , измеряемая в лк.

Для измерения освещенности используются люксметры различных типов.

Примером аналогового люксметра может служить прибор **Ю – 116**, принцип работы которого основан на явлении фотоэлектрического эффекта.

Под влиянием светового потока, падающего на селеновый фотоэлемент, в замкнутой цепи возникает ток, величина которого пропорциональна световому потоку. Прибор проградуирован в люксах. Существенным преимуществом селенового фотоэлемента по сравнению с другими типами фотоэлементов является то, что его кривая спектральной чувствительности наиболее близко совпадает с кривой относительной видности человеческого глаза. При измерении освещенности фотоэлемент устанавливается в рабочей плоскости (горизонтальной или вертикальной) на некотором расстоянии от оператора, проводящего измерения, чтобы тень не падала на фотоэлемент.

В настоящее время нашли широкое применение аналого – цифровые приборы, позволяющие измерять не только освещенность, но и другие параметры, характеризующие освещение, например, коэффициент пульсации или яркость.

Примером аналого – цифрового прибора может служить пульсметр-люксметр «АРГУС-07», который применяется для измерения освещенности и коэффициента пульсации. Принцип прибора основан на преобразовании светового потока, создаваемого протяженными объектами, в непрерывный электрический сигнал, пропорциональный освещенности, который затем преобразуется аналог – цифровым преобразователем в цифровой код, индицируемый на цифровом табло индикаторного блока. В измерительной головке установлен первичный преобразователь излучения – полупроводниковый кремниевый фотодиод с системой светофильтров, формирующих спектральную чувствительность, соответствующую кривой видности. Показания коэффициента пульсации индицируются в процентах, при этом прибор определяет максимальное, минимальное и среднее значение освещенности пульсирующего излучения и рассчитывает значение коэффициента пульсации по приведенной выше формуле.

---

## **2. Действие освещения на человека**

---

Высокая зрительная работоспособность и производительность труда тесно связаны с рациональным производственным освещением.

Для зрительного анализатора (ЗА) многообразие окружающего мира представлено различием предметов, объектов, характеризующихся размером, светлотой, контрастом с фоном и удаленностью от глаз.

Чем меньше размер объекта (до определенного предела) и контраст его с фоном и чем ближе его необходимо рассматривать, тем он труднее воспринимается глазом. Также трудно воспринимать объект большого размера и находящийся далеко, но плохо освещенный.

Следовательно, для нормальной работы ЗА ему необходимо предъявлять объекты не менее определенного размера и контраста с фоном и при достаточной освещенности.

Для зрительного анализатора как функциональной системы конечным результатом действия является восприятие окружающего мира, которое возможно только при наличии света ( рис. 4.1.).

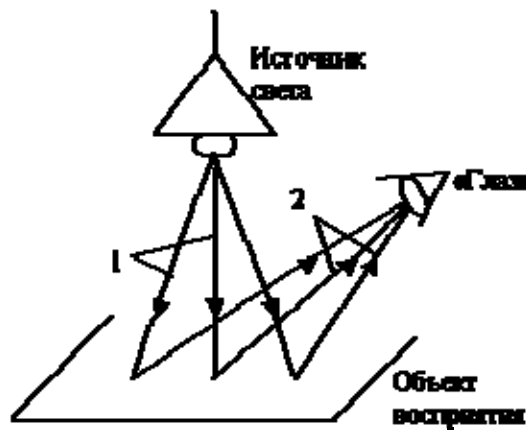


Рис.4.1. Восприятие отраженного света глазом

1 – освещенность, 2 – яркость.

Неудовлетворительное освещение может исказить информацию; кроме того, оно утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом.

Периферический отдел ЗА (глаза) состоит из трех основных функциональных частей:

- светочувствительная и различительная (сетчатка),
- оптическая (зрачок, роговица, хрусталик, стекловидное тело),
- мышечная (мышца зрачка, хрусталика и глазного яблока).

*Сетчатка* содержит светочувствительные элементы, которые распределены неравномерно: в центре преобладают колбочки, а по мере удаления к периферии – палочки.

Палочки обладают высокой степенью чувствительности к видимому излучению, действуют обычно при низкой освещенности (осуществляют сумеречное зрение) и не реагируют на цвета. Колбочки менее чувствительны к свету, действуют в дневное время и способны воспринимать цвета (осуществляют дневное зрение).

*Следует подчеркнуть, что ЗА человека реагирует на яркость, т.е. на световой поток, отразившийся от предмета по направлению к глазу. Отражательная способность или светлота окружающих нас предметов неодинакова. Вот почему при постоянстве освещения мы можем воспринимать многообразие оттенков окружающего нас мира.*

При воздействии меняющегося светового потока на сетчатку в ней происходят процессы зрительной адаптации, то есть процессы приспособления ЗА к работе в изменившихся условиях световой среды.

Различают два вида адаптации – *темновую и световую*.

При *темновой* адаптации (при переходе от света к темноте) зрачок расширен и в сетчатке происходят сложные процессы. При этом повышается чувствительность сетчатки к свету и создаются условия для выполнения зрительной работы в условиях недостаточной яркости (темноты). Указанные выше процессы длительны по времени и являются причиной быстрого зрительного утомления.

При *световой* адаптации (при переходе от темноты к свету) происходят обратные процессы, а при высоких уровнях яркости в адаптацию включается и зрачковый рефлекс, который незначителен по времени и не способствует выраженному зрительному утомлению.

Основной интегральной зрительной функцией является восприятие освещенного объекта. Эту функцию характеризует *острота зрения*, т.е. способность глаза видеть форму освещенного объекта, различать его очертания.

В основе интегральной функции ЗА лежит *световая и контрастная чувствительность*.

*Световая* чувствительность – способность сетчатой оболочки глаза реагировать на видимое излучение. Световая чувствительность глаза тем выше, чем меньше световая энергия, которая способна вызвать в ЗА ощущение света. Световая чувствительность может изменяться в весьма широких пределах воспринимаемых яркостей. Эта способность ЗА называется зрительной адаптацией.

*Контрастная* чувствительность характеризует различительную функцию глаза. Условием, позволяющим увидеть объект, является наличие яркостного контраста между ним и фоном. Способность глаза различать едва заметные разности яркостей обозначается термином контрастная чувствительность. Она характеризуется тем минимальным различием в уровнях яркости детали и фона, при котором глаз в состоянии воспринимать объект данного размера при заданной яркости фона.

При зрительной работе важна и скорость различения объекта.

В производственных условиях необходимо, чтобы детали и мелкие предметы, которые обрабатываются, различались в возможно более короткий промежуток времени, то есть особую роль играет скорость или быстрота зрительного восприятия. Проявление интегральной функции зрительного аппарата – остроты восприятия – во времени характеризует зрительную работоспособность.

Выполнение зрительной работы при недостаточной освещенности может привести к развитию некоторых дефектов глаза.

Дефекты глаза делят на два основных вида:

а) близорукость ложная и истинная;

*Причиной развития близорукости кроме наследственных факторов может являться большая зрительная нагрузка, выполняемая при недостаточной освещенности.*

б) дальнозоркость истинная и старческая.

*У молодых людей ближайшая точка ясного видения находится на расстоянии 7 – 10 см, по мере старения хрусталик теряет свою эластичность и ближайшая точка ясного видения отодвигается все дальше и дальше – развивается старческая дальнозоркость. Если молодой работник при недостаточной освещенности может рассматривать мелкие предметы на расстоянии 30 – 40 см от глаза, то работник со старческой дальнозоркостью должен использовать либо очки, либо увеличивать освещенность до оптимальных величин, при которых усиление оптической силы глаза происходит за счет зрачкового рефлекса. Раннее развитие старческой дальнозоркости иногда рассматривается как профессиональная патология.*

---

### 3. Виды производственного освещения

---

Существуют следующие виды производственного освещения:

- естественное,
- искусственное,
- совмещенное.

**Естественное освещение** – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Естественное освещение подразделяется на:

- **боковое** – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах;
- **верхнее** – естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания;
- **комбинированное** (верхнее и боковое) – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены соответствующими главами Строительных Норм и Правил.

Процесс проектирования естественного освещения производственных помещений осложняется рядом обстоятельств, присущих естественному источнику света. К ним

относится, прежде всего, непостоянство естественного света. На естественное освещение производственных помещений оказывают влияние эксплуатационные условия, характер застекления светопроемов, загрязнение стекол и др.

***Искусственное освещение** – освещение помещения только источниками искусственного света.*

Искусственное освещение подразделяется на следующие виды:

- **рабочее** – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий;
- **аварийное** – разделяется на **освещение безопасности** и **эвакуационное освещение**;
- **охранное** – освещение в нерабочее время;
- **дежурное** – освещение в нерабочее время.

Искусственное освещение может быть двух систем:

- **общее освещение** – освещение, при котором светильники размещают в верхней зоне помещения равномерно (**общее равномерное освещение**) или применительно к расположению оборудования (**общее локализованное освещение**);
- **комбинированное освещение** – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное; **местное освещение** – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. **Применение одного местного освещения производственных рабочих мест не допускается.**

**Искусственное рабочее освещение** предназначено для создания необходимых условий работы и нормальной эксплуатации зданий и территорий. Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

**Совмещенное освещение** – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Совмещенное освещение производственных зданий следует предусматривать:

- для производственных помещений, в которых выполняются работы I – III разрядов;
  - для производственных и других помещений в случаях, когда по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированное значение КЕО (многоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т.п., а также в случаях, когда технико-экономическая целесообразность совмещенного освещения по сравнению с естественным подтверждена соответствующими расчетами.
-

## 4. Нормирование различных видов освещения

При нормировании освещенности производственных помещений регламентируется ее минимальный допустимый уровень в зависимости от характеристик и вида выполняемой зрительной работы.

Выбор значений нормируемых параметров осуществляется в соответствии со СНиП 23 – 05 – 95 «Естественное и искусственное освещение».

Все **зрительные работы (ЗР)** можно разделить на три основных вида.

К первому виду следует отнести все ЗР, при выполнении которых не требуется использование оптических приборов (рис. 4.2). При этом объект различения может находиться как близко, так и далеко от глаз.

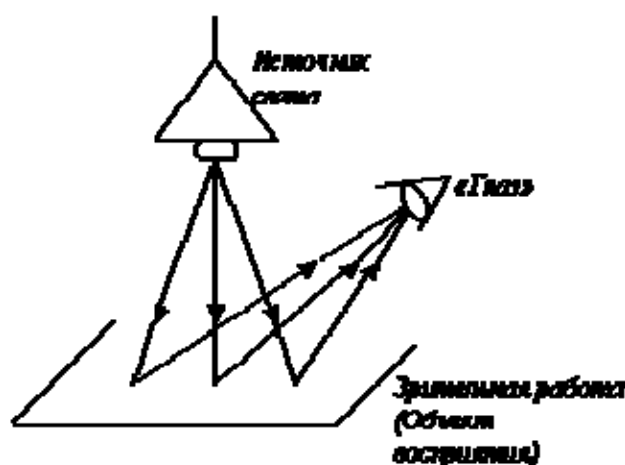


Рис. 4.2. ЗР без использования оптических приборов

Ко второму виду ЗР (рис. 4.3) относятся такие работы, при выполнении которых требуется использовать оптические приборы (лупы, микроскопы и т.д.), так как размер рассматриваемого объекта не может быть воспринят глазом даже при высоких уровнях яркости.

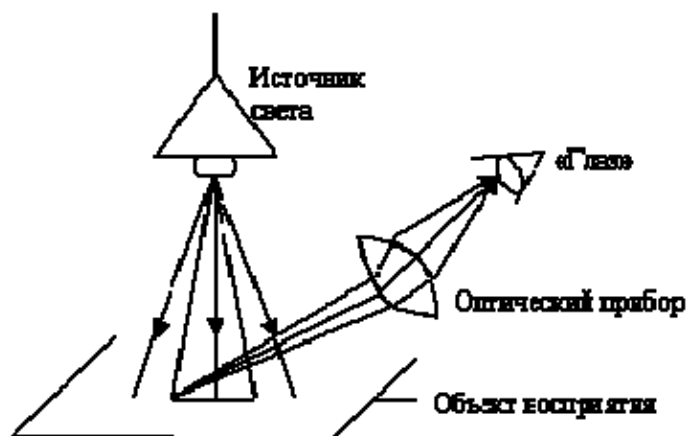


Рис. 4.3. ЗР с использованием оптических приборов



К третьему виду ЗР (рис. 4.4) относятся работы, связанные с восприятием информации с экрана, при которых имеются особые требования к организации производственного освещения.

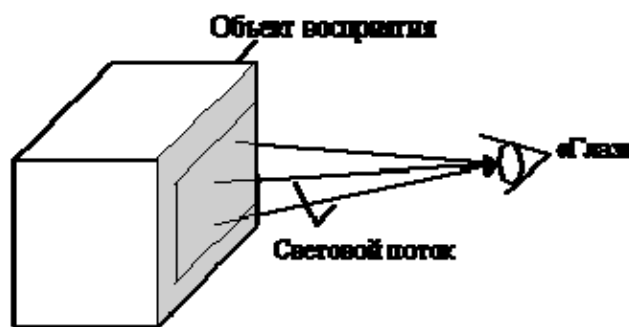


Рис. 4.4. ЗР, связанные с восприятием информации с экрана

Характеристиками зрительной работы являются:

- **размер объекта различения** (при условии его удаления от глаза не более чем на 0,5 м) – наименьший размер рассматриваемого предмета, отдельной его части или дефекта, которые требуется различить в процессе работы;
- **контраст объекта различения с фоном (К)** – определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона

$$K = \frac{L_o - L_f}{L_f}.$$

Контраст объекта различения с фоном считается: **большим** – значеник К более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости); **средним** – значение К находится в промежутке от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости); **малым** – значение К менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости);

- **светлота фона** – светлота поверхности, прилегающей непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается **светлым** при  $\rho > 0,4$  ( $\rho$  – коэффициент отражения поверхности); **средним** – при  $\rho$  от 0,2 до 0,4, **темным** – при  $\rho < 0,2$ .

Чем меньше размер объекта различения (до определенного предела) и контраст его с фоном и чем ближе его необходимо рассматривать, тем он труднее воспринимается глазом. Также трудно воспринимать объект большого размера и находящийся далеко, но плохо освещенный. Следовательно, для нормальной работы зрительного анализатора ему необходимо предъявлять объекты не менее определенного размера и контраста с фоном и при достаточной освещенности.

В соответствии со СНиП 23 – 05 – 95 «Естественное и искусственное освещение» все зрительные работы, выполняемые без использования оптических приборов характеризуются:

- *разрядом зрительной работы*, который определяется в зависимости от размера объекта различения, то есть в зависимости от точности выполняемой зрительной работы;
- *подразрядом зрительной работы*, который определяется сочетанием контраста объекта различения с фоном и светлоты фона; для большинства разрядов зрительной работы существуют по четыре подразряда: а, б, в, г; например, подразряд «а» означает, что контраст объекта различения с фоном – малый, а характеристика фона – темный.

Для различных видов освещения нормируемые показатели различны.

*При искусственном освещении в соответствии со СНиП 23 – 05 – 95 для каждого разряда и подразряда зрительной работы нормируются:*

- **освещенность** в лк,
- **показатель ослепленности** Р,
- **коэффициент пульсации** К<sub>п</sub>, %.

Нормированные значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, следует принимать в соответствии со СНиП 23 – 05 – 95 по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

*Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности:*

- на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
- то же при системе общего освещения для разрядов I – V, VI;
- на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.

*Нормы освещенности по СНиП 23 – 05 – 95 следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:*

- при работах I – IV разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;
- при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее (работа на дисковых пилах и т.п.);
- при специальных повышенных санитарных требованиях на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения – 500 лк и менее;
- при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения – 750 лк и менее;
- при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м<sup>2</sup> и более;
- в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При наличии одновременно нескольких признаков нормы освещенности следует повышать не более чем на одну ступень.

*При естественном и совмещенном освещении в соответствии со СНиП 23 – 05 – 95 для каждого разряда зрительной работы в зависимости от характеристики освещения (верхнее, боковое или комбинированное) нормируется коэффициент естественной освещенности КЕО.*

**КЕО** – это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственно или после отражений), к одновременно измеренному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах:

$$\text{КЕО} = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{нар}}} 100, \%$$

*В небольших помещениях при одностороннем боковом естественном освещении* нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, а при двустороннем боковом освещении – в точке посередине помещения.

*При верхнем или комбинированном естественном освещении* нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Нормируемые значения освещенности, регламентируемые СНиП 23-05-95, приводятся в точках ее минимального значения на рабочей поверхности внутри помещений для разрядных источников света, кроме специально оговоренных случаев; для наружного освещения – для любых источников света.

Для освещения помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп.

Для местного освещения кроме разрядных источников света следует использовать лампы накаливания, в том числе и галогенные. Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается.

В табл.4.1 представлены нормируемые значения для различных видов и систем освещения в соответствии со СНиП 23-05-95 .

---

## **5. Особенности освещения рабочих мест, оснащенных компьютерами**

---

Повсеместное распространение персональных компьютеров (ПЭВМ) привело к тому, что у их пользователей возникает целый ряд жалоб на здоровье.

Наибольшее число жалоб связано с термином «**компьютерный зрительный синдром**» (КЗС). Люди, проводящие большую часть времени за экраном видеомонитора предъявляют жалобы на жжение, рези и ощущение песка в глазах, покраснение глазных яблок, боли в области глазниц, лба и при движении глаз. Довольно часто отмечается затуманивание зрения, замедленная перефокусировка с ближних объектов на дальние и

обратно, двоение предметов, быстрое утомление при чтении. Эти явления обычно объединяют термином «астенопия» (что буквально переводится, как «отсутствие силы зрения»).

Такие жалобы встречаются в 40 – 60 % случаев у значительной части пользователей ПЭВМ и сильно зависят как от времени, проведенного у экрана видеомонитора, так и от характера работы на ПЭВМ.

Наибольшее утомление для глаз возникает при работе в диалоговом режиме. Наименьшая нагрузка возникает при считывании информации, наибольшая – при ее вводе.

Особую нагрузку для зрительного анализатора представляет компьютерная графика, особенно выполнение и корректировка чертежей на экране видеомонитора.

Длительная работа с компьютером не вызывает органических заболеваний глаз. Единственное изменение, происходящее в органах зрения – проявление или прогрессирование близорукости.

В результате длительного исследования зрительных функций у людей, работающих с компьютером *в течение нескольких лет*, выявлено уменьшение объема аккомодации (наведение на резкость хрусталика) по сравнению с возрастной нормой и увеличение процента близорукости по сравнению с людьми того же возраста, не работающими на компьютере.

За *рабочую смену* у пользователя ПЭВМ происходит уменьшение объема аккомодации глаз. У некоторых пользователей развивается временная близорукость. Кроме того, наблюдается сдвиг мышечного равновесия глаз, снижение контрастной чувствительности зрения и другие зрительные нарушения.

Очевидно, возникновение расстройств зрительного анализатора связано с характером экранного изображения и организацией освещения рабочего места, оборудованного ПЭВМ.

У компьютерного изображения есть несколько отличий от изображения нанесенного на бумагу:

- компьютерное изображение – самосветящееся, а не отраженное;
- оно имеет значительно меньший контраст, который уменьшается еще более за счет внешнего освещения;
- не является непрерывным и состоит из отдельных точек – пикселей;
- является мерцающим (мелькающим), т.е. эти точки с определенной частотой зажигаются и гаснут;
- не имеет таких четких границ, как изображение на бумаге, потому, что у пикселей не ступенчатый, а плавный перепад яркости с фоном.

Именно эти особенности экранного изображения видеомониторов затрудняют аккомодацию глаза. Светимость создает иллюзию удаленности, низкий контраст обуславливает снижение аккомодационного ответа, точечность изображения вызывает

увеличение амплитуды нормальных колебаний аккомодации, мелькание уменьшает точность восприятия, а размытость границ заставляет непрерывно искать точку ясного видения.

В настоящее время в России действуют несколько государственных стандартов, в которых сформулированы жесткие требования к визуальным эргономическим параметрам видеомониторов, используемых в ПЭВМ; в санитарных правилах и нормах СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» сформулированы гигиенические требования к видеомониторам.

При организации рабочих мест, оснащенных ПЭВМ особое внимание уделяется освещению.

**Освещение при работе с ПЭВМ** имеет свои особенности. Это связано с тем, что зрительный анализатор (глаз) при работе за компьютером, как правило, воспринимает как отраженный от клавиатуры и документов световой поток, так и прямой световой поток с видеомонитора.

Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь **естественное и искусственное освещение**, соответствующее требованиям действующей нормативной документации.

**Коэффициент естественной освещенности** КЕО в помещениях с использованием ПЭВМ должен быть не ниже 1,2%.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеомониторы были ориентированны боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа занавесей, внешних козырьков, жалюзи и т.д.

**Искусственное освещение** в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

При этом освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна составлять 300 – 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окон, светильников и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м<sup>2</sup>.

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения,

при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать  $40 \text{ кд/м}^2$  и яркость потолка не должна превышать  $200 \text{ кд/м}^2$ .

Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

Показатель дискомфорта в административно-общественных помещениях не более 40, в дошкольных и учебных помещениях не более 15.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более  $200 \text{ кд/м}^2$ , защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающийся отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 – 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

В качестве **источников света** при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп. В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенных.

Для освещения помещений с ПЭВМ следует применять светильники с зеркальными параболическими решетками, укомплектованными электронными пуско-регулирующими аппаратами (ЭПРА). Допускается использование многоламповых светильников с электромагнитными пуско-регулирующими аппаратами (ЭПРА), состоящими из равного числа опережающих и отстающих ветвей.

Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается.

При отсутствии светильников с ЭПРА лампы многоламповых светильников или рядом расположенные светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети.

Коэффициент запаса для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. (Коэффициент запаса ( $K_z$ ) – расчетный коэффициент, учитывающий снижение КЕО и освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, источников света (ламп) и светильников, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения.)

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении видеомониторов. При расположении ПЭВМ по периметру помещения линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

---

## 6. Расчет искусственного освещения

---

При проектировании осветительной установки необходимо решить следующие основные вопросы:

- выбрать систему освещения и тип источника света,
- установить тип светильников,
- произвести размещение светильников,
- уточнить количество светильников.

При этом следует учитывать, что освещенность любой точки внутри помещения имеет две составляющие: прямую, создаваемую непосредственно светильниками, и отраженную, которая образуется отраженным от потолка и стен световым потоком.

Исходными данными для светотехнических расчетов являются:

- нормируемое значение минимальной или средней освещенности,
- тип источника света и светильника,
- высота установки светильника,
- геометрические размеры освещаемого помещения или открытого пространства,
- коэффициенты отражения потолка, стен и расчетной поверхности помещения.

Существуют различные **методы расчета** искусственного освещения, которые можно свести к двум основным: **точечному** и **методу коэффициента использования светового потока**.

**Точечный метод** предназначен для нахождения освещенности в расчетной точке, он служит для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей при любом распределении освещенности. Отраженная составляющая освещенности в этом методе учитывается приближенно. Точечным методом рассчитывается общее локализованное освещение, а также общее равномерное освещение при наличии существенных затенений.

Наиболее распространенным в проектной практике является метод расчета искусственного освещения по *методу коэффициента использования светового потока*.

### **Расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока.**

Освещаемый объем помещения ограничивается ограждающими поверхностями, отражающими значительную часть светового потока, попадающего на них от источников света. В установках внутреннего освещения отражающими поверхностями являются пол, стены, потолок и оборудование, установленное в помещении. В тех случаях, когда поверхности, ограничивающие пространство, имеют высокие значения коэффициентов отражения, отраженная составляющая освещенности может иметь также большое значение и ее учет необходим, поскольку отраженные потоки могут быть сравнимы с прямыми и их недооценка может привести к значительным погрешностям в расчетах.

Рассматриваемый метод позволяет производить расчет осветительной установки (ОУ) с учетом прямой и отраженной составляющих освещенности и применяется для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей, равновеликих полу, при светильниках любого типа.

Под **коэффициентом использования светового потока** (или осветительной установки) принято понимать отношение светового потока, падающего на расчетную плоскость, к световому потоку источников света

$$U_{\text{от}} = \frac{\Phi_p}{n\Phi_{\text{л}}}, \quad (4.1)$$

где  $\Phi_p$  – световой поток, падающий на расчетную плоскость;  $\Phi_{\text{л}}$  – световой поток источника света;  $n$  – число источников света.

Коэффициент использования ОУ, характеризующий эффективность использования светового потока источников света, определяется, с одной стороны, светораспределением и размещением светильников, а с другой – соотношением размеров освещаемого помещения и отражающими свойствами его поверхностей.

Потребный поток источников света (ламп) в каждом светильнике  $\Phi$ , для создания нормированной освещенности, находится по формуле:

$$\Phi = \frac{EK_z Sz}{NU_{\text{от}}}, \quad (4.2)$$

где  $E$  – заданная минимальная освещенность, лк;  $K_z$  – коэффициент запаса;  $S$  – освещаемая площадь (площадь расчетной поверхности),  $\text{м}^2$ ;  $z$  – отношение  $E_{\text{ср}}/E_{\text{мин}}$ ;  $N$  – число светильников;  $U_{\text{от}}$  – коэффициент использования в долях единицы.



По рассчитанному значению светового потока  $\Phi$  и напряжению сети выбирается ближайшая стандартная лампа, поток которой не должен отличаться от  $\Phi$  больше чем на  $-10 - +20\%$ . При невозможности выбора с таким приближением корректируется  $N$ .

При выбранном типе светильника и спектральном типе ламп поток ламп в каждом светильнике  $\Phi_1$  может иметь различные значения. Число светильников в ряду  $N$  определяется как

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_1}, \quad (4.3)$$

где  $\Phi_1$  – поток ламп в каждом светильнике.

Суммарная длина  $N$  светильников сопоставляется с длиной помещения, причем возможны следующие случаи:

- *суммарная длина светильников превышает длину помещения*: необходимо или применить более мощные лампы (у которых поток на единицу длины больше), или увеличить число рядов;
- *суммарная длина светильников равна длине помещения*: задача решается устройством непрерывного ряда светильников;
- *суммарная длина светильников меньше длины помещения*: принимается ряд с равномерно распределенными вдоль него разрывами  $l$  между светильниками. Рекомендуется, чтобы  $l$  не превышало примерно 0,5 расчетной высоты (кроме случая использования многоламповых светильников в помещениях общественных и административных зданий).

Входящий в (4.2) коэффициент  $z$ , характеризующий неравномерность освещения, является функцией многих переменных и в наибольшей степени зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте ( $L/h$ ), с увеличением которого  $z$  резко возрастает. При  $L/h$ , не превышающем рекомендуемых значений, можно принимать  $z$  равным 1,15 для ламп накаливания и ДРЛ и 1,1 для люминесцентных ламп при расположении светильников в виде светящихся линий. Для отраженного освещения можно считать  $z = 1,0$ .

Для определения коэффициента использования  $U_{oy}$  находится индекс помещения  $i$  и предположительно оцениваются коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка -  $\rho_p$ , стен -  $\rho_c$ , расчетной поверхности или пола -  $\rho_p$  (табл. 4.3).

Индекс помещения  $i$  находится по формуле:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}, \quad (4.4)$$

где  $A$  – длина помещения,  $B$  – его ширина,  $h$  – расчетная высота.

Для помещений практически не ограниченной длины можно считать  $i = B/h$ .

Для упрощения определения  $i$  служат специальные справочные таблицы, такие как, например, табл.4.4.

Во всех случаях  $i$  округляется до ближайших табличных значений; при  $i > 5$  принимается  $i = 5$ .

С увеличением значения индекса помещения повышается коэффициент использования светового потока, так как при этом возрастает доля светового потока, непосредственно падающего на освещаемую поверхность. Коэффициент использования также повышается с увеличением коэффициентов отражения потолка, стен, расчетной поверхности, которые можно ориентировочно определить по приведенным в табл.4.3 характеристикам материалов.

При расчетах ОУ со стандартными светильниками  $U_{oy}$  определяется из справочных таблиц с учетом коэффициентов отражения стен, потолка, пола и индекса помещения. Значения коэффициентов использования для светильников с типовыми кривыми силы света (КСС) приводятся в табл. 4.5.

**Порядок расчета ОУ методом коэффициента использования светового потока следующий:**

- определяется расчетная высота помещения  $h_p$ , тип и число светильников в помещении;
- по таблицам находят коэффициент запаса  $K_z$  и поправочный коэффициент  $z$ ;
- для зрительной работы, характерной для заданного помещения, по табл. 4.1. определяется нормируемое значение освещенности в расчетной плоскости  $E$ ;
- для заданного (с определенными геометрическими размерами) помещения по табл. 4.4 определяют индекс помещения  $i$ ;
- по справочным таблицам, например по табл. 4.5, в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения потолка, стен, расчетной поверхности определяют коэффициент использования  $U_{oy}$ ;
- по формуле (4.2) рассчитывают световой поток  $\Phi$  в светильнике, необходимый для создания на рабочих поверхностях освещенности  $E$  не ниже нормируемой на все время эксплуатации осветительной установки;
- по рассчитанному значению светового потока  $\Phi$  и напряжению сети выбирается ближайшая стандартная лампа, поток которой не должен отличаться от  $\Phi$  больше чем на  $-10 - +20\%$ . При невозможности выбора с таким приближением корректируется  $N$ . Иногда решается обратная задача – по известному световому потоку  $\Phi$  лампы (ламп) в светильнике определяется необходимое число ламп или светильников  $N$  для получения нормированной освещенности  $E$ .

В тех случаях, когда в таблицах отсутствуют данные о коэффициентах использования светильников, например новых модификаций, эти коэффициенты могут быть приближенно определены следующим путем:

- по форме кривой силы света в нижней полусфере определяется ее тип;
- по каталожным данным светильника определяются (в процентах потока лампы) потоки нижней  $\Phi_{\downarrow}$  и верхней  $\Phi_{\uparrow}$  полусфер;
- первый умножается на коэффициент использования, определенный по табл. 4.6, второй по табл. 4.7;

- сумма произведений дает общий полезный поток, делением которого на поток лампы находится коэффициент использования.

---

## V. МИКРОКЛИМАТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

---

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение в помещениях нормальных метеорологических условий, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека.

Метеорологические условия в производственных помещениях, или их **микроклимат**, зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий вентиляции и отопления.

**Под микроклиматом производственных помещений** понимается климат окружающей человека внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих его поверхностей.

Перечисленные параметры – каждый в отдельности и в совокупности – оказывают влияние на работоспособность человека, его здоровье.

Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. Для нормального течения физиологических процессов в организме человека необходимо, чтобы выделяемое организмом тепло отводилось в окружающую среду. Когда это условие соблюдается, наступают условия комфорта и у человека не ощущается беспокоящих его тепловых ощущений - холода или перегрева.

---

### 1. Параметры микроклимата и их измерение

---

Условия микроклимата в производственных помещениях зависят от ряда факторов:

- климатического пояса и сезона года;
- характера технологического процесса и вида используемого оборудования;
- условий воздухообмена;
- размеров помещения;
- числа работающих людей и т.п.

Микроклимат в производственном помещении может меняться на протяжении всего рабочего дня, быть различным на отдельных участках одного и того же цеха.

В производственных условиях характерно суммарное (сочетанное) действие параметров **микроклимата**: *температуры, влажности, скорости движения воздуха.*

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» параметрами, характеризующими микроклимат являются:

- **температура воздуха;**
- **температура поверхностей** (учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т.п.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств);
- **относительная влажность воздуха;**
- **скорость движения воздуха;**
- **интенсивность теплового облучения.**

*Температура воздуха*, измеряемая в  $^{\circ}\text{C}$ , является одним из основных параметров, характеризующих тепловое состояние микроклимата. Температура поверхностей и интенсивность теплового облучения учитываются только при наличии соответствующих источников тепловыделений.

*Влажность воздуха* - содержание в воздухе водяного пара. Различают абсолютную, максимальную и относительную влажность.

*Абсолютная влажность (A)* - упругость водяных паров, находящихся в момент исследования в воздухе, выраженная в мм ртутного столба, или массовое количество водяных паров, находящихся в  $1 \text{ м}^3$  воздуха, выражаемое в граммах.

*Максимальная влажность (F)* - упругость или масса водяных паров, которые могут насытить  $1 \text{ м}^3$  воздуха при данной температуре.

*Относительная влажность (R)* - это отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах.

*Скорость движения воздуха* измеряется в м/с.

### **Измерение параметров микроклимата.**

В обычных условиях для измерения *температуры воздуха* используются термометры (ртутные или спиртовые), термографы (регистрирующие изменение температуры за определенное время) и сухие термометры психрометров.

Для определения *влажности воздуха* применяются переносные аспирационные психрометры (Ассмана), реже стационарные психрометры (Августа) и гигрометры. При использовании психрометров дополнительно измеряют *атмосферное давление* с помощью барометров – анероидов.

*Скорость движения воздуха* измеряется крыльчатыми и чашечными анемометрами.

Рассмотрим примеры приборов, традиционно используемых для измерения параметров микроклимата.

#### Аспирационный психрометр МВ-4М

Аспирационный психрометр МВ - 4М предназначен для определения относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 100 % при температуре от -30 до +50<sup>0</sup> С. Цена деления шкал термометров не более 0,2<sup>0</sup> С. Принцип его работы основан на разности показаний сухого и смоченного термометров в зависимости от влажности окружающего воздуха. Он состоит из двух одинаковых ртутных термометров, резервуары которых помещены в металлические трубки защиты. Эти трубки соединены с воздухопроводными трубками, на верхнем конце которых укреплен аспирационный блок с крыльчаткой, заводимой ключом и предназначенной для прогона воздуха через трубки с целью сделать более интенсивным испарение воды со смоченного термометра.

#### Анемометр крыльчатый АСО-3

Крыльчатый анемометр применяется для измерения скоростей движения воздуха в диапазоне от 0,3 до 5 м/с. Ветроприемником анемометра служит крыльчатка, насаженная на ось, один конец которой закреплен на неподвижной опоре, а второй через червячную передачу передает вращение редуктору счетного механизма. Его циферблат имеет три шкалы: тысяч, сотен и единиц. Включение и выключение механизма производится арретиром. Чувствительность прибора не более 0,2 м/с.

В последнее время для определения параметров микроклимата производственных помещений успешно применяются *аналого-цифровые приборы*.

#### Портативный измеритель влажности и температуры ИВТМ – 7

Прибор предназначен для измерения относительной влажности и температуры, а также для определения других температурно-влажностных характеристик воздуха. В качестве чувствительного элемента измерителя температуры используется пленочный терморезистор, выполненный из никеля. Чувствительным элементом измерителя относительной влажности является емкостной датчик с изменяющейся диэлектрической проницаемостью. Принцип работы прибора основан на преобразовании емкости датчика влажности и сопротивления датчика температуры в частоту с дальнейшей обработкой ее с помощью микроконтроллера.

Микроконтроллер обрабатывает информацию, отображает ее на жидкокристаллическом индикаторе и одновременно выдает с помощью интерфейса RS – 232 на компьютер.

#### Анемометр Testo – 415

Прибор предназначен для измерения скорости воздуха и температуры в помещениях. Информация отображается на большом двухстрочном дисплее.

Прибор имеет возможность усреднения результатов измерений по времени и числу замеров.

---

## 2. Физиологическое действие метеорологических условий на человека

---

При производственных процессах практически всегда выделяется тепло. Источниками тепла могут быть печи, котлы, паропроводы, газоходы, различное электрооборудование и др. В теплое время года добавляется тепло солнечного излучения.

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека.

Нормальное тепловое самочувствие имеет место, когда тепловыделение человека полностью воспринимается окружающей средой. Если теплопродукция организма не может быть полностью передана окружающей среде, происходит рост температуры внутренних органов и такое тепловое самочувствие характеризуется понятием *жарко*. В противном случае – *холодно*.

---

### А. Теплообмен человека с окружающей средой

---

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется: *конвекцией* в результате омывания тела воздухом, *теплопроводностью*, *излучением* на окружающие предметы и в процессе *теплообмена* при испарении влаги, выводимой на поверхность кожи потовыми железами и при дыхании.

Количество тепла, отдаваемого организмом каждым из этих путей, зависит от параметров микроклимата на рабочем месте.

Величина и направление конвективного теплообмена человека с окружающей средой определяется в основном температурой окружающей среды, атмосферным давлением, подвижностью и влажностью воздуха. Теплопроводность тканей человека мала, поэтому основную роль в процессе транспортирования теплоты внутри организма играет конвективная передача с потоком крови.

Теплопроводность сухого воздуха мала, поэтому теплоотдача через соприкосновение человека с воздухом также мала. Более интенсивно идет обмен теплом при соприкосновении человека с не нагретыми поверхностями, но, как правило, поверхность соприкосновения в этом случае незначительна.

Лучистый поток при теплообмене излучением тем больше, чем ниже температура окружающих человека поверхностей. Излучение тепла происходит в окружающую среду, если в ней температура ниже температуры поверхности одежды (27-30 °С) и открытых частей тела (33,5 °С). При высоких температурах (30 - 35 °С) окружающей среды теплоотдача излучением полностью прекращается, а при более высоких температурах теплообмен идет в обратном направлении - от окружающей поверхности к человеку.

Количество теплоты, отдаваемой в окружающий воздух с поверхности тела при испарении пота, зависит как от температуры воздуха и интенсивности работы, так и от скорости окружающего воздуха и его относительной влажности.

Количество теплоты, выделяемой человеком с выдыхаемым воздухом, зависит от его физической нагрузки, влажности, и температуры вдыхаемого воздуха.

*Комфортные условия* для организма человека обеспечиваются при соблюдении теплового баланса.

**Уравнение теплового баланса** для организма человека за определенный период времени может быть представлено в следующем виде:

$$M + S \pm R \pm C \pm P - E = 0,$$

где M - тепло процессов метаболизма, полученное из химических субстратов пищи, подвергшихся расщеплению в клетках; S - накопленное организмом тепло; R, C, P - тепло отданное (со знаком -) или полученное (со знаком +) путем излучения, конвекции, теплопередачи; E - тепло, отданное за счет испарения.

Если тепловой баланс не будет поддерживаться, то дополнительное тепло, полученное различными путями, приведет к повышению температуры тела, а недостаток тепловой энергии - к его охлаждению. В обоих случаях создаются неблагоприятные условия для функционирования клеток организма, которые при превышении определенных температурных границ внутри тела начинают погибать.

Тепловой баланс любого тела определяется соотношением между теплом, которое оно получает, и теплом, которое оно отдает.

Величина тепловыделения организмом человека зависит от степени физического напряжения и составляет от 75 ккал/ч в состоянии покоя до 430 ккал/ч при тяжелой работе. Для комфортных условий работы необходимо, чтобы тепловыделение организма равнялось его теплоотдаче, при этом температура внутренних органов человека остается постоянной (около 36,6 °С).

Таким образом, тепловое самочувствие человека, или тепловой баланс в системе человек – среда обитания зависит от температуры среды, подвижности и относительной влажности воздуха, атмосферного давления, температуры окружающих предметов и интенсивности физической нагрузки.

---

## В. Терморегуляция организма человека

---

Основными параметрами, обеспечивающими процесс теплообмена с окружающей средой являются параметры микроклимата. В естественных условиях эти параметры изменяются в существенных пределах.

Вместе с изменением параметров микроклимата меняется и тепловое самочувствие человека. Условия, нарушающие тепловой баланс, вызывают в организме реакции, способствующие его восстановлению.

Процессы регулирования тепловыделений для поддержания постоянной температуры тела человека называются **терморегуляцией**. Она позволяет сохранять температуру внутренних органов постоянной, близкой к 36,5°C.

Процессы регулирования тепловыделений осуществляются в основном тремя способами: *биохимическим путем*, путем изменения *интенсивности кровообращения* и *интенсивности потовыделения*.

**Терморегуляция биохимическим путем** заключается в изменении интенсивности происходящих в организме окислительных процессов.

**Терморегуляция путем изменения интенсивности кровообращения** заключается в способности организма регулировать подачу крови (которая является в данном случае теплоносителем) от внутренних органов к поверхности тела путем сужения или расширения кровеносных сосудов.

**Терморегуляция путем изменения интенсивности потовыделения** заключается в изменении процесса теплоотдачи за счет испарения влаги.

Терморегуляция организма осуществляется одновременно всеми способами.

Параметры микроклимата воздушной среды, которые обуславливают оптимальный обмен веществ в организме и при которых нет неприятных ощущений и напряженности системы терморегуляции, называются **комфортными** или **оптимальными**. Зона, в которой окружающая среда полностью отводит теплоту, выделяемую организмом, и нет напряжения системы терморегуляции, называется **зоной комфорта**.

Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называются **дискомфортными**. При незначительной напряженности системы терморегуляции и небольшой дискомфортности метеорологические условия считаются допустимыми.

Непосредственным измерением трудно установить количество теплоты, отдаваемой человеком. Поэтому об интенсивности общей теплоотдачи судят по косвенным показателям - значениям **эффективной и эквивалентно - эффективной температур**, характеризующих пребывание в так называемой “зоне комфорта”, где терморегуляция



обеспечивается организмом легко, или за пределами этой зоны, когда для нормальной терморегуляции организм человека преодолевает большие нагрузки.

*Эффективной называется температура воздуха, ощущаемая человеком при определенной относительной влажности воздуха и при отсутствии движения его в помещении.*

*Эффективно-эквивалентной называется температура воздуха, ощущаемая человеком при определенной относительной влажности воздуха и определенной скорости его движения.*

---

## С. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека

---

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое состояние человека.

Например, понижение температуры и повышение скорости движения воздуха, способствует усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма.

При повышении температуры воздуха возникают обратные явления.

Переносимость человеком температуры, как и его теплоощущение, в значительной мере зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше испаряется пота в единицу времени и тем быстрее наступает перегрев тела.

Особенно неблагоприятное воздействие на тепловое самочувствие человека оказывает высокая влажность при температурах окружающего воздуха более 30°C, так как при этом почти вся выделяемая теплота отдается в окружающую среду при испарении пота. При повышении влажности пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожного покрова. Возникает так называемое проливное течение пота, изнуряющее организм и не обеспечивающее необходимую теплоотдачу.

Недостаточная влажность приводит к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек их пересыхания и растрескивания, а затем и к загрязнению болезнетворными микробами. Поэтому, при длительном пребывании людей в закрытых помещениях, рекомендуется ограничиваться относительной влажностью 30...70%

При обильном потовыделении масса организма человека уменьшается. Считается допустимым для человека снижение его массы на 2...3% путем испарения влаги – **обезвоживания организма.**

Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей. Для восстановления водного баланса работающих в горячих цехах устанавливают пункты подпитки подсоленной газированной водой.

Длительное воздействие высокой температуры особенно с повышенной влажностью может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию перегревания организма выше допустимого уровня – *гипертермии*.

Производственные процессы, выполняемые при пониженной температуре, большой подвижности и влажности воздуха, могут быть причиной охлаждения и даже переохлаждения организма – *гипотермии*.

Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на *производительность труда*.

В горячих цехах промышленных предприятий большинство технологических процессов протекают при температурах, значительно превышающих температуру воздуха окружающей среды. Нагретые поверхности излучают в пространство потоки лучистой энергии, которые могут привести к отрицательным последствиям. При температуре до 500°С с нагретой поверхности излучаются тепловые (инфракрасные) лучи, а при более высоких температурах наряду с возрастанием инфракрасного излучения появляются *видимые световые и ультрафиолетовые лучи*.

Под влиянием теплового облучения в организме происходят биохимические сдвиги, уменьшается кислородная насыщенность крови, понижается венозное давление, замедляется кровоток и как следствие наступает нарушение деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем.

По характеру воздействия на организм человека инфракрасные лучи подразделяют на коротковолновые и длинноволновые. Тепловые излучения коротковолнового диапазона глубоко проникают в ткани и разогревают их, вызывая быструю утомляемость, понижение внимания, усиленное потоотделение, а при длительном облучении – *тепловой удар*. Длинноволновые лучи глубоко в ткани не проникают и поглощаются в основном в эпидермисе кожи. Они могут вызывать ожоги кожи и глаз (катаракта глаза).

---

## V. МИКРОКЛИМАТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

### 3. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата

---

Нормы производственного микроклимата установлены в СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и ССБТ ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями.

В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

В рабочей зоне производственного помещения согласно ГОСТ 12.1.005-88 могут быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия.

### **Оптимальные условия микроклимата**

*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.*

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно - эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.).

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 5.1, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2° С и выходить за пределы величин, указанных в табл. 5.1. для отдельных категорий работ.

## ОПТИМАЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

### ***Допустимые условия микроклимата***

*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 снижению работоспособности.*

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 5.2. применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3° С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать:
  - при категориях работ Ia и Ib – 4° С;
  - при категориях работ IIa и IIб – 5° С;
  - при категории работ III – 6° С.

При этом абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в табл. 5.2. для отдельных категорий работ.

Таблица 5.2

**ДОПУСТИМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более **
Холодный	Ia (до 139)	20,0 - 21,9	24,1 - 25,0	19,0- 26,0	15 - 75 *	0,1	0,1
	Iб (140 - 174)	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0- 25,0	15 - 75	0,1	0,2
	IIa (175 - 232)	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0- 24,0	15 - 75	0,1	0,3
	IIб (233 - 290)	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0- 23,0	15 - 75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0 - 15,9	18,1 - 21,0	12,0- 22,0	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0 - 22,9	25,1 - 28,0	20,0- 29,0	15 - 75 *	0,1	0,2
	Iб (140 - 174)	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0- 29,0	15 - 75 *	0,1	0,3
	IIa (175 - 232)	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0- 28,0	15 - 75 *	0,1	0,4
	IIб (233 - 290)	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0- 28,0	15 - 75 *	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0 - 17,9	20,1 - 26,0	14,0- 27,0	15 - 75 *	0,2	0,5

\* При температурах воздуха 25° С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии со специальными требованиями.

\*\* При температурах воздуха 26 - 28° С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии со специальными требованиями

*Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 5.3.*

Таблица 5.3

**ДОПУСТИМЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА РАБОТАЮЩИХ ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/кв. м, не более
50 и более	35
25 - 50	70
не более 25	100

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до *белого и красного свечения* (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.) не должны превышать 140 Вт/кв. м. При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать в зависимости от категории работ следующих величин:

25° С – при категории работ Ia;  
 24° С – при категории работ Ib;  
 22° С – при категории работ IIa;  
 21° С – при категории работ IIб;  
 20° С – при категории работ III.

---

## VI. ЭРГОНОМИКА

### 1. Что такое эргономика?

---

С развитием производства меняются условия, методы и организация трудовой деятельности человека, претерпевают существенное изменение функции, роль и место человека в труде. Соответственно на разных исторических этапах выступают на первый план те или иные аспекты исследования трудовой деятельности. Преимущественно энергетический подход к ее изучению, обусловленный преобладанием в прошлом ручного труда, являлся типичным для исследований в сфере физиологии труда, возникшей в XIX веке. С физиологией труда тесно связана гигиена труда – профилактическая дисциплина, изучающая воздействие трудового процесса и производственной среды на организм работающих. В начале XX века, когда появились сложные виды трудовой деятельности (управление автомобилем, локомотивом и др.), предъявившие повышенные требования к скорости реакции, восприятию и другим психическим процессам человека, возникла психология труда.

Дифференциация наук, изучающих человека в труде, сыграла и продолжает играть положительную роль в развитии наших знаний о нем. Однако наряду с этим стала проявляться цеховая обособленность научных дисциплин, появились признаки утраты представления о целостности человека в трудовой деятельности. По мере накопления

знаний возникали контакты между науками. Гигиена труда вынуждена была обращаться к данным физиологии и психологии труда, психология труда – к данным гигиены и системотехники и т.д. Это и понятно, поскольку в действительности человек в трудовой деятельности представляет собой не сумму разрозненных элементов, а органичное целое. В результате трудовой деятельности психологические компоненты не отделены от физиологических и социальных. Определенное влияние на них оказывают и технические средства, с которыми человек взаимодействует.

В конце сороковых – начале пятидесятих годов XX века на основе накопленных знаний возникла потребность в целостной системе представлений о работающем человеке, о его взаимоотношениях с техникой и с окружающей средой. Но дело, конечно, не только в логике развития наук.

Современные производство и транспорт, оснащенные сложными техническими системами, предъявляют к человеку требования, вынуждающие его иногда работать на пределе психофизиологических возможностей и в экстремальных ситуациях.

Различные виды трудовой деятельности сопряжены с ответственностью человека за эффективное и надежное функционирование сложных систем. Резко увеличивается цена ошибки человека при проектировании систем, а также в процессе их использования.

Показатели физической среды на производстве, в учреждениях, в кабинах самолетов, тракторов и т.д. (освещенность, состав воздуха, атмосферное давление, шум и т.п.) также должны быть согласованы с психофизиологическими возможностями и особенностями человека. Только тогда можно рассчитывать на высокую эффективность и качество труда человека при одновременном сохранении его здоровья.

До известного времени разделение труда между учеными и практическими работниками, занятыми главным образом «приспособлением» человека к уже созданной технике, оказывалось достаточным. Однако по мере увеличения сложности машин, оборудования, систем управления и деятельности по их управлению, освоению и обслуживанию все больше выявлялась необходимость участия в их создании представителей всех наук о труде и сфер практической деятельности.

Раньше каждый вариант оборудования мог буквально столетиями совершенствоваться. Сейчас же общество не располагает временем для этого (за последнее десятилетие, например, сменилось несколько поколений ЭВМ). Поэтому при проектировании новой и модернизации существующей техники необходимо заранее и с максимальной полнотой учитывать возможности и особенности людей, которые будут ею пользоваться. Теперь в работе с большими системами можно действовать только одним способом – заранее теоретически все рассчитать и проверить, а на практике действовать наверняка.

---

## **А. Объект и предмет изучения эргономики**

---

Эргономические исследования подчинены задачам проектирования, их результаты отличаются от традиционных научных знаний тем, что ориентированы главным образом не на познание, а на преобразовательно-проектное действие.

Например, изучение моторного поля показывает различие эргономического подхода и подходов наук, методы которых используются в эргономических исследованиях. Определение моторного поля (скажем, при движении рукой) в прикладной антропологии осуществлялось простым измерением дуг, описываемых рукой при стандартном положении тела испытуемого. Имитация специальной задачи (включение-выключение тумблера, связь движения со зрительной сигнализацией) позволила получить другие характеристики моторного поля. Изменились его структура и размеры, геометрия приняла не метрический, а топологический характер. В моторном поле фиксируется уже не только область пространства, а «пространство – движение – время», включенные в двигательную задачу.

Эргономика не изучает рабочую среду и другие ее виды как таковые, это предметы других наук. Для эргономики важно влияние среды на эффективность и качество деятельности человека, его работоспособность, физическое и психическое благополучие. Эргономика определяет оптимальные величины средовых нагрузок – как по отдельным показателям, так и в сочетании.

Объектом изучения эргономики является система «человек – машина», а предметом – деятельность человека или группы людей с техническими средствами.

**Общая цель эргономики** формулируется как единство двух аспектов исследования и проектирования:

- удобство и комфортные условия эффективной деятельности человека, а соответственно и эффективное функционирование систем «человек – машина»;
- сохранение здоровья и развитие личности.

В конкретном исследовании и проектировании тот или иной аспект может превалировать. Однако общая цель реализуется через их совокупность и взаимодополняемость.

Имея в качестве объекта исследования систему «человек – машина», эргономика изучает определенные ее свойства, которые обусловлены положением и ролью человека в системе. Эти свойства получили название человеческих факторов в технике. Они представляют собой интегральные показатели связи человека, машины, предмета деятельности и среды, проявляющиеся при деятельности человека с системой и ее функционировании, связанные с достижением конкретных целей. Человеческие факторы в технике существуют актуально, т.е. «здесь и теперь», порождаются во время взаимодействия человека и технической системы. В этом смысле они относятся к виртуальной реальности и обладают ее свойствами. Она источник как эффективного управления так и неэффективного.

Человеческие факторы в технике не могут быть сведены к взятым самим по себе характеристикам человека, машины (технического средства), среды. Характеристики и свойства, фиксируемые в понятии человеческого фактора в технике, представляют



собой не отдельные изолированные признаки компонентов системы «человек – машина», а являются ее совокупными качествами.

Человеческие факторы в технике не даны изначально. Они представляют собой искомое, которое может быть найдено лишь на основе предварительного анализа задач системы «человек – машина», функций человека в ней, вида и отличительных черт его деятельности. В результате такого анализа определяется номенклатура человеческих факторов в технике, учет которых необходим в целях создания нормальных условий для деятельности человека и эффективного функционирования системы. Человеческие факторы в технике – это структурные образования различной степени сложности, в этом смысле они представляют собой некоторое временное сочетание сил, способные осуществить определенные достижения.

Человеческие факторы в технике формируются на основе базовых характеристик: социально-психологических, психологических, физиологических и психофизиологических, антропологических, гигиенических в их соотношении с техникой. Исследователям и проектировщикам важно не только знать базовые характеристики и их номенклатуру, но и представлять, как на их основе формируются человеческие факторы в технике, эргономические свойства и эргономичность систем «человек – машина».

Эргономичность системы «человек – машина» взаимосвязан с критериями производительности, надежности, экономичности и эстетичности. Эргономичность – это целостность эргономических свойств, к которым относятся управляемость, обслуживаемость, освояемость и обитаемость. Первые три описывают свойства системы, при которых она органично включается в структуру и процесс деятельности человека или группы людей по управлению, обслуживанию и освоению. Происходит это в тех случаях, когда в проект системы закладываются решения, создающие наилучшие условия для удобного, эффективного и безопасного выполнения указанных видов деятельности. Четвертое свойство – обитаемость – относится к условиям функционирования системы, при которых сохраняется здоровье людей, поддерживаются нормальная динамика их работоспособности и хорошее самочувствие. Одним из эффективных путей создания таких условий является устранение или ослабление неблагоприятных факторов рабочей среды в самом источнике их образования в системах, машинах и оборудовании.

Каждое эргономическое свойство представляет определенную целостность человеческих факторов в технике, которые являют собой разные, но взаимосвязанные существенные признаки указанных свойств.

---

## **В. Эргономика - проектировочная дисциплина.**

---

В эргономике все еще преобладает экстенсивный путь развития, хотя, следуя ему, она добилась значительных результатов в формировании таких эргономических характеристик системы «человек – машина», которые обеспечивают ее

функционирование с необходимым или возможным качеством при минимальном количестве людей, разумной организации их деятельности и допустимом использовании их физиологических и психологических ресурсов. Интегральным индикатором этих показателей зачастую является удовлетворенность человека выполняемой деятельностью и качеством среды, в которой она осуществляется.

Диапазон объектов, в создании которых участвует эргономика, велик: от космического корабля до обычной лопаты, от оборудования кухни до аппаратных и программных средств вычислительной техники. Возникающие при создании и использовании таких разнообразных объектов эргономические задачи схожи между собой по постановке и методам решения.

Эргономические принципы, методы и данные имеют непосредственное отношение ко всем стадиям создания и использования систем: анализу, проектированию, разработке, испытаниям, оценке, функционированию оборудования.

Эргономическое проектирование осуществляется на всех этапах общего процесса проектирования. На стадии технического задания важно выполнить корректный эргономический анализ задач инженерного проектирования, определив действительную роль человека в управлении, обслуживании и ремонте системы, возможное воздействие на него условий ее функционирования.

Анализ рабочих задач, деятельности человека или группы людей, прототипов и аналогов проектируемого объекта, а также нормативно-технической документации, проводимый по выбранной или специально разработанной методике, является первым этапом эргономической деятельности на стадии технического предложения и эскизного проекта. Он подготавливает почву для выполнения на этой же стадии эргономического концептуального проекта, содержащего основной замысел эргономического решения проектируемого объекта и обоснование выбранного варианта решения. При проектировании больших систем осуществляется функциональное и математическое моделирование деятельности человека.

В концептуальном эргономическом проекте, основанном на уточнении распределения функций в системе «человек – машина», первоначальном проектировании рабочих задачи деятельности человека или группы людей, конкретизируются эргономические требования к технической системе, рабочему пространству и рабочему месту, среде, предварительно определяется число людей, необходимых для управления и обслуживания технической системы. Это создает основу для разработки сначала укрупненных, а затем и детальных алгоритмов деятельности человека. Такое алгоритмическое описание позволяет перейти к определению тех психологических и физиологических функций, которые обеспечивают реализацию отдельных действий и логических условий.

Концептуальный эргономический проект разрабатывается на основе поискового макета проектируемого объекта (этой цели могут служить макеты дизайнеров). Макет выполняется в натуральную величину из недорогих материалов (фанера, картон и т.д.) и представляет собой трехмерную модель оборудования или блока системы (макетировать большую систему целиком, как правило, не представляется возможным).

Поисковый макет может использоваться для выбора оптимального способа организации оборудования; его эргономической оценки; получения ответов на такие вопросы о его функционировании, которые не могут быть решены с помощью двухмерных чертежей; решения задач организации рабочего места; проверки размещения органов управления с точки зрения удобства пользования; проверки точности и скорости считывания показаний приборов; определения доступности точек при проверке, испытаниях и регулировке в процессе технического обслуживания оборудования т.д.

Для экспериментальных эргономических исследований создается функциональный макет (моделирующий комплекс), который в отличие от поискового может имитировать процесс функционирования аппаратуры (при этом он может и не имитировать внешний вид объекта). Деятельность человека здесь организуется таким образом, что ее основные характеристики соответствуют характеристикам деятельности в реальной системе. К этому виду макетов можно отнести и тренажеры, представляющие технические средства профессиональной подготовки человека и реализующие физическую и (или) функциональную модель системы «человек – машина». Качественно новые возможности функциональных макетов открылись при применении вычислительной техники. Функциональный макет может быть использован для сравнения альтернативных вариантов или проверки выбранного проекта, а также для оценки отдельных характеристик оборудования.

На стадии разработки технического проекта в качестве его составной части выполняется эргономический проект, содержание которого сводится к окончательному эргономическому решению проектируемого объекта, основывающемуся на распределении функций в системе «человек – машина», проектировании рабочих задач и деятельности человека или группы людей. Проект включает эргономические требования к человеку (группе людей), технической системе, рабочему месту, среде. В техническом проекте также определяются окончательный для технической системы состав специалистов, их функциональные обязанности и организация работы; состав коллективных и индивидуальных средств отображения информации, органов управления, рабочих мест и пультов управления; организация рабочих мест, включая компоновку средств отображения информации, органов управления и их размещение в рабочем пространстве. Иными словами, эргономический проект определяет эргономические свойства создаваемого объекта.

На стадии подготовки рабочей документации, изготовления и испытания опытного образца осуществляются анализ и экспериментальная оценка последнего (желательно в условиях опытной эксплуатации) с целью определения степени реализации эргономических требований и предложений. В случае необходимости формулируются предложения по эргономическому совершенствованию объекта, включая и конструктивные изменения, направленные на облегчение и удобство эксплуатации и обслуживания.

Эргономическая оценка как проектный акт проходит через все стадии проектирования, а оценка опытного образца подводит ее итог. Оценка проводится по выбранной или специально созданной программе и методике и включает определение эргономических критериев оценки, выявление параметров системы «человек – машина», связанных с этими критериями и подлежащих количественной оценке с помощью измерений и

экспериментальным путем. Значения по отдельным параметрам сводятся в единую шкалу, которая дает возможность в результате всей процедуры сделать вывод об уровне эргономического качества объекта.

Рекомендуется планировать процесс эргономического проектирования с определенным опережением работ на стадиях технического проектирования, так как эргономические исследования и разработки, как правило, продолжительны и сложны методическом и технико-исполнительском плане.

Эргономическое проектирование не может абстрагироваться от проблемы экономической эффективности, т.е. от определения отношения между эргономическими результатами и затратами на этот результат. Выгоды от эргономических разработок и исследований могут быть связаны с повышением производительности труда и улучшением качества промышленных изделий, повышением эффективности и надежности сложных систем «человек – машина», сохранением здоровья и обеспечением безопасности, удовлетворением работой и индивидуальным развитием работающих людей. Проблема состоит в измерении этих выгод или предотвращенных потерь и их соотнесении с затратами.

---

## **V. ЭРГОНОМИКА**

### **2. Методы и технические средства эргономики.**

---

Эргономическое изучение и оптимизация деятельности человека с техникой имеют свою специфику. Во-первых, направленность эргономики на проектирование деятельности и ее средств требует применения не только экспериментальных, но и априорных проектировочных методов, а также приемов, с помощью которых удастся формализовать то, что ранее задавалось лишь описательно. Во-вторых, оперирование обобщенными показателями активности, напряженности и комфортности деятельности обуславливают процедуры получения интегральных критериев на основе комплекса частных показателей. В-третьих, эргономическое исследование, проектирование или оценка, как правило, предполагают одновременное применение различных методов, отражающих взаимосвязи между компонентами и основными свойствами системы «человек – машина». Перечисленные особенности определяют стратегию выбора методов для решения конкретных эргономических задач.

Методы исследования в эргономике условно могут быть разделены на три группы: аналитические (или описательные), экспериментальные и расчетные. В большинстве исследований они тесно переплетены между собой и применяются одновременно, дополняя и обогащая друг друга.

Практически каждая эргономическая проблема возникает в результате переформулировки реальных задач, которые анализируются эргономистами с точки зрения выявления специфики деятельности человека или группы людей с техникой в

производственной или иной среде. Эргономист должен уметь квалифицированно анализировать производственную сферу деятельности – производительность труда, профессиональный опыт, условия труда, брак, текучесть кадров, ошибочные действия, травматизм и т.п.

---

## А. Классификация эргономических методов

---

**Первую группу методов** условно называют организационными. К ним относятся методологические средства эргономики, обеспечивающие системный и деятельностный подходы к исследованию и проектированию. Характерной чертой таких исследований и проектирования является не синтез результатов, полученных на основе независимых исследований, а организация такого исследования и проектирования, в ходе которых используются в определенном сочетании принципы и методы различных дисциплин.

Эффективным инструментом осуществления такой функции является системное моделирование, где предмет моделирования рассматривается как система и сам модельный познавательный процесс расчленяется на систему моделей, каждая из которых отображает дисциплинарный срез моделируемой системы, а все вместе дают ее много дисциплинарное представление.

Наиболее обширна **вторая группа методов**, внутри которой в зависимости от целей и характера исследований выделяется целый ряд конкретных методических процедур. Вторую группу методов составляют эмпирические способы получения научных данных. К этой группе относятся:

- наблюдение и самонаблюдение;
- экспериментальные процедуры (лабораторный и производственный, эксперименты);
- диагностические методики (различного рода тесты, анкеты, социометрия, интервью и беседы);
- анализ процессов и продуктов деятельности;
- моделирование (предметное, математическое и т.д.).

**Третью группу методов** составляют различные способы количественной и качественной обработки данных.

**В четвертую группу методов** входят различные способы интерпретации полученных данных в контексте целостного описания функционирования систем «человек – машина».

В методический арсенал эргономики входят многие **психофизиологические методики**:

- измерение времени реакции (простой сенсомоторной реакции, реакции выбора, реакции на движущийся объект и т.д.);

- психофизические методики (определение порогов и динамики чувствительности в различных модальностях);
- психофизические методы исследования перцептивных, мнемических, когнитивных процессов и личностных характеристик.

В эргономике широкое распространение получили **методы электрофизиологии**, изучающей электрические явления в организме человека при различных видах его деятельности. Они позволяют оценивать временные параметры многих процессов, их выраженность, топографию, механизмы их регулирования и т.д. К ним относятся:

- 1) *электроэнцефалография* – запись электрической активности мозга с поверхности головы – дает возможность качественного и количественного анализа функционального состояния собственной активности мозга и его реакций при действии раздражителей;
- 2) *электромиография* – запись электрической активности мышц – чувствительный показатель включения в двигательную активность или статическую работу определенных мышечных групп;
- 3) *регистрация кожно-гальванической реакции* – изменение разности потенциалов кожи – показатель электропроводимости кожи;
- 4) *электрокардиография* – запись электрической активности сердца – индикатор состояния сердечно-сосудистой системы;
- 5) *электроокулография* – запись электрической активности наружных мышц глазного яблока – объективный показатель перемещения взгляда человека при рассматривании какого-либо объекта.

Регистрация биологических процессов в организме человека позволяет определять и количественно характеризовать малодоступные для непосредственного наблюдения функциональные сдвиги в организме человека, происходящие под воздействием самых разнообразных изменений окружающей среды и взаимодействия с техникой. Часто применяют регистрацию не одного, а нескольких электрофизиологических индикаторов, каждый из которых несет информацию о том или ином аспекте деятельности. Комплексную регистрацию психофизиологических функций называют еще *полиэфекторным* методом.

Включает эргономика в свой методический арсенал и **биотелеметрию** - дистанционное исследование функций и измерение показателей жизнедеятельности человека, которое осуществляется в реальной обстановке в течение длительного времени.

Фиксация количественного и качественного снижения работоспособности, а также нарушения координации процессов, связанных с выполнением работ, позволяет наблюдать за развитием утомления без отрыва человека от трудового процесса, причем часто выявляется снижение работоспособности еще до изменения количественных и качественных показателей работы. С одной стороны, наблюдаются нарушения рабочего стереотипа. С другой стороны, отмечается снижение эффективности физиологических

трат на единицу работы. Оно прослеживается по данным газообмена, температуры тела, частоты пульса и др.; в последнем случае эффективно использование **непрерывной радиопульсометрии** в процессе выполнения работы.

Перспективным является применение в диагностических целях **субъективных оценок утомления**. Объясняется это многообразием проявлений симптомов утомления во внутренней жизни индивида, среди которых выделяется две категории: субъективные оценочные реакции, характеризующие отношение индивида к собственному состоянию, и объективно контролируемые признаки утомления (физиологический дискомфорт и нарушения психической деятельности), которые могут осознаваться человеком. Существование качественно различных групп симптомов дает основание для развития различных направлений в методах субъективной диагностики – опросников и субъективного шкалирования.

**Опросники** позволяют выявить качественно разнообразные симптомы утомления, которые с большей или меньшей легкостью могут быть осознаны человеком. Количественная оценка или определение степени выраженности каждого признака не ставятся главной целью подобных исследований. Состояние человека оценивается общим количеством симптомов и их качественным своеобразием.

**Методики субъективного шкалирования** предназначены для оценки степени утомления самим человеком. Испытуемого просят соотнести свое состояние с рядом признаков, для каждого из которых выделены полярные оценки (отсутствие/присутствие, плохой/хороший). Расстояние между крайними точками представляется в виде многоступенчатой шкалы. Степень выраженности каждого признака определяется расположением точки, выбранной испытуемым на этой шкале

**Методы измерения рабочей нагрузки** разнообразны. Измерение рабочей нагрузки на практике необходимо прежде всего для установления того, что действия, которые должен выполнять человек, осуществимы и для выявления тех из них, которые вызывают наибольшую нагрузку.

Один из методов оценки рабочей нагрузки основан на анализе выполнения задач по временной шкале. Обработка данных о временных распределениях задач может осуществляться вручную и на компьютере. В том и другом случае составляется «профиль рабочей нагрузки». Этот профиль должен быть проанализирован и уточнен опытными операторами. Пики рабочей нагрузки указывают на какие фрагменты выполнения задачи следует обратить наибольшее внимание.

В эргономических исследованиях находят применение **методы биомеханики**: ускоренная киносъемка, циклография, киноциклография, видеозапись, тензометрия, электрическая регистрация механических величин с помощью датчиков угловых перемещений, опорных динамографов и др. С их помощью характеризуется двигательная активность человека с точки зрения эффективности трудовых движений, работы различных звеньев опорно-мышечного аппарата.

Широкое применение получила техника антропометрических исследований – измерение тела человека и его частей: головы, шеи, груди, живота, конечностей при

помощи специальных инструментов. Измеряются длина и ширина, обхват (окружность) и другие параметры частей тела.

В проектировании находит применение **соматография** – технико-антропометрический анализ положения тела и изменения рабочей позы человека, соотношения размеров человека и машины. Результаты этого анализа обычно представляются в графической форме. Соматография позволяет рассчитывать зоны легкой и оптимальной досягаемости, находить оптимальные способы организации рабочего места с учетом пропорциональных отношений между элементами оборудования и человеком.

Для изучения условий деятельности и влияния их на здоровье человека используются физические, химические, физиологические, токсикологические и другие **методы гигиены труда**.

Используемые в эргономике **социометрические методы исследования межличностных отношений** позволяют:

- выявить факт предпочтения или установки, выраженный индивидом в отношении других членов группы в определенных ситуациях управления и технического обслуживания сложных систем;
- описать положение индивида в группе так, как оно представляется самому субъекту, и сопоставить это с реакциями других членов группы;
- выразить взаимоотношения внутри сравниваемых групп с помощью формальных методов.

Одной из распространенных методик исследования совместимости членов малых групп является **гомеостатическая методика**, которая нашла применение в проектировании групповой деятельности операторов.

В каждом отдельном случае речь должна идти об экономном подборе небольшого числа методов, адекватных стоящей перед исследователем задачи. Именно задача определяет подбор, модификацию или создание новых методов исследования в эргономике.

---

## **В. Методы получения исходной информации для описания деятельности человека**

---

Эргономическое проектирование техники и технически сложных потребительских изделий предполагает выявление условий, в которых протекает деятельность человека, и аналитическое описание присущих ей психических и психофизиологических функций. В каждом отдельном случае состав этих функций и их взаимосвязь в общей структуре трудового процесса различны.

В науках о труде сложились два метода получения исходной информации, необходимой для описания трудовой деятельности. Это методы описательного и инструментального профессиографирования.



## **Описательное профессиографирование** включает:

- анализ технической документации и инструкций по использованию техники;
- эргономическое изучение техники (систем), сопоставление его результатов с нормативными документами по эргономике;
- наблюдение за ходом рабочего процесса. С помощью этого метода, дополненного хронометражем – регистрацией изменения во времени характеристик деятельности, а также видеозаписью всех операций в порядке их следования, можно достаточно подробно описать деятельность человека;
- опрос регламентированный, для которого характерны предварительная подготовка единообразных для всех опрашиваемых вопросов и строго заданная их последовательность;
- опрос нерегламентированный, предполагающий свободную беседу с опрашиваемым в соответствии лишь с ее общим планом, что требует определенных навыков и даже искусства;
- самоотчет человека в процессе деятельности;
- экспертную оценку;
- количественную оценку эффективности деятельности.

## **Инструментальное профессиографирование** включает:

- измерение и оценку факторов среды;
- регистрацию и последующий анализ ошибок. Сбор и анализ данных об ошибочных действиях человека являются одним из важных путей анализа и оценки эргономических характеристик системы «человек – машина» или технически сложных потребительских изделий;
- объективную регистрацию энергетических затрат и функционального состояния организма человека;
- объективную регистрацию и измерение трудно различимых (в обычных условиях) составляющих деятельности человека, таких как направление и переключение внимания, оперирование органами управления и др. Для этого используются различные методы: регистрация направления взгляда человека и показаний приборов с последующим наложением траектории взгляда на приборную панель; циклография, или кинорегистрация движений рук; измерение силы сопротивления органов управления; магнитофонная регистрация речевых сообщений. Подобные методы и средства используются непосредственно в процессе деятельности, а регистрируемые параметры соотносятся с хронограммой трудового процесса;
- объективную регистрацию и измерение показателей физиологических систем, обеспечивающих процессы обнаружения сигналов, выделения информационных признаков, информационного поиска, оперирования исходными данными для принятия решений, а также исполнительные (двигательные или речевые) действия. К числу таких показателей относятся, например, состояние зрительной системы, речевого и двигательного аппаратов. Регистрации подлежат движения глаз наблюдателя, громкая и внутренняя речь, движения и тремор рук, а также электрическая активность зрительной, речевой и двигательной областей коры головного мозга. Эти показатели регистрируются с помощью довольно сложного электрофизиологического оборудования, результаты требуют трудоемкой математической обработки.

Перечисленные методы профессионального исследования используются в зависимости от степени сложности изучаемой деятельности и требуемой полноты ее описания. Во многих случаях достаточно метода описательного профессиографирования.

---

## V. ЭРГОНОМИКА

### 3. Эргономическая система

---

**Эргономика** – это наука, изучающая человека или группу людей и их деятельность в условиях современного производства с целью оптимизации орудий и процесса труда.

Основной предмет исследования эргономики – эргономическая система.

Под составом эргономической системы понимают перечень звеньев, входящих в систему при выполнении производственной работы.

Анализ показывает, что состав эргономической системы будет изменяться соответственно этапам развития взаимоотношений человека и техники.

На сегодняшний день эргономическая система выглядит следующим образом:

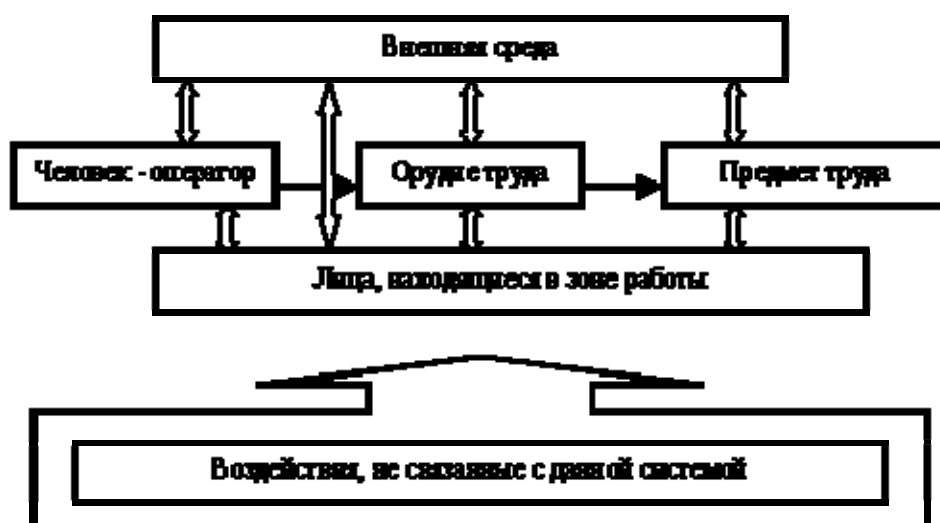


Рис.6.1. Схема эргономической системы

Состав эргономической системы: человек – оператор; орудие труда; предмет труда; внешняя среда; лица, находящиеся в зоне работы; воздействия, не связанные с работой рассматриваемой эргономической системой.

При таком составе эргономической системы очень важно правильно представить внутрисистемные связи. Это необходимо для понимания внутренней организации системы, определения ее уязвимых звеньев и прогнозирования ее поведения в различных условиях эксплуатации.

---

## **А. Место оператора в эргономической системе**

---

Независимо от степени автоматизации производства человек остается главным звеном системы «человек – машина». Именно он ставит цели перед системой, планирует, направляет и контролирует весь процесс ее функционирования. Деятельность оператора имеет ряд особенностей, определяемых тенденциями развития производства:

- увеличением числа объектов, которыми необходимо управлять;
- с развитием дистанционного управления человек все более удаляется от управляемых объектов. При этом он получает необходимую информацию в закодированном виде (т.е. в виде показаний измерительных приборов), что обуславливает необходимость декодирования и мыслительного сопоставления полученной информации с состоянием реального объекта;
- увеличением сложности и скорости течения производственных процессов, а, следовательно, повышением требований к точности действий оператора, скорости принятия решений и выполнения управляющих действий. Поэтому работа оператора характеризуется увеличением нагрузки на нервно-психическую деятельность человека, именно она становится критерием тяжести операторского труда;
- для деятельности оператора характерно ограничение двигательной активности. Кроме того, он должен работать в условиях изоляции, в окружении приборов и индикаторов. Может возникнуть ситуация «конфликта» человека с приборами;
- от оператора требуется высокая готовность к экстренным действиям. Т.е. резкий переход от монотонного наблюдения и контроля к переработке большого количества информации, принятию и осуществлению принятого решения. Это может привести к возникновению сенсорных, эмоциональных и интеллектуальных перегрузок.

При изучении связей оператора с машиной необходимо иметь в виду, что они осуществляются в первую очередь через информационное взаимодействие. При этом в самом информационном взаимодействии учитываются:

- особенности функции входа, от которых зависит обеспечение ввода информации в органы чувств человека;
- особенности функции управления, осуществляемые центральной нервной системой и зависящие от ее состояния;
- особенности функции выхода, которые в большинстве случаев реализуются посредством сенсомоторных органов и мышечной системы человека, а также зависят от их функционального состояния.

---

## **В. Этапы операторской деятельности**

---

Деятельность оператора в системе может быть представлена в виде четырех этапов:

1. **Прием информации** - обнаружение сигналов, выделение из их совокупности наиболее значимых, их расшифровка и декодирование. На этом этапе информация приводится к виду пригодному для оценки и принятия решения.
2. **Оценка и переработка информации** – осуществляется сопоставление заданных и текущих режимов работы системы, производится анализ и обобщение информации, выделяются критические объекты и ситуации и на основании заранее известных критериев важности и срочности определяется очередность обработки информации.
3. **Принятие решения** – решение о необходимых действиях принимается на основе проведенного анализа и оценки информации, а также на основе других известных сведений о целях и условиях работы системы, возможных способах действия, последствиях правильных и ошибочных решений.
4. **Реализация принятого решения** – осуществляется приведение принятого решения в исполнение: перекодирование принятого решения в машинный код, поиск нужного органа управления, движение руки и (или) ноги к органу управления и манипуляция с ним.

Первые два этапа операторской деятельности в совокупности называют получением информации, последние два этапа – ее реализацией.

На качество и эффективность выполнения каждого действия влияет целый ряд факторов.

Прием информации зависит:

- от вида и количества приборов;
- от организации информационного поля;
- от психофизиологических характеристик информации (размеров изображений, цвета, контраста и т.д.).

На оценку и переработку информации влияют:

- способ кодирования информации;
- объем ее отображения;
- динамика смены информации;
- соответствие ее возможностям памяти и мышления оператора.

Эффективность принятия решения определяется:

- типом решаемой задачи;
- числом и сложностью проверяемых логических условий;
- сложностью алгоритма и количеством возможных вариантов решения.

Выполнение управляющих движений зависит:

- от числа органов управления;
- от их типа и способа размещения;
- а также от большой группы характеристик, определяющих степень удобства работы с отдельными органами управления.

---

## С. Роль анализаторов в операторской деятельности

---

Физиологической основой формирования информационной модели являются анализаторы, посредством которых человек осуществляет анализ раздражений.

Информация, поступающая через анализаторы, называется сенсорной (чувственной), а процесс ее приема – сенсорной деятельностью или сенсорным восприятием.

Любой анализатор состоит из:

- рецептора;
- проводящих нервных путей;
- центра в коре больших полушарий головного мозга.



Рис.6.2. Структурная схема анализатора

Основная функция рецептора – превращение действующего раздражителя в нервный процесс. Вход рецептора приспособлен к приему сигналов определенной модальности (вида) – свет, звук, вибрация и т.п. Его выход посылает сигнал, по своей природе единый для любого входа нервной системы. Это позволяет рассматривать рецепторы в качестве устройства кодирования информации.

Проводящие нервные пути осуществляют передачу информации в кору головного мозга.

Информация подвергается определенной переработке и снова возвращается в рецепторы.

Наибольшее значение для деятельности оператора имеет зрительный анализатор – 90% всей информации поступает к оператору именно через зрительный анализатор. За ним по значимости следует слуховой анализатор и на третьем месте – тактильный (или осязательный). Участие других анализаторов в деятельности оператора невелико.

Основными характеристиками любого анализатора являются пороги:

- абсолютные (верхний и нижний);
- дифференциальный;

- оперативный.

Минимальная величина раздражителя, вызывающая едва заметное ощущение, носит название **нижнего абсолютного порога** чувствительности. Сигналы, величина которых меньше нижнего абсолютного порога чувствительности, человеком не воспринимаются.

Увеличение же сигнала сверх **верхнего абсолютного порога чувствительности** вызывает у человека болевые ощущения. Интервал между нижним и верхним абсолютными порогами чувствительности носит название **диапазона чувствительности анализатора**.

**Дифференциальный порог** – минимальное различие между двумя раздражителями, либо между двумя состояниями одного раздражителя, вызывающее едва заметное различие ощущений.

**Оперативный порог** определяется той минимальной величиной различия между сигналами, при которой точность и скорость различения достигает максимума.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сформулировать **общие требования к сигналам раздражителям**:

1. Интенсивность сигнала должна соответствовать средним значениям диапазона чувствительности анализатора, которая обеспечивает оптимальные условия для приема и переработки информации.
2. Необходимо обеспечить различие между сигналами, превышающее дифференциальный порог чувствительности.
3. Перепады между сигналами не должны превышать оперативный порог чувствительности, иначе возникает утомление.
4. Наиболее важные и значимые сигналы следует располагать в тех зонах, которые соответствуют участкам рецепторной поверхности с наибольшей чувствительностью.
5. При конструировании индикаторных устройств необходимо правильно выбрать вид (модальность) сигнала, а, следовательно, и модальность анализатора.

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АНАЛИЗАТОРОВ**

При конструировании средств отображения информации (СОИ) кроме изучения возможностей отдельных анализаторов следует учитывать межаппаратурные связи. Это необходимо делать при предъявлении оператору полимодальных сигналов, т.е. сигналов различной модальности.

Полимодальные сигналы используют в следующих ситуациях:

- дублирование – сигнал одновременно поступает на несколько анализаторов для повышения надежности передачи информации (сигналы тревоги);
- распределение поступающей информации между анализаторами для избежания их перегрузки, требует учета пропускных способностей анализаторов;

- переключение активности анализаторов – борьба с монотонностью операторского труда.

При этом необходимо учитывать то обстоятельство, что слух имеет преимущество в приеме непрерывных сигналов, зрение – дискретных. Время реакции на звук короче чем на свет. Самая короткая реакция на тактильный раздражитель. Однако слуховой и зрительный анализаторы принимают информацию на расстоянии от источника.

Распределение информации повышает эффективность ее приема по двум причинам:

- за счет повышения общего функционального состояния анализаторов и активизации нервной системы;
- повышение пропускной способности в целом (при снижении ее у каждого анализатора).

---

## **Д. Средства отображения информации**

---

Итак, одним из важнейших этапов деятельности оператора является прием и переработка информации.

Человек – оператор получает информацию с помощью средств отображения информации (СОИ), где в закодированном виде представлен ход процесса или состояние объекта наблюдения в форме, удобной для восприятия человеком.

Обычно средства отображения информации используют для одной или нескольких целей:

- считывания количественных и качественных показателей;
- контрольного считывания показателей;
- установки регулируемого параметра.

Любые СОИ должны удовлетворять следующим инженерно-психологическим требованиям:

1. Обеспечивать рабочего необходимой и достаточной информацией для оценки ситуации и возможности принятия правильного решения, а также контроля за его исполнением.
2. Информация должна быть подана в тот момент, когда в ней возникает необходимость.
3. Форма представления информации должна соответствовать психофизиологическим возможностям человека по восприятию, специфике его деятельности и условиям работы.
4. Получаемая информация должна правильно отражать положение и состояние управляемого объекта, предоставляться с запасом времени, достаточным для ее обработки.
5. Давать оператору дополнительную информацию по запросу, а также обеспечивать надежное восприятие аварийных сигналов.

6. Поток информации должен быть меньше пропускной способности оператора.

### **Виды средств отображения информации:**

- Стрелочные индикаторы.
- Счетчики.
- Индикаторы с подсветом.
- Печатающие устройства (самописцы).
- Графопостроители.
- Знаковые светящиеся индикаторы.
- Сигнализаторы звуковые.

### **Проектирование систем отображения информации**

Разработка системы отображения информации состоит из следующих этапов:

1. Психологический анализ деятельности оператора и определение всех сведений об информации, необходимой ему для выполнения заданных функций.
2. Согласование интенсивности потока сигналов с реальными возможностями человека – оператора по их приему, что важно для достижения наивысшей эффективности работы системы.
3. Выбор конкретных типов индикаторов, наиболее полно соответствующих характеру решаемых задач и возможностям оператора по приему и переработке информации.
4. Композиционное решение и определение конкретной структуры системы отображения информации:
  - выбор способа кодирования и длины алфавита сигналов,
  - выбор характеристик отдельных индикаторов,
  - распределение информации между ними,
  - определение их взаимосвязи и взаимного расположения,
  - пространственная компоновка индикаторов,
  - композиционное и цветовое решение системы.
5. Разработка и испытание опытных образцов, оценка полученных решений построения системы и проведение последовательной коррекции ее структуры для получения приемлемых значений ее выходных характеристик.

При размещении средств отображения информации необходимо учитывать возможности оператора по восприятию зрительной информации и размеры поля зрения оператора.

---

## **Е. Органы управления**

---



К органам управления (ОУ) относятся устройства, с помощью которых человек управляет объектами.

Выбор органов управления зависит от следующих факторов:

- структуры и особенностей деятельности оператора, как при нормальной работе системы, так и при их отказе;
- антропометрических, психофизиологических характеристик человека;
- управляющих действий, которые должен производить оператор (включение, переключение, регулировка);
- рабочего положения тела человека (сидя, стоя);
- динамических характеристик рабочих движений (усилия, точность, диапазон, траектория и т.д.);
- технических характеристик объекта управления;
- информации, на которую должен отвечать человек или которую должен вводить в машину;
- места расположения ОУ (на панели пульта или вне ее);
- характеристик рабочей среды (освещенность, вибрация, помехи и т.д.);
- наличия или отсутствия спецодежды и средств индивидуальной защиты.

Различают ручные и ножные органы управления. Ручные органы управления рекомендуется использовать тогда, когда важны точность установки органа управления в определенное положение, скорость манипулирования, а также когда нет необходимости в непрерывном или продолжительном приложении усилий в 90 Н и более. Усилия, прилагаемые к органам управления, не должны превышать допустимых динамических и (или) статических нагрузок на двигательный аппарат человека.

При размещении ОУ на рабочем месте следует учитывать:

- структуру деятельности человека;
- требования к частоте и точности движений;
- требования к величине прилагаемых усилий;
- положение тела и условия формирования рабочей позы;
- размеры моторного пространства;
- условия сенсорного контроля, поиска и различения органов управления;
- условия идентификации функций органов управления;
- опасность неумышленного изменения функционального положения органов управления.

Требования к размещению органов управления касаются их размещения на рабочем месте относительно работающего, группирования и взаимного расположения на панели относительно **СОИ** или управляемых объектов рис. 6.6.

Органы управления должны быть сгруппированы в моторном пространстве рабочего места. Большинство ручных органов управления постоянного действия должно располагаться на уровне локтя или чуть ниже. Редко используемые ОУ (2 – 3 раза в смену) могут располагаться на уровне плечевого пояса или лучезапястного сустава (рис. 6.7 а).

ОУ должны отстоять от передней поверхности туловища оператора не менее чем на 150 мм (рука согнута в локтевом суставе), но не более чем на размер вытянутой вперед руки (рис. 6.7 б).

Независимо от типа органы управления должны быть логически сгруппированы в определенную пространственную структуру с учетом:

- функционального назначения (принадлежность к определенному комплексу оборудования, системе, агрегату, функциональному узлу);
- последовательности использования в зависимости от алгоритма деятельности оператора;
- времени использования (в период подготовки к эксплуатации или в период функционирования системы);
- характера режима работы системы;
- значимости органа управления для работы системы (нельзя располагать рядом органы управления, используемые при нормальной работе и в аварийных ситуациях).

Если одна часть объектов располагается справа от рабочего места оператора, а другая – слева, то органы управления этими объектами на пульте управления располагаются аналогично относительно сагиттальной оси симметрии.

При определении расстояния между приводными элементами во внимание принимаются одновременность или последовательность использования органов управления, способ захвата приводного элемента, его размеры, направление его перемещения, необходимость работы вслепую, возможность случайного включения, наличие спецодежды (спецобуви), наличие вибрации, степень подвижности рабочего места.

При последовательном использовании органов управления их следует располагать по горизонтали слева направо или сверху вниз, а в пределах ряда – сверху вниз или слева направо и как можно ближе друг к другу.

При манипулировании органами управления вслепую расстояние между смежными краями приводных элементов должно быть не менее 150 – 300 мм, в зависимости от зоны расположения органа управления. При работе в перчатках это расстояние должно быть увеличено.

Ручные органы управления следует располагать так, чтобы ни приводной элемент, ни рука работающего не закрывали расположенных рядом СОВ (рис. 6.6).

Направление перемещения органа управления по возможности должно быть мнемонически согласовано с воздействием, оказываемым на систему или ее отдельные агрегаты.

Если на панели расположено большое количество взаимосвязанных органов управления и СОВ, рекомендуется каждый орган управления располагать непосредственно под связанным с ним индикатором: справа сверху – для правой руки; слева сверху – для левой (рис. 6.6).

Орган управления состоит из приводного элемента и исполнительной части.

При расчете конструктивных параметров приводных элементов следует исходить из вида управляющих движений, типа захвата и возможности минимизации прилагаемых усилий, заданного диапазона точности, быстродействия и надежности управляющего движения.

#### **Типы приводных элементов органов управления:**

- Кнопки и клавиши
- Рычажные переключатели (тумблеры)
- Поворотные переключатели и регуляторы
- Маховики и штурвалы
- Кривошипные рукоятки
- Рычаги управления
- Ножные органы управления

---

## **Е. Проектирование рабочего пространства и рабочего места**

---

Трудовая активность человека во многом определяется условиями, в которых он работает. К ним, прежде всего, относятся рабочее пространство и рабочее место.

Эргономическое проектирование рабочих пространств и рабочих мест производится для конкретных рабочих задач и видов деятельности с учетом антропометрических, биомеханических, психофизиологических и психических возможностей и особенностей работающих людей. Оно должно создать наилучшие условия для:

- размещения работающего человека с учетом рабочих движений и перемещений в соответствии с требованиями технологического процесса;
- выполнение основных и вспомогательных операций в удобном рабочем положении, соответствующем специфике трудового процесса, и с применением наиболее эффективных приемов труда;
- расположение средств управления в пределах оптимальных границ пространства перемещений человека;
- сохранения оптимального обзора источников визуальной информации при смене рабочей позы и рабочего положения;
- свободного доступа к местам профилактических осмотров, ремонта и наладки, удобства их выполнения;
- рационального размещения оборудования, безопасности работающих.

Размеры проходов между элементами рабочего места рассчитываются в зависимости от частоты их использования и числа работающих людей, рациональных маршрутов их движения, необходимых размеров транспортных проездов, требований техники безопасности и санитарно-гигиенических норм. Размеры транспортных проездов должны быть не менее ширины транспортного средства плюс пространство, занимаемое телом стоящего человека в спецодежде.

Рабочее пространство и организация рабочего места, достигаемость и величина усилий на органы управления, а также характеристики обзорности обуславливаются, прежде всего, положением тела работающего. Наиболее распространены рабочие положения: стоя и сидя. Каждое из положений характеризуется определенными условиями равновесия, степенью напряжения мышц, состоянием кровеносной и дыхательной систем, расположением внутренних органов и, следовательно, расходом энергии.

Выбор рабочего положения связан с размерами пространства движений человека, величиной и характером (статическая, динамическая) рабочей нагрузки, объемом и темпом рабочих движений, требуемой степенью точности выполнения операций, особенностями предметно-пространственного окружения.

### **Методика анализа пространственной компоновки рабочего места**

Параметры производственного оборудования и рабочего места условно делят на три группы: габаритные, свободные и компоновочные (сопряженные).

Анализ пространственной компоновки рабочего места складывается из двух этапов: подготовительного и основного.

#### **Схема проведения подготовительного этапа:**

1. Определяем тип рабочего места согласно предлагаемой ГОСТ классификации. Выделить особенности рабочего места, если таковые имеются.
2. Составьте номенклатуру средств труда на рабочем месте. Выделите основные и вспомогательные средства труда.
3. Составьте перечень всех органов управления в порядке важности и частоты использования.
4. Разделите органы управления на группы согласно предлагаемой классификации:
  - органы ручного и ножного управления;
  - органы управления постоянного, периодического или эпизодического действия;
5. Составьте перечень средств контроля (СОИ).
6. Составьте перечень технологической и организационной оснастки, определив их по технической документации.
7. Определите зоны сенсорной и моторной активности, выделив среди них постоянные, периодические и эпизодические.

#### **Схема проведения основного этапа:**

1. Вычертите эскиз рабочего места в трех проекциях (вид сверху, спереди, сбоку).
2. На эскизах изобразите все элементы рабочего места, с которыми работающий взаимодействует в процессе труда.

3. Определите базы отсчета, от которых следует измерять компоновочные параметры рабочего места, в каждой выделенной зоне сенсорной активности и изобразите их на каждом эскизе.
4. Составьте перечень компоновочных параметров рабочего места, подлежащих измерениям и анализу. Нанесите на эскиз габаритные и компоновочные параметры рабочего места.
5. На основе эскизов выполните чертежи рабочего места.

При расчете компоновочных и свободных параметров используют антропометрические данные.

Антропометрические данные по способам измерений и в зависимости от сферы использования разделяют на статические и динамические.

Расчеты и измерения компоновочных параметров рабочего места следует проводить в ортогональной системе координат с внешней относительно тела человека базой отсчета.

---

## Г. Проектирование производственной среды

---

Проектирование рабочей (производственной) среды сфокусировано на том, чтобы ее физические, химические и биологические факторы на рабочем месте не только не оказывали вредного воздействия на людей, но и способствовали сохранению их здоровья, обуславливали проявление способностей и стимулировали желание выполнять рабочие задачи.

**Комфортным** называется состояние внешней среды, обеспечивающее оптимальную динамику работоспособности, хорошее самочувствие и сохранение здоровья работающего человека.

**Относительно дискомфортным** называется состояние внешней среды на рабочем месте, которое при воздействии в течение определенного интервала времени обеспечивает заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает у человека неприятные субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы.

**Экстремальным** называется состояние внешней среды на рабочем месте, которое приводит к снижению работоспособности человека и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим нарушениям.

**Сверхэкстремальным** называется состояние внешней среды на рабочем месте, которое приводит к возникновению в организме человека патологических изменений (или невозможности выполнения работы).

Если производственный фактор не является технологически обусловленным, то его значение на рабочем месте должно быть в оптимальных пределах.

Проектирование рабочей среды основывается на знании физических, физиологических и психофизиологических механизмов воздействия ее факторов на организм и деятельность человека.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасные и вредные производственные факторы, действующие на исполнителя на рабочем месте, подразделяются по природе действия на следующие группы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические;
- эстетические;
- социально-психологические.

В зависимости от особенностей рабочей системы необходимо руководствоваться следующими **требованиями к рабочей среде**:

1. Исходные предпосылки – размеры оборудования, рабочего пространства и пространства, необходимого для передвижения, - должны быть адекватны выполняемой работе.
2. Воздухообмен должен регулироваться в соответствии с такими факторами, как количество людей в помещении; интенсивность использования физического труда; исходные предпосылки работы, включая производственное оборудование; выделение токсических и пылящих веществ в помещении; устройства, потребляющие кислород.
3. Оптимальные метеорологические условия в производственных помещениях создаются с учетом температуры, влажности и скорости движения воздуха; теплового излучения; интенсивности использования физического труда; свойств рабочей одежды, производственного оборудования и средств индивидуальной защиты.
4. Освещение должно создавать оптимальные условия зрительного восприятия для конкретных видов деятельности и обеспечивать психологический комфорт работникам. Для достижения этого принимаются во внимание такие факторы, как освещенность, цвет, распределение светового потока; устранение слепящего действия света и бликов; соотношения освещенности и цвета; возраст работников; естественная освещенность.
5. При выборе светового решения производственного помещения принимают во внимание его влияние на создание в поле зрения работающего оптимальных соотношений по яркости и цветности, на обеспечение хорошего различения обрабатываемых деталей, органов управления и элементов оборудования.
6. Акустика производственной среды должна исключать вредные и раздражающие воздействия шума, включая шумы от внешних источников. Важными здесь являются уровни звукового давления в октавных полосах спектра шума; суммарная длительность воздействия шума в течение рабочего

дня и его распределение по времени; характер шума (широкополосный, тональный и импульсный); восприятие акустических сигналов; различимость речи.

7. Вибрации и их воздействие на человека не должны достигать уровня, вызывающие физические повреждения, патофизиологические реакции или сенсомоторные нарушения.

8. Работники должны предупреждаться о воздействии на них электромагнитных полей высокой частоты и источников ионизирующих излучений, а также принимать необходимые меры безопасности при работе; следует выявлять ранние изменения в состоянии здоровья и работоспособности под влиянием указанных факторов, а также предупреждать утомление и связанные с ним возможные ошибочные действия работающих людей.

Если работы ведутся на открытом воздухе, следует обеспечивать адекватную защиту работников от неблагоприятных климатических воздействий.

**Эстетический уровень** отдельных элементов условий труда определяется с помощью методов экспертной оценки.

---

## **V. ЭРГОНОМИКА**

### **4. Эргономика рабочего места пользователя ПЭВМ**

---

Широкий диапазон различий между пользователями компьютерных систем обуславливает поиски новых, не традиционных подходов к организации соответствующих рабочих мест и условий труда.

Организация рабочих мест, оснащенных дисплеями, осуществляется в соответствии с требованиями, определяемыми характером и содержанием выполняемой человеком деятельности, его психофизиологическими возможностями и особенностями, а также антропометрическими и биомеханическими данными. Не рекомендуется жестко стандартизировать определенные виды оборудования, так как можно лишиться необходимой гибкости (изделия, помогающие одному пользователю, могут быть неудобны для другого).

---

### **A. Гигиена труда пользователей ПЭВМ**

---

Среди гигиенических проблем современности проблемы гигиены труда пользователей ПЭВМ относятся к числу наиболее актуальных, поскольку непрерывно расширяется круг задач, решаемых с использованием ПЭВМ, и все большие контингенты людей

вовлекаются в процесс использования вычислительной техники. Анализ комплексных гигиенических исследований по оценке условий труда и состояния здоровья работающих с персональными вычислительными машинами позволяет составить определенное представление о факторах риска их здоровью.

Совокупность изменений, наблюдаемых в состоянии здоровья профессиональных пользователей ПЭВМ, включает заболевания опорно-двигательного аппарата, органов зрения, центральной нервной и сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, аллергические расстройства. Отмечаются осложнения беременности и родов, неблагоприятное влияние на плод. Получены данные о повышенном уровне онкологических заболеваний.

По мере накопления новых данных по рассматриваемой проблеме становятся все более очевидными причинно-следственные связи между условиями труда и состоянием здоровья пользователей ПЭВМ. Так заболевания опорно-двигательного аппарата (рук, шеи, плечевого пояса, спины) связаны с вынужденной рабочей позой, гиподинамией в сочетании с монотонностью труда.

Характерной особенностью труда за компьютером является необходимость выполнения точных зрительных работ на светящемся экране в условиях перепада яркостей в поле зрения, наличии мельканий, неустойчивости и нечеткости изображения. Объекты зрительной работы находятся на разном расстоянии от глаз пользователя и приходится часто переводить взгляд в направлениях экран – клавиатура – документация (согласно хронометражным данным от 15 до 50 раз в минуту). Частая переадаптация глаза к различным яркостям и расстояниям до объекта различения является одним из главных негативных факторов при работе с дисплеями.

Неблагоприятным фактором световой среды является несоответствие уровней освещенности рабочих поверхностей стола, экрана, клавиатуры. Нередко на экранах наблюдается зеркальное отражение источников света и окружающих предметов. Все выше изложенное затрудняет работу и приводит к нарушениям основных функций зрительной системы. Работающие с видеодисплейными терминалами (ВДТ) предъявляют жалобы на боль и ощущение песка в глазах, покраснение век, трудности перевода взгляда с близких на далекие предметы. Отмечается быстрое утомление и затуманенность зрения, двоение предметов. Комплекс выявляемых нарушений был охарактеризован специалистами как "профессиональная офтальмопатия".

Труд оператора ПЭВМ относится к формам труда с высоким нервно-эмоциональным напряжением. Это обусловлено необходимостью постоянного слежения за динамикой изображения, различения текста рукописных и печатных материалов, выполнением машинописных и графических работ. В процессе работы требуется постоянно поддерживать активное внимание. Труд требует высокой ответственности, поскольку цена ошибки бывает достаточно велика, вплоть до крупных экономических потерь и аварий.

На пользователей ЭВМ воздействует электромагнитное излучение видимого спектра, крайне низких, сверхнизких и высоких частот. При эксплуатации видеодисплейных терминалов на электронно-лучевых трубках в рабочих зонах регистрируются статические электрические и импульсные электрические и магнитные поля низкой и сверхнизкой частоты, создаваемые системами кадровой и строчной развертки. Кроме



ВДТ источниками электромагнитных полей (ЭМП) являются процессор, принтер, клавиатура, многочисленные соединительные кабели.

Воздействие ЭМП широкого спектра частот, импульсного характера, различной интенсивности в сочетании с высоким зрительным и нервно-эмоциональным напряжением вызывает существенные изменения со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой системы, проявляющиеся в субъективных и объективных расстройствах. Работающие чаще всего предъявляют жалобы на головные боли, иногда с тошнотой и головокружением. У них диагностируются невроты, нейроциркулярные дистонии, гипо- и гипертония.

У работающих с ПЭВМ могут наблюдаться аллергические заболевания и повышенный уровень заболеваемости органов дыхания. С одной стороны, это может быть обусловлено изменениями иммунитета (известно влияние ЭМП на иммунную систему). Следует также обратить внимание, что, ввиду наличия статических электрических полей, к экрану ВДТ притягиваются пылевые частицы, которые могут содержать аллергены и бактериальную флору. Это также способствует развитию вышеуказанной патологии.

Кроме перечисленных факторов на рабочем месте операторов могут иметь место шум, нарушенный ионный режим, неблагоприятные показатели микроклимата. В воздухе могут содержаться химические вещества (озон, фенол, стирол, формальдегиды и др.), что наблюдается при установке на малых площадках большого числа компьютеров и несоблюдении требований к организации рабочих мест.

Существенным с позиции влияния на организм является характер профессиональной деятельности и стаж работы. Несомненно, важную роль играют индивидуальные особенности организма, его функциональное состояние.

Сейчас уже очевидно, что компьютерные технологии являясь великим достижением человечества, имеют отрицательные последствия для здоровья людей. На сегодня стоит задача снизить ущерб от вреда здоровью. Для этого необходимо соблюдение установленных гигиенических требований к режимам труда и организации рабочих мест.

---

## **В. Требования к помещениям для работы с ПЭВМ**

---

Следующий уровень анализа компоновки рабочего места пользователя ПЭВМ связан со схемой расположения и взаимодействия служащих в пределах рабочего пространства. Здесь необходимо оценивать расположение столов, пультов, перегородок, освещение и т.п. Рассматривается пространственно-предметная среда отдела, отделения, учреждения или офиса. Эргономические требования учитываются и при проектировании здания, выборе места его расположения и т.д.

Возможный вариант расположения рабочих мест с ПЭВМ в помещении представлен на рис. 6.8 б.

Недопустимый вариант размещения компьютерных рабочих мест в помещении представлен на рис. 6.8 а.

Одной из достаточно распространенных и удобных планировок учреждений с компьютеризированными рабочими местами является так называемый ландшафтный офис. Основное достоинство концепции ландшафтного офиса – гибкость планировки рабочих пространств. Планировка осуществляется с учетом организационной структуры учреждения. Принимается во внимание и то обстоятельство, что структура или ее компоненты часто изменяются. В результате рабочее пространство может легко варьироваться в соответствии с организационными изменениями. Основными проблемами в этом случае являются шум и возможный недостаток конфиденциальности.

Концепция ландшафтного офиса может быть реализована с помощью специальной мебели типа передвижаемых перегородок. При желании можно использовать даже искривленные перегородки для сохранения непрерывности проходов.

При проектировании или выборе модульных систем перегородок предпочтение должно отдаваться системам, которые обладают такими характеристиками, как:

- прочность;
- отсутствие затруднений для передвижения;
- наличие акустического контроля;
- износостойкость;
- легкость сборки и разборки;
- легкость чистки.

Во многих учреждениях не хватает рабочей площади. В случае применения концепции ландшафтного офиса каждому служащему также необходимо некое минимальное рабочее пространство. Даже отказ от перегородок и переход к концепции ландшафтного офиса, имеющие своей целью улучшение условий труда и психологического состояния служащих, могут дать отрицательные результаты, если основные проблемы, связанные с теснотой, так и не будут разрешены.

В учреждении, где часто проводятся различные конфиденциальные беседы и обсуждения, используют концепцию конфиденциального офиса, т.е. пространство разделяют на отдельные комнаты или рабочие пространства. При такой планировке обеспечивается относительно тихая обстановка для работы, так как служащие отделены от источников шума и отвлекающих факторов. Возможные недостатки состоят в том, что разделяющие пространство этажа стены затрудняют контроль за работой сотрудников, служащие могут чувствовать себя изолированными друг от друга. Кроме того, трудно передвигать стены при необходимости приспосабливаться к изменениям в структуре организации.

Очень важную роль играют правильно разработанные средства визуальной коммуникации (таблички, указатели и т.п.) в учреждении. Неправильные обозначения

могут вести к путанице и появлению различных проблем. Сообщения на табличках должны быть отчетливыми, легкими для чтения и понимания, располагаться во всех местах, где это необходимо, и иметь привлекательный внешний вид.

При проектировании рабочих помещений следует руководствоваться следующими дополнительными рекомендациями:

1. Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке.
2. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.
3. Оконные проемы должны быть оборудованы регулирующими устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.
4. Не допускается размещение мест пользователей ПЭВМ во всех образовательных и культурно-развлекательных учреждениях для детей и подростков в цокольных и подвальных помещениях.
5. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 квадратных метров (при продолжительности работы менее 4 часов в день – 4,5 квадратных метра), в помещениях культурно-развлекательных учреждений и с ВДТ на базе жидкокристаллических мониторов — 4,5 квадратных метра.
6. Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка — 0,7—0,8; для стен — 0,5—0,6; для пола — 0,3—0,5.
7. Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением).

Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

---

## **С. Общие требования к организации рабочего места пользователя ПЭВМ**

---

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов — не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 – 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600—700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитноцифровых знаков и символов.

Размещение дисплеев и вспомогательных устройств на рабочем месте должно обеспечивать человеку возможность принимать оптимальную рабочую позу. При этом следует исходить из положения, что наиболее негативное воздействие на организм оказывает не столько сама поза, сколько время, в течение которого человек в ней находится.

Рабочие места с дисплеями должны проектироваться таким образом, чтобы параметры основного оборудования были регулируемыми. Рабочие места без регулируемой высоты клавиатуры, высоты и удаленности экрана не подходят для длительной и непрерывной работы. Оптимально, когда возможно регулировать высоту и наклон рабочей поверхности, высоту, наклон, поворот и удаленность дисплея:

- высота клавиатуры (средний ряд над полом) 70-85 см;
- центр экрана монитора над полом 90-115 см;
- наклон экрана назад по отношению к горизонтальной плоскости 88-105 градусов;
- расстояние между экраном и краем стола 50-75 см. Для уменьшения риска появления отражений на поверхности экрана дисплея она должна находиться под прямым углом к окну. Окна не должны располагаться ни позади операторов, ни перед ними. Глубина пространства для ног должна составлять: от края стола не менее 60 см на уровне коленей и 80 см на уровне ступней.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 – 0,7.

Необходимо, чтобы имелась возможность регулировки высоты рабочего кресла, положения спинки, подлокотников, углов их наклона. Традиционные конторские стулья с относительно небольшой опорой для спины не годятся для работы за дисплеем.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для

предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Однако, не следует увлекаться большим числом регулируемых параметров. Органы управления для установки параметров рабочего места должны быть простыми и удобными в использовании.

---

## Д. Требования к производственной среде при работе на ПЭВМ

---

### Требования к микроклимату, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является вспомогательной, температура, относительная влажность и скорость движения воздуха на рабочих местах должны соответствовать действующим санитарным нормам микроклимата производственных помещений.

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для **категории работ 1а и 1б** в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанных выше нормативов.

В помещениях всех типов образовательных и культурно-развлекательных учреждений для детей и подростков, где расположены ПЭВМ, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оптимальные параметры микроклимата во всех типах учебных и дошкольных помещений с использованием ПЭВМ

Температура, С°	Относительная влажность, %	Абсолютная влажность, г/м <sup>3</sup>	Скорость движения воздуха, м/с
-----------------	----------------------------	--	--------------------------------

19	62	10	<0,1
20	58	10	<0,1
21	55	10	<0,1

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений, где расположены ПЭВМ, должны соответствовать действующим санитарно-эпидемиологическим нормативам табл. 6.2.

Таблица 6.2

Уровни положительных и отрицательных аэроионов в помещениях с использованием ПЭВМ

	Число ионов в 1 см <sup>3</sup> воздуха	
	положительных	отрицательных
Минимально необходимые	400	600
Оптимальные (нижняя граница)	1500	3000
Оптимальные (верхняя граница)	3000	5000
Максимально допустимые	50000	50000

Содержание вредных химических веществ в помещениях для работ с использованием ПЭВМ не должно превышать предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами табл. 6.3.

Таблица 6.3

Допустимые концентрации загрязняющих веществ в помещениях для использования ПЭВМ

СО, мг/м <sup>3</sup>	H <sub>2</sub> S, мг/м <sup>3</sup>	NO, мг/м <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , об. %
20	10	3	2	20

Содержание вредных химических веществ в воздухе помещений, предназначенных для использования ПЭВМ во всех типах образовательных учреждений, не должно превышать предельно допустимых среднесуточных концентраций для атмосферного воздуха в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

**Требования к уровням шума и вибрации на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ**

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ, в соответствии с действующими санитарно – эпидемиологическими нормативами табл. 6.4 и табл. 6.5.

Шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ.

В помещениях всех образовательных и культурно-развлекательных учреждений для детей и подростков, где расположены ПЭВМ, уровни шума не должны превышать допустимых значений, установленных для жилых и общественных зданий.

Таблица 6.4

Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и эквивалентного уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	50
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	

Таблица 6.5

Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и эквивалентного уровня звука, создаваемого ПЭВМ с принтером

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	75
103 дБ	91 дБ	83 дБ	77 дБ	73 дБ	70 дБ	68 дБ	66 дБ	64 дБ	

При выполнении работ с использованием ПЭВМ в производственных помещениях уровень вибрации не должен превышать допустимых значений вибрации для рабочих мест (категория 3, тип "В") в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

В помещениях всех типов образовательных и культурно-развлекательных учреждений, в которых эксплуатируются ПЭВМ, уровень вибрации не должен превышать допустимых значений для жилых и общественных зданий в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

## Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видео дисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и

административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300—500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м<sup>2</sup>.

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м<sup>2</sup> и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м<sup>2</sup>.

Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20. Показатель дискомфорта в административно-общественных помещениях — не более 40, в дошкольных и учебных помещениях — не более 15.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м<sup>2</sup>, защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 — 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп. В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенных.

Для освещения помещений с ПЭВМ следует применять светильники с зеркальными параболическими решетками, укомплектованными электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА). Допускается использование многоламповых светильников с ЭПРА, состоящих из равного числа опережающих и отстающих ветвей.

Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается.



При отсутствии светильников с ЭПРА лампы многоламповых светильников или рядом расположенные светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети.

Общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядом расположении видео дисплейных терминалов. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

Коэффициент запаса ( $K_3$ ) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4.

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

---

## **Е. Каким должен быть монитор видеодисплейного терминала?**

---

Мы частенько слышим, что “изделие удовлетворяет эргономическим требованиям, оно эргономично, эргономика в порядке” и т.д. Делается это, как правило, с умным выражением лица. Наиболее распространены такие высказывания в отношении мониторов, хотя с полной ответственностью берусь утверждать, что произносящий это вряд ли до конца понимает, что такое эргономика конкретного продукта. Иногда здесь просто происходит подмена понятий: если потребителю нравится дизайн, изделию приписывают и высокие эргономические качества, что не совсем так. Иногда за эргономические параметры принимаются некоторые технические параметры, а иногда и наоборот (этим грешат разработчики изделий) — многие технические параметры никак не хотят признаваться в качестве эргономических. Попробуем продемонстрировать на примере компьютерных мониторов, что такое эргономические параметры и как они влияют на качество труда человека-оператора.

Визуальные эргономические параметры ПК являются параметрами безопасности, и их неправильный выбор приводит к ухудшению здоровья пользователей. Такой посыл становится особенно актуальным, когда вспоминаешь, что глаза-то свои. Опасности, которые вас подстерегают, могут быть связаны с обострением хронических заболеваний глаз, проявлением наследственных предрасположенностей. Поэтому так важен режим работы с ПК, профилактические мероприятия, ну и, конечно, самое главное — эргономические параметры видеомониторов.

Одним из основных параметров является частота вертикальной или кадровой развертки (частота обновления), которая (что признается подавляющим числом международных и национальных стандартов) должна быть не менее 85 Гц, желательно в режиме максимального разрешения. Особенно это важно при работе с графическими пакетами. В практической эргономике для определения усталостных характеристик человека-оператора применяется такой психофизиологический показатель, как критическая частота слияния мельканий (КЧСМ). Так вот КЧСМ зависит от яркости изображения, спектра излучения, местоположения изображения на сетчатке глаза, размеров наблюдаемого объекта, от возраста оператора и ряда других факторов, в том числе от времени работы человека с информационной моделью, вызывающей усталость. Но в любом случае она не может превысить 30-35 Гц в центральной области зрения. Этими цифрами, как вы уже догадались, определяется нижняя граница допустимой частоты вертикальной развертки монитора. Особенно высокой чувствительностью к изменению яркости изображения обладают окраинные области сетчатки. Поэкспериментируйте: глядя напрямую на экран монитора, вы не увидите мельканий, зато отлично их заметите, когда экран наблюдается боковым зрением, даже на вашем замечательном мониторе при частоте развертки 75 Гц.

По размерам экрана монитора приходится следовать моде, что по эргономическим меркам не всегда обосновано, — если еще несколько лет назад стандартными считались мониторы с диагональю экрана 14 дюймов, то теперь уже 15, 17 дюймов не выглядят слишком большой роскошью. В соответствии с веяниями прогресса при изменении размера экрана корректируется величина минимального светоизлучающего элемента экрана — экранного “зерна”. Размеры “зерна” — это еще один из стандартных параметров мониторов, хотя более правильным будет говорить о шаге теневой маски или апертурной решетки (в зависимости от технологии) экрана монитора на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ). Для мониторов с размером экрана 15 дюймов нормальной величиной “зерна” (в данном случае берется шаг по диагонали) считается 0,28 мм, а для мониторов в 17-19 дюймов его величина снижается до размеров 0,25 мм. Впрочем, если не учитывать стоимость, то чем меньше “зерно”, тем лучше. Хотя и здесь есть пределы, установленные возможностями зрительного аппарата человека — воспринимаемые глазом размеры “зерна” в диапазоне минимально допустимого расстояния от экрана 300-500 мм находятся в пределах 0,08-0,13 мм. То есть можно сделать вывод, что стремиться к меньшим размерам просто нецелесообразно. Величина “зерна” должна быть постоянна в различных точках экрана. Форма его бывает различна: от круглой и овальной до квадратной и прямоугольной.

Взаимосвязанный с размером “зерна” показатель — разрешающая способность, оптимальные значения которой должны соответственно достигать следующих значений: для 15-дюймового — 800 × 600 точек или пикселей, для 17-дюймового — 1024 × 768 точек, для 19-дюймового — 1280 × 1024 точки, для 21-дюймового — 1600 × 1200 и т.д. Естественно, что размер “зерна” должен позволять поддерживать выбранное разрешение.

Для жидкокристаллических (ЖК) мониторов параметры пока похуже, чем для мониторов на ЭЛТ, но зато отсутствуют такие пороки, как искажение изображения. А если взять ЖК — мониторы с активной матрицей (TFT), то здесь достоинств больше. ЖК — мониторы более компактны, то есть меньше занимают места на рабочем месте оператора. Более легкие. Отсутствуют высокие напряжения и сопутствующие этому

неионизирующие электромагнитные и ионизирующие рентгеновские излучения, нет вредного статического электричества, нет положительной ионизации воздуха, что является самым настоящим бичом при работе с мониторами на ЭЛТ, в воздух не выделяется озон — вещество первого класса опасности. То есть налицо большие достоинства по обеспечению безопасного труда. Однако у ЖК – мониторов недостаточная цветопередача, достигающая обычно 8 бит на составляющую цвета. Поэтому при необходимости создания цветонасыщенных изображений следует иметь в виду, что у мониторов на ЭЛТ этот показатель значительно лучше.

Есть еще один недостаток — “мертвые” точки на экранах ЖК – мониторов (особенно у активных), вызываемые технологическими проблемами их производства и интенсивностью эксплуатации (выгорают излучающие элементы).

Цифровое управление, вытекающее из самой сути действия ЖК – монитора, естественно позволяет улучшить качество изображения по его стабильности, избежать геометрических искажений, присущих мониторам на ЭЛТ, и, соответственно, уменьшается количество регулировок.

ЖК – мониторы могут быть с панелями, работающими с собственной подсветкой и в отраженном свете. В последнем случае эргономические параметры мониторов, в частности, светотехнические, несколько хуже, поскольку зависят от условий окружающей среды.

Для обеспечения надежного считывания информации при соответствующей степени комфортности ее восприятия должны быть определены оптимальные диапазоны визуальных эргономических параметров. Сравнительные визуальные эргономические параметры мониторов различных видов приведены в табл. 6.6.

Сравнительные эргономические параметры различных типов мониторов говорят о некотором постоянно тающем превосходстве мониторов на ЭЛТ над ЖК – мониторами:

- частота кадровой развертки у ЖК – мониторов практически достигла приемлемых для восприятия значений — 75-80 Гц (правда, у наиболее продвинутых моделей мониторов на ЭЛТ — 160 Гц);
- яркость изображения у мониторов на ЭЛТ изначально выше (270-400 кд/м<sup>2</sup>), но это не столько достоинство, сколько следствие конструктивных особенностей, тем более что и у ЖК - мониторов ее можно повышать и повышать — но нужно ли, ведь для нормального восприятия, в принципе, достаточно 250 кд/м<sup>2</sup>;
- размеры зерна, можно сказать, сравнялись, и у ЖК – мониторов здесь явно больше перспектив по его уменьшению, чем у конкурента;
- яркостной контраст у ЖК – мониторов может принимать значения 0,997-0,998, что конкурирующим мониторам на ЭЛТ уже в этой жизни не достигнуть никогда;
- ну а за плоскостность экрана ЖК – мониторам и бороться не надо, она задана априори технологией производства, чего не скажешь об ЭЛТ, где за плоскостность нужно платить неплохие деньги.

Способы регулировок параметров мониторов могут быть различными, что несущественно, так как они производятся значительно реже одного раза в рабочую

смену, а это по эргономическим меркам — редко используемые органы управления. Конструктивно они могут быть выполнены в виде ручных регулирующих органов управления или как экранное меню с соответствующим назначением. При установке ручных органов управления, естественно, следует стремиться к сокращению их номенклатуры. При необходимости расположения органов управления на лицевой панели они должны закрываться крышкой или быть утоплены в корпус. В случае экранного меню возможно бесконечно большое число регулировок в зависимости от уровня подготовленности пользователя (который, в свою очередь, тоже может быть регламентирован в виде меню) или специфики работы, единственное условие — оптимальное формирование **информационной модели**. В настоящее время самым распространенным с небольшими вариациями является вывод пункта настройки и кнопок плюс/минус для увеличения и уменьшения параметров.

Количество регулировок параметров изображения монитора на ЭЛТ должно содержать следующий минимум:

- пропорциональное сжатие/растяжение изображения по горизонтали и вертикали;
- сдвиг изображения по горизонтали и вертикали;
- коррекция “бочкообразных искажений” (то есть таких, когда края изображения на экране слишком выпуклы или, наоборот, вогнуты);
- коррекция трапециевидных параллелограммных искажений;
- установка цветовой температуры, то есть соотношения основных экранных цветов — красного, зеленого и синего (регулировка цветовой температуры с шагом не менее 100 K°).

У ЖК – мониторов в зависимости от вида интерфейса (VGA-интерфейс либо цифровой) должны быть предусмотрены органы ручной или автоподстройки, которые, в свою очередь, должны обеспечивать:

- установку размера изображения по горизонтали;
- масштабирование изображения;
- установку цветовой температуры;
- регулировку яркости;
- регулировку контрастности.

Восприятие информации во многом зависит от местоположения монитора.

Расположение монитора на рабочем месте должно удовлетворять требованиям, приведенным в табл. 6.7.

Таблица 6.7

Эргономические параметры мониторов,  
зависящие от условий размещения на рабочем месте

Наименование параметров	Мониторы на ЭЛТ	ЖК – мониторы
Расстояние до экрана, мм	600-700	300-500
Внешняя освещенность экрана, лк	100-250	
Угловой размер знака, угл. мин.	12-60	
Угол наблюдения, град.	не более 40-70	не более 30
Угол поворота вокруг вертикальной оси, град.	± 30	± 60

Угол поворота вокруг горизонтальной оси, град.	0 – 20	0 – 25
--	--------	--------

У большинства ЖК – мониторов значительно худшие показатели угла наблюдения, чем у мониторов на ЭЛТ. Одним из результатов этого является искаженная цветопередача. Наибольшее расстояние различимости знаков зависит как от эргономических параметров самого монитора, так и от внешних светотехнических характеристик окружающей среды.

Теперь об угле обзора экрана. Настоящий угол обзора экрана монитора определяет оптимальные размеры экрана и расстояние до пользователя. Для того чтобы понять, как формируются эти параметры, сделаем небольшой экскурс в физиологию глаза. Глаза являются самым активным из наших органов чувств, они находятся в непрерывном движении и все время обследуют одну за другой детали окружающего нас мира.

Движения глаз в основном необходимы для того, чтобы перевести рассматриваемый объект в зону ясного видения сетчатки и фиксировать его там необходимое время.

Результаты исследований показали, что для перевода взгляда на  $20^\circ$  требуется 6 – 7 мс, при переводе взгляда на  $40^\circ$  — 135 мс, при переводе взгляда более чем на  $45^\circ$  требуется уже движение головы. Размеры экрана монитора и расстояние до пользователя должны быть такими, чтобы угол обзора не превышал указанных величин и при ограниченном по размерам рабочем месте не обязательно следует гнаться за большими мониторами. Оптимальные (в данном случае — максимальные) размеры экрана для вашего рабочего места при условии размещения экрана монитора на минимально допустимом расстоянии от оператора 300-500 мм:

- если требуется оперативная реакция на движущиеся объекты, линейные размеры видимой области экрана должны быть не более 182 мм, что выливается примерно в 10-дюймовый;
- если обычный рабочий режим, это уже 19-дюймовый монитор.

Помимо полезных и нужных излучений в виде зрительной информации в видимом диапазоне, ПК с мониторами на ЭЛТ грешат еще неионизирующими излучениями в диапазоне радиочастотном. Букет частот значителен, поскольку двоичные коды множатся и преобразуются в этом детище Человечества в огромном числе. Но эмпирическим путем установлено, что основные мощности излучения лежат в диапазонах частот строчной (горизонтальной) и кадровой (вертикальной) развертки. Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений приведены в табл. 6.8.

Таблица 6.8

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений ПК

Наименование параметров	Допустимое значение
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 500 мм вокруг ПК по электрической составляющей должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц — 2 кГц; в диапазоне частот 2 — 400 кГц	25 В/м 2,5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более:	

в диапазоне частот 5 Гц — 2 кГц; в диапазоне частот 2 — 400 кГц	250 нТл 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

Превзойти ПДУ по магнитной составляющей такому прибору, как ПК, вообще невозможно, мощности не те. Зато по электрической составляющей иногда встречаются экземпляры, выдающие 30 – 40 В/м при норме 25 В/м. Обычно это связано с нарушением условий подключения к сети питания, а именно с отсутствием защитного нулевого провода или некачественной связью с ним. Такое превышение устраняют приведением вышеупомянутых условий в соответствие с правилами электробезопасности.

Конструкция мониторов на ЭЛТ, в соответствии с санитарными нормами, должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ПК, при любых положениях регулировочных устройств не выше 0,1 мБэр/ч (100 мкР/ч). Так вот по нашим данным рентгеновское излучение в реальной жизни не превышает 10 – 15 мкР/ч причем вне зависимости от фирм-изготовителей. Уровень гамма – фона не превышает 10 – 13 мкР/ч. Все это подтверждает тезис об относительной радиационной безопасности ПК

Поверхностный электростатический потенциал, как правило, не превышает 100 В при норме 500 В. Современные мониторы на ЭЛТ оборудованы встроенной антистатической защитой — проводящим покрытием, нанесенным на внутреннюю (реже на внешнюю) поверхность стекла экрана и имеющим электрическую связь с общим заземлением ПК. В ПК старшего поколения электростатический потенциал может достигать 15-20 кВ, что выше нормы в десятки раз, то есть практически все ускоряющее напряжение электронного пучка наводится на поверхность экрана. Для таких ПК имеет смысл использовать защитные экраны (приэкранные фильтры). Защитные экраны устраняют бликовость, улучшают контрастность при считывании информации с экранов и снимают электростатический потенциал, при наличии заземляющего провода.

Несмотря на малые величины, при длительной работе, а также во взаимодействии с другими вредными факторами, сопровождающими эксплуатацию ПК, возникает эффект накопления воздействия электромагнитных полей, что может привести к ряду серьезных нарушений здоровья пользователей. Так, на органы зрения влияют даже поля малой интенсивности (возможно развитие катаракты, глаукомы и других заболеваний), а электростатическое поле может вызвать отслоение роговицы глаза. Воздействие электромагнитного поля на головной мозг со временем может привести к различным заболеваниям — вплоть до развития злокачественных заболеваний. Значения напряженности электромагнитного поля в какой-то мере зависят и от “картинки” на экране видеомонитора. Сравнительные исследования показали, что мониторы, работающие в режиме Norton Commander и Windows, имеют уровни напряженности электрического поля в области высоких частот (2 – 400 кГц) на 15 – 60% выше, чем в режиме DOS. В этой связи работа всякого рода диспетчерских служб, учитывая их высокую интенсивность, в системе MS DOS уже не кажется такой архаичной.

Дизайн ПК должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПК должен иметь матовую поверхность одного цвета с коэффициентом отражения 0,4 – 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. Повышенная бликовость как экрана, так и корпуса ПК способствуют росту утомляемости человека-оператора.

---

## **Г. Средства ввода информации**

---

При вводе информации в компьютер глаза пользователя совершают движения от восприятия текста на бумаге (отражение света) к экрану дисплея (излучение света) и обратно. Другими словами, глаза должны постоянно приспосабливаться и перестраиваться с одного способа восприятия информации на другой. Это постоянная «работа» зрительной системы, объем которой за рабочий день или другой промежуток времени мы еще до конца не представляем.

На первых этапах развития вычислительной техники упор делался на развитие аппаратных средств. С ними же по преимуществу были связаны эргономические исследования и разработки. Решались вопросы выбора и проектирования средств ввода информации: клавиатуры, изометрического или изотонического джойстика, шара трассировки, мыши, светового пера, сенсорного экрана и графического планшета (дигитайзера), а также устройств распознавания речи и рукописного текста. Наибольшее число эргономических исследований и разработок было связано с клавиатурой - наиболее распространенным средством ввода алфавитно-цифровой информации.

Рабочие циклы при работе на клавишных аппаратах многократно повторяются, что приводит к нервно-мышечному утомлению и возникновению профессиональных заболеваний рук. В возникновении этих заболеваний существенную роль играет рабочая поза, а также форма, размеры и расположение клавиатуры.

### **Требования к клавиатурам терминалов ЭВМ:**

1. Наклон клавиатуры - угол между рабочей поверхностью стола или пульта и рабочей поверхностью клавиатуры должен регулироваться от 10 до 30°. Клавиатура с нерегулируемым наклоном в указанном диапазоне также считается приемлемой.
2. Рабочее усилие нагрузка, требуемая для нажатия клавиши с целью передачи ею соответствующего сигнала, составляет 0,5 Н. Рекомендуется предоставлять пользователю возможность по собственному усмотрению регулировать рабочее усилие в пределах от 0,25 до 1,5 Н.
3. Смещение – расстояние, которое клавиша должна пройти при ее нажатии до момента передачи ею соответствующего сигнала. В большинстве клавиатур для активизации клавиши требуется 2 мм, полное смещение равно 4 мм.
4. Наличие визуальной обратной связи, выражающейся в появлении на экране дисплея соответствующего знака для каждой нажатой клавиши. Акустическая обратная связь рассматривается как дополнительная, но она несколько повышает

общий уровень шума. Для предотвращения ошибочности выходных сигналов в следствие одновременного нажатия нескольких клавиш рекомендуется предусматривать блокировку клавиатуры.

5. Форма и поверхность клавиш должны:

- обеспечивать точное расположение пальцев пользователя;
- минимизировать отражение света и иметь для этого матовую отделку;
- обеспечивать подходящую поверхность для маркировки;
- предотвращать попадание в механизм скапливающихся на поверхности клавиш частичек пыли, грязи, влаги и т.п.;
- не иметь острых краев, мешающих нажатию клавиш;
- иметь вогнутое (чашеобразное) углубление для пальцев пользователя.

6. Расстояние между центрами клавиш должно быть в диапазоне от 17 до 19 мм.

7. Маркировка клавиш должна быть четкой и легкой для понимания. Размеры цифр и букв на них не должны быть менее 3 мм. Функциональные клавиши следует маркировать стандартными символами. Рекомендуется, чтобы функциональные клавиши отличались от остальных цветом, формой, положением или расстоянием между ними. Для стандартных клавиш рекомендуется нейтральный цвет, например бежевый или серый, а не белый, который дает повышенное отражение света.

8. Наилучшие условия работы пользователя с клавиатурой обеспечиваются когда его кисти и предплечья занимают положение, близкое к горизонтальному. Оптимальный диапазон движения пальцев расположен от 25 до 75 мм ниже уровня локтя. Высота расположения базового ряда клавиш над уровнем пола должна находиться в пределах от 720 до 750 мм. Расстояние от переднего края стола или пульта до последнего ряда клавиш не должно превышать 400 мм. На передней части клавиатуры следует предусматривать свободное пространство глубиной примерно 600 мм, которое используется в качестве опоры кистей рук пользователя.

9. Клавиатура должна быть отделена от дисплея, чтобы ее можно было удобно располагать для пользователя. Масса клавиатуры должна быть достаточной для того, чтобы предотвратить случайные ее сдвиги в процессе работы.

## **Мышь**

Мышь – устройство ввода координат, которое используется на плоской поверхности и обеспечивает генерацию значений координат X и Y, управляющих положением отслеживающего элемента на экране дисплея.

Мышь конструируется таким образом, чтобы оператор мог, поместив ее на рабочую поверхность, правильно ориентировать ее с точностью  $\pm 10$  градусов без необходимости визуального контроля.

Контроллер должен легко перемещаться в любом направлении, не требуя при этом перехвата руки, а результирующее перемещение отслеживающего элемента на экране в том же направлении должно быть плавным и не отклоняться более чем на  $\pm 10$  градусов.



Конструкция контроллера должна обеспечивать возможность работать с ним любой рукой. Перемещению линии от края и до края рабочей поверхности должно соответствовать перемещение отслеживающего элемента от края и до края экрана. Чтобы контроллер не уводил отслеживающий элемент за пределы экрана, предусматриваются индикаторы, помогающие оператору вернуть отслеживающий элемент на экран.

Мышь не должна иметь острых краев, а размеры должны укладываться в следующие пределы:

- ширина (расстояние между кончиками пальцев при захвате мыши) 40 – 70 мм;
- длина 70 – 120 мм;
- высота 25 – 40 мм.

Мышь должна соответствовать размеру руки. Многие современные мыши оснащены колесиком, и это удобно в работе. Держать такую мышь следует за края большим пальцем и мизинцем, чтобы указательный лежал на левой кнопке, средний на колесике, а безымянный на правой кнопке. При этом запястье должно лежать на столе постоянно, а катать мышь по столу надо только движением пальцев, поскольку амплитуда движения такой мыши больше. При этом рука устает значительно меньше, и меньше вероятность развития тоннельного синдрома.

Использование ковриков и подставок с валиками имеет смысл только тогда, когда под правой рукой стоит стол несколько (на высоту валика) выше рабочего, а коврик лежит на рабочем столе и представляет собой продолжение приставного. В противном случае предплечье зависает в воздухе, двигается, устает и т.д. К тому же и на локоть нагрузка больше.

---

## **VII. Электромагнитные излучения**

---

Электромагнитное поле – это особая форма материи, представляющая собой взаимосвязанные электрическое и магнитное поля. На практике для характеристики электромагнитной обстановки используют термины "электрическое поле", "магнитное поле", "электромагнитное поле".

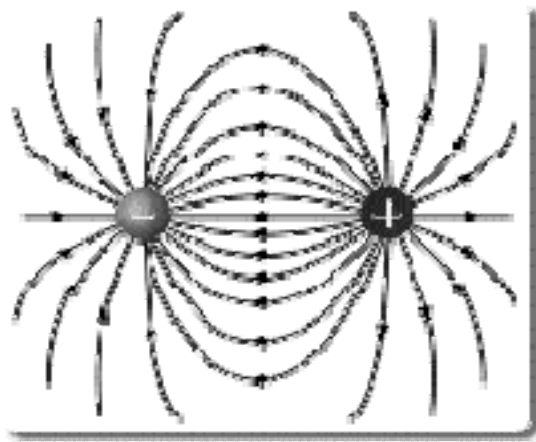


Рис. 7.1. Электрическое поле

Электрическое поле создается зарядами, а его величина характеризуется напряженностью ( $E$ , единица измерения В/м).



Рис. 7.2. Магнитное поле

Магнитное поле создается при движении электрических зарядов по проводнику. Оно характеризуется напряженностью магнитного поля ( $H$ , единица измерения А/м) и магнитной индукцией ( $B$ , единица измерения Тл – Тесла).

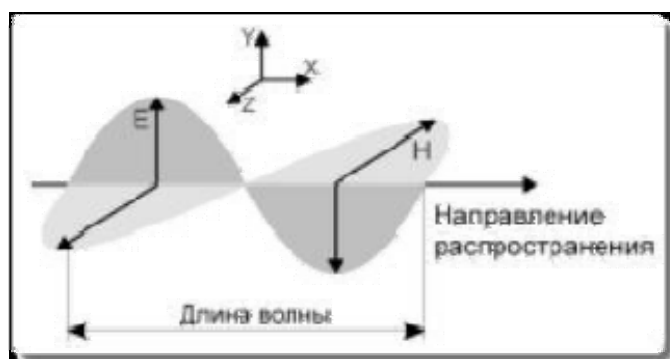


Рис. 7.3. Электромагнитное поле

Физические причины существования электромагнитного поля связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле порождает магнитное поле, а изменяющееся магнитное поле - вихревое электрическое поле: обе компоненты,

непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга. ЭМП неподвижных или равномерно движущихся заряженных частиц неразрывно связано с этими частицами. При ускоренном движении заряженных частиц, ЭМП "отрывается" от них и существует независимо в форме электромагнитных волн, не исчезая с устранением источника (например, радиоволны не исчезают и при отсутствии тока в излучившей их антенне).

Важной характеристикой электромагнитной волны является длина волны  $\lambda$ , которая связана с частотой электромагнитных колебаний  $f$  соотношением:

$$\lambda = V/f;$$

где  $V$  – скорость распространения электромагнитных волн в данной среде.

Полный спектр электромагнитных волн по частотам согласно Международной классификации представлен в табл. 7.1

Таблица 7.1

Международная классификация электромагнитных волн по частотам

Наименование частотного диапазона	Границы частотного диапазона	Наименование волнового диапазона	Границы волнового диапазона
Крайние низкие, КНЧ	3 - 30 Гц	Декаметровые	100 - 10 Мм
Сверхнизкие, СНЧ	30 – 300 Гц	Метровые	10 - 1 Мм
Инфранизкие, ИНЧ	0,3 - 3 кГц	Гектокилометровые	1000 - 100 км
Очень низкие, ОНЧ	3 - 30 кГц	Мириаметровые	100 - 10 км
Низкие частоты, НЧ	30 - 300 кГц	Километровые	10 - 1 км
Средние, СЧ	0,3 - 3 МГц	Гектометровые	1 - 0,1 км
Высокие частоты, ВЧ	3 - 30 МГц	Декаметровые	100 - 10 м
Очень высокие, ОВЧ	30 - 300 МГц	Метровые	10 - 1 м
Ультравысокие, УВЧ	0,3 - 3 ГГц	Дециметровые	1 - 0,1 м
Сверхвысокие, СВЧ	3 - 30 ГГц	Сантиметровые	10 - 1 см
Крайне высокие, КВЧ	30 - 300 ГГц	Миллиметровые	10 - 1 мм
Гипервысокие, ГВЧ	300 - 3000 ГГц	Децимиллиметровые	1 - 0,1 мм

## 1. Источники электромагнитных излучений

Основными источниками электромагнитных полей являются:

- системы производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии;
- транспорт на электроприводе: железнодорожный и его инфраструктура; городской – метро, троллейбус, трамвай;
- функциональные передатчики: радиостанции, телевизионные передатчики, системы сотовой связи, системы мобильной радиосвязи, спутниковая связь, радиорелейная связь, радиолокационные станции и т.п.;
- технологическое оборудование различного назначения, использующее сверхвысокочастотное излучение, переменные и импульсные магнитные поля;
- медицинские терапевтические и диагностические установки;
- средства визуального отображения информации на электроннолучевых трубках (мониторы, телевизоры);
- промышленное оборудование на электропитании;

- электробытовые приборы.

---

## 2. Влияние электромагнитных полей на организм человека

### А. Биологическое действие электромагнитных полей

---

Экспериментальные данные как отечественных, так и зарубежных исследователей свидетельствуют о высокой биологической активности электромагнитных полей во всех частотных диапазонах. При относительно высоких уровнях облучающего электромагнитного поля современная теория признает **тепловой механизм** воздействия. При относительно низком уровне электромагнитного поля (к примеру, для радиочастот выше 300 МГц это менее 1 мВт/см<sup>2</sup>) принято говорить о **нетепловом или информационном** характере воздействия на организм. Механизмы действия электромагнитного поля в этом случае еще мало изучены.

---

### В. Параметры электромагнитных полей, влияющие на биологическую реакцию

---

Варианты воздействия ЭМП на биосистемы, включая человека, разнообразны: непрерывное и прерывистое, общее и местное, комбинированное от нескольких источников и сочетанное с другими неблагоприятными факторами среды и т.д.

На биологическую реакцию влияют следующие параметры ЭМП:

- интенсивность ЭМП (величина);
- частота излучения;
- продолжительность облучения;
- модуляция сигнала;
- сочетание частот ЭМП;
- периодичность действия.

Сочетание вышеперечисленных параметров может давать существенно различающиеся последствия для реакции облучаемого биологического объекта.

---

### С. Последствия действия электромагнитных полей для здоровья человека

---

Многочисленные исследования в области биологического действия электромагнитных полей (ЭМП) позволяют определить наиболее чувствительные системы организма человека:

- нервная,
- иммунная,

- эндокринная,
- половая.

Эти системы организма являются критическими. Реакции этих систем должны обязательно учитываться при оценке риска воздействия электромагнитных полей (ЭМП) на население.

Биологический эффект ЭМП в условиях длительного многолетнего воздействия накапливается, в результате возможно развитие отдаленных последствий, включая дегенеративные процессы центральной нервной системы, рак крови (лейкозы), опухоли мозга, гормональные заболевания.

Особо опасны ЭМП могут быть для детей, беременных женщин (эмбрион), людей с заболеваниями центральной нервной, гормональной, сердечно-сосудистой систем, аллергиков, людей с ослабленным иммунитетом.

Результаты клинических исследований показали, что длительный контакт с ЭМП в СВЧ диапазоне может привести к развитию заболеваний, клиническую картину которого определяют, прежде всего, изменения функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем. Было предложено выделить самостоятельное заболевание - радиоволновая болезнь. Это заболевание, по мнению авторов, может иметь три синдрома по мере усиления тяжести заболевания:

- астенический синдром;
- астено-вегетативный синдром;
- гипоталамический синдром.

Наиболее ранними клиническими проявлениями последствий воздействия электромагнитного излучения на человека являются функциональные нарушения со стороны нервной системы, проявляющиеся прежде всего в виде вегетативных дисфункций неврастенического и астенического синдрома. Лица, длительное время находившиеся в зоне электромагнитного излучения, предъявляют жалобы на слабость, раздражительность, быструю утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна. Нередко к этим симптомам присоединяются расстройства вегетативных функций. Нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы проявляются, как правило, нейроциркуляторной дистонией: лабильность пульса и артериального давления, склонность к гипотонии, боли в области сердца и др. Отмечаются также фазовые изменения состава периферической крови (лабильность показателей) с последующим развитием умеренной лейкопении, нейropении, эритроцитопении. Изменения костного мозга носят характер реактивного компенсаторного напряжения регенерации. Обычно эти изменения возникают у лиц по роду своей работы постоянно находившихся под действием электромагнитного излучения с достаточно большой интенсивностью. Работающие с магнитными и электромагнитными полями, а также население, живущее в зоне действия ЭМП жалуются на раздражительность, нетерпеливость. Через 1-3 года у некоторых появляется чувство внутренней напряженности, суетливость. Нарушаются внимание и память. Возникают жалобы на малую эффективность сна и на утомляемость.

Учитывая важную роль коры больших полушарий и гипоталамуса в осуществлении психических функций человека, можно ожидать, что длительное повторное воздействие предельно допустимых электромагнитных излучений (особенно в дециметровом диапазоне волн) может привести к психическим расстройствам.

---

## Д. Влияние на здоровье пользователя электромагнитных полей компьютера

---

Впервые значительное комплексное исследование возможного неблагоприятного действия электромагнитных полей на здоровье пользователей персональных компьютеров было проведено в 1984 году в Канаде. Поводом для проведения работы послужили многочисленные жалобы сотрудниц бухгалтерии одного из госпиталей. Для выявления причинных факторов были измерены все виды излучений, был распространен вопросник, касающийся всех видов воздействия на здоровье. В отчете по итогам работы была установлена однозначная связь заболеваемости с одним из ведущих факторов внешнего воздействия - электромагнитным полем, генерируемым компьютером.

По обобщенным данным, у работающих за компьютером от 2 до 6 часов в сутки функциональные нарушения центральной нервной системы происходят в среднем в 4,6 раза чаще, чем в контрольных группах, болезни сердечно-сосудистой системы - в 2 раза чаще, болезни верхних дыхательных путей - в 1,9 раза чаще, болезни опорно-двигательного аппарата - в 3,1 раза чаще. С увеличением продолжительности работы на компьютере соотношения здоровых и больных среди пользователей резко возрастает.

По данным Бюро трудовой статистики США в период с 1982 по 1990 г. наблюдалось восьмикратное увеличение случаев расстройства здоровья (нетрудоспособности) пользователей. Также, установлено, что частое воздействие электромагнитного излучения компьютеров приводит к аномальным исходам беременности

Исследования функционального состояния пользователя компьютера, проведенные в 1996 году Центром электромагнитной безопасности, показали, что даже при кратковременной работе (45 минут) в организме пользователя под влиянием электромагнитного излучения происходят значительные изменения гормонального состояния и специфические изменения биотоков мозга. Особенно ярко и устойчиво эти эффекты проявляются у женщин. Замечено, что у групп лиц (в данном случае это составило 20%) отрицательная реакция функционального состояния организма не проявляется при работе с ПК менее 1 часа. Исходя из анализа полученных результатов сделан вывод о возможности формирования специальных критериев профессионального отбора для персонала, использующего компьютер в процессе работы.

По мнению ряда исследователей электростатическое поле монитора напряженностью 15 кВ/м при одночасовой экспозиции играющих на компьютере подростков усиливает возбудительные процессы в центральной нервной системе и сдвигает вегетативный гомеостаз в сторону симпатического преобладания.

Исследования общих закономерностей реакции организма человека на воздействие ЭМП монитора, проводимые на Украине, свидетельствуют, что среди прочих нарушений в функциональном состоянии организма, наиболее ярко выражены нарушения со стороны гормональной и иммунной систем. Отклонение в иммунном статусе, в равной степени как иммунодефицит, так и аутоиммунность, являются основополагающими в дискоординации процессов, которые поддерживают гомеостаз в организме в целом.

Обследование 1583 женщин, проведенное в Окленде (шт. Калифорния, США) Кайзеровским медицинским центром, показало, что для женщин, более 20 часов в



неделю пользующихся компьютерными терминалами, риск выкидыша на ранних и поздних стадиях беременности на 80 % выше, чем для женщин, которые выполняют ту же работу без дисплейных терминалов. По данным ученых Швеции существует 90 % вероятности, что у пользователей дисплеями в 1,5 раза чаще случаются выкидыши и у них рождается детей с врожденными пороками в 2,5 раза больше, чем у женщин других профессий.

Нью-Йорский комитет по охране труда и профилактике профессиональных заболеваний считает, что беременные или имеющие намерения забеременеть женщины должны переводиться на работу не связанную с использованием видеотерминалов.

Конечно, перечислением этих фактов не ограничивается неблагоприятное влияние ЭМП на рабочем месте на здоровье пользователя. Для этой ситуации облучения возможно проявление всех других биологических эффектов электромагнитного поля.

---

### 3. Нормирование электромагнитных полей

---

Национальные системы стандартов являются основой для реализации принципов электромагнитной безопасности. Как правило, системы стандартов включают в себя нормативы ограничивающие уровни электрических полей (ЭП), магнитных полей (МП) и электромагнитных полей (ЭМП) различных частотных диапазонов путем введения предельно допустимых уровней воздействия (ПДУ) для различных условий облучения и различных контингентов.

В России система стандартов по электромагнитной безопасности складывается из **Государственных стандартов (ГОСТ)** и **Санитарных правил и норм (СанПиН)**. Это взаимосвязанные документы, являющиеся обязательными для исполнения на всей территории России.

Государственные стандарты России в области электромагнитной безопасности приведены в табл. 7.5

Таблица 7.5

Государственные стандарты РФ  
в области электромагнитной безопасности

Обозначение	Наименование
ГОСТ 12.1.002-84	Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряжённости и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.1.006-84	Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.1.045-84	Система стандартов безопасности труда. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля

Санитарные правила и нормы регламентируют гигиенические требования более подробно и в более конкретных ситуациях облучения. Как правило, санитарные нормы сопровождаются Методическими указаниями по проведению контроля электромагнитной обстановки и проведению защитных мероприятий.

В зависимости от отношения подвергающегося воздействию ЭМП человека к источнику излучения в условиях производства в стандартах России различаются два

вида воздействия: профессиональное и непрофессиональное. Для условий профессионального воздействия характерно многообразие режимов генерации и вариантов воздействия. ПДУ для профессионального и непрофессионального воздействия различны.

Перечень Санитарных правил и Норм РФ для различных категорий приведен в Таблицах 7.6 и 7.7.

Таблица 7.6

**Санитарные нормы и правила для условий  
профессионального облучения электромагнитными полями**

<b>Обозначение</b>	<b>Наименование</b>
СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96	Санитарные правила и нормы. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)
СанПиН 2.2.2.542-96	Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
ГН 2.1.8./2.2.4.019-94	Гигиенические нормативы. Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой связи
ОБУВ № 5060-89	Ориентировочные безопасные уровни воздействия переменных магнитных полей частотой 50 Гц при производстве работ под напряжением на воздушных линиях (ВЛ) электропередачи напряжением 220-1150 кВ
СН № 5802-91	Санитарные нормы и правила выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц)
СанПиН 2.2.4.723-98	Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях
ПДУ № 3206-85	Предельно-допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц
ПДУ № 1742-77	Предельно-допустимые уровни воздействия постоянных магнитных полей при работе с магнитными устройствами и магнитными материалами

Таблица 7.7

**Санитарные нормы и правила для условий  
непрофессионального облучения (население)**

<b>Обозначение</b>	<b>Наименование</b>
ГН 2.1.8./2.2.4.019-94	Гигиенические нормативы. Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой связи
СН № 2971-84	Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты
СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03	Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
МСанПиН 001-96	Межгосударственные санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях
СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96	Санитарные правила и нормы. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)
СН № 2666-83	Предельно допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами



СН № 2550-82	Предельно допустимые нормы напряженности электромагнитного поля, создаваемого индукционными бытовыми печами, работающими на частоте 20 - 22 кГц
--------------	---

В основе установления ПДУ лежит принцип пороговости вредного действия ЭМП.

В качестве ПДУ ЭМП принимаются такие значения, которые при ежедневном облучении в свойственном для данного источника излучения режимах не вызывает у населения без ограничения пола и возраста заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в период облучения или в отдаленные сроки после его прекращения.

В зависимости от места нахождения человека относительно источника ЭМП он может подвергаться воздействию электрической или магнитной составляющей поля или их сочетанию, а в случае пребывания в волновой зоне - воздействию сформированной электромагнитной волны. По этому признаку определяется необходимый критерий контроля безопасности.

В части требований ГОСТов и СанПиН по проведению контроля записано, что контроль уровней ЭП осуществляется по значению напряженности ЭП -  $E$ , В/м. Контроль уровней МП осуществляется по значению напряженности МП -  $H$ , А/м или значению магнитной индукции -  $B$ , Тл. В зоне сформированной волны контроль осуществляется по плотности потока энергии (ППЭ), Вт/м<sup>2</sup>.

**В России установлены самые жесткие в мире предельно допустимые уровни облучения населения электромагнитными полями.**

Система Санитарно-гигиенического нормирования ПДУ ЭМП для населения в России исходит из принципа введения ограничений для конкретных случаев облучения.

Таблица 7.8

Предельно допустимые уровни электромагнитного поля для потребительской продукции, являющейся источником ЭМП

Источник	Диапазон	Значение ПДУ	Примечание
Индукционные печи	20 - 22 кГц	$E=500$ В/м $H=4$ А/м	Условия измерения: расстояние 0,3 м от корпуса
СВЧ печи	2,45 ГГц	ППЭ=10 мкВт/см <sup>2</sup>	Условия измерения: расстояние $0,50 \pm 0,05$ м от любой точки, при нагрузке 1 литр воды
Видеодисплейный терминал ПЭВМ	5 Гц - 2 кГц	$E_{пду} = 25$ В/м $B_{пду} = 250$ нТл	Условия измерения: расстояние 0,5 м вокруг монитора ПЭВМ
	2 - 400 кГц	$E_{пду} = 2,5$ В/м $B_{пду} = 25$ нТл	
	поверхностный электростатический потенциал	$V = 500$ В	Условия измерения: расстояние 0,1 м от экрана монитора ПЭВМ
Прочая продукция	50 Гц	$E = 500$ В/м	Условия измерения: расстояние 0,5 м от корпуса изделия
	0,3 - 300 кГц	$E = 25$ В/м	
	0,3 - 3 МГц	$E = 15$ В/м	
	3 - 30 МГц	$E = 10$ В/м	
	30 - 300 МГц	$E = 3$ В/м	
	0,3 - 30 ГГц	ППЭ = 10 мкВт/см <sup>2</sup>	

Таблица 7.9

Временно допустимые уровни (ВДУ) воздействия  
электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой радиосвязи,  
непрофессиональное воздействие

Категория облучения	Величина ВДУ ЭМИ	Примечание
Облучение населения, проживающего на прилегающей селитебной территории, от антенн базовых станций	$ППЭ_{\text{нд}} = 10 \text{ мкВт/см}^2$	
Облучение пользователей радиотелефонов	$ППЭ_{\text{нду}} = 100 \text{ мкВт/см}^2$	Условия измерения:  Измерения ППЭ следует производить на расстоянии от источника ЭМИ, соответствующего расположению головы человека, подвергающегося облучению

Таблица 7.10

Предельно допустимые уровни воздействия ЭМП,  
создаваемых радиотехническими объектами для основного населения

Источник	Диапазон частот	Значение ПДУ	Примечание
Радиотехнические объекты	30 - 300 кГц	25 В/м	Для всех случаев облучения
	0,3 - 3 МГц	15 В/м	
	3 - 30 МГц	10 В/м	
	30 - 300 МГц	3 В/м	
	300 МГц - 300 ГГц	$10 \text{ мкВт/см}^2$	

Таблица 7.11

Допустимые уровни воздействия ЭП ПЧ на населения от ЛЭП

ПДУ ЭП ПЧ, кВ/м	Условия облучения
0,5	внутри жилых зданий
1,0	на территории зоны жилой застройки
5,0	в населенной местности вне зоны жилой застройки; (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов) а также на территории огородов и садов;
10,0	на участках пересечения воздушных линий электропередачи с автомобильными дорогами I – IV категорий;
15,0	в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья);
20,0	в труднодоступной местности (недоступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения.

## VIII. Производственные вибрации

Малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются вибрацией.

Причиной возбуждения вибраций являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия, которые возникают:

- при возвратно-поступательных движениях систем (кривошипно-шатунные механизмы, ручные перфораторы, вибротрамбовки и т.п.);
- в результате наличия неуравновешенных вращающихся масс (ручные электрические и пневматические шлифовальные машины, режущий инструмент станков и т.п.);
- при ударах деталей (зубчатые зацепления, подшипниковые узлы).

---

## 1. Основные параметры вибрации

---

Основными параметрами вибрации являются:

- амплитуда виброперемещения -  $X_m$ , м;
- амплитуда колебательной скорости (виброскорости) -  $V_m$ , м/с;
- амплитуда колебательного ускорения (виброускорения) -  $a_m$ , м/с<sup>2</sup>;
- период колебаний – T, с;
- частота колебаний – f, Гц=1/с.

В силу специфических свойств органов чувств определяющим при оценке воздействия вибрации являются действующие значения выше перечисленных параметров. Так действующее значение виброскорости есть среднеквадратичное мгновенных значений скорости  $V(t)$  за время усреднения  $t_y$ , которое выбирают с учетом характера изменения виброскорости во времени:

$$V_r = \sqrt{\frac{1}{t_y} \int_0^{t_y} V^2(t) dt}$$

Таким образом, для характеристики вибраций используют спектры действующих значений параметров или средних квадратов последних.

В практике виброакустических исследований весь диапазон частот вибраций разбивают на октавные диапазоны. В октавном диапазоне верхняя граничная частота вдвое больше нижней  $f_2/f_1 = 2$ . Анализ и построение спектров параметров вибрации могут

производиться также в третьоктавных полосах частот -  $f_2/f_1 = \sqrt[3]{2}$ . Если  $f_1$  - нижняя граничная частота, а  $f_2$  - верхняя, то в качестве частоты, характеризующей полосу в

целом, берется среднегеометрическая частота  $f_g = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$ .

Среднегеометрические частоты октавных полос частот вибрации стандартизованы и составляют: 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Поскольку абсолютные значения параметров, характеризующих вибрацию, изменяются в очень широких пределах, в практике используют понятие логарифмического уровня колебаний. Логарифмический уровень колебаний – характеристика колебаний, сравнивающая две одноименные физические величины, пропорциональные десятичному логарифму отношения оцениваемого и исходного значения величины. В

качестве исходного используются опорные значения параметров, принятые за начало отсчета. Измеряются уровни в дБ. Тогда уровень виброскорости будет определяться по формуле:

$$L_v = 10 \lg \left( \overline{v^2} / v_0^2 \right) = 20 \lg (v_r / v_0)$$

где  $v_r$  - усредненное значение виброскорости в соответствующей полосе частот;

$v_0$  - опорное значение виброскорости, равное  $5 \times 10^{-8}$  м/с, международная стандартная величина.

Уровень виброускорения определяется выражением:

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{10^{-6}}$$

---

## 2. Классификация вибраций

---

Вибрации, воздействующие на человека, можно классифицировать по ряду признаков:

1. По способу передачи вибрации на человеческий организм:
  - общая;
  - локальная.
2. По характеру спектра:
  - узкополосные вибрации, у которых контролируемые параметры в одной третьоктавной полосе частот более чем на 15 дБ превышает значения в соседних третьоктавных полосах;
  - широкополосные вибрации – с непрерывным спектром шириной более одной октавы.
3. По частотному составу:
  - низкочастотные вибрации – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1,4 Гц для общих вибраций, 8,16 Гц для локальных вибраций;
  - среднечастотные вибрации – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 8,16 Гц для общих вибраций, 31,5,63 Гц для локальных вибраций;
  - высокочастотные вибрации – с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 31,5,63 Гц для общих вибраций, 125,1000 Гц для локальных вибраций.
4. По временным характеристикам:
  - 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 минут 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 1с;

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

---

### 3. Действие вибраций на человека

---

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обуславливается главным образом силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы. Мощность колебательного процесса в зоне контакта и время этого контакта являются главными параметрами, определяющими развитие вибрационных патологий, структура которых зависит от частоты и амплитуды колебаний, продолжительности воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явлений резонанса и других условий.

Между ответными реакциями организма и уровнем воздействующей вибрации нет линейной зависимости. Причину этого явления видят в резонансном эффекте. При повышении частот колебаний более 0,7 Гц возможны резонансные колебания в органах человека. Резонанс человеческого тела, отдельных его органов наступает под действием внешних сил при совпадении собственных частот колебаний внутренних органов с частотами внешних сил. Область резонанса для головы в положении сидя при вертикальных вибрациях располагается в зоне между 20 – 30 Гц, при горизонтальных – 1,5 – 2 Гц.

Особое значение резонанс приобретает по отношению к органу зрения. Расстройство зрительных восприятий проявляется в частотном диапазоне между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. Для органов, расположенных в грудной клетке и брюшной полости, резонансными являются частоты 3 – 3,5 Гц. Для всего тела в положении сидя резонанс наступает на частотах 4 – 6 Гц.

Вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых) среди профессиональных заболеваний. Рассматривая нарушения состояния здоровья при вибрационном воздействии, следует отметить, что частота заболеваний определяется величиной дозы, а особенности клинических проявлений формируются под влиянием спектра вибраций. Выделяют три вида вибрационной патологии от воздействия общей, локальной и толчкообразной вибраций.

При действии на организм общей вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Вибрация является специфическим раздражителем для вестибулярного анализатора, причем линейные ускорения – для отолитового аппарата, расположенного в мешочках преддверия, а угловые ускорения – для полукружных каналов внутреннего уха.

У рабочих вибрационных профессий отмечены головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, вестибуло-вегетативная неустойчивость. Нарушение зрительной функции проявляется сужением и выпадением отдельных участков полей зрения, снижением остроты зрения, иногда до 40%, субъективно – потемнением в глазах. Под влиянием общих вибраций отмечается

снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности. Особенно опасна толчкообразная вибрация, вызывающая микротравмы различных тканей с последующими реактивными изменениями. Общая низкочастотная вибрация оказывает влияние на обменные процессы, проявляющиеся изменением углеводного, белкового, ферментного, витаминного и холестерина обмена, биохимических показателей крови.

Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации и толчков регистрируется у водителей транспорта и операторов транспортно-технологических машин и агрегатов, на заводах железобетонных изделий. Для водителей машин, трактористов, бульдозеристов, машинистов экскаваторов, подвергающихся воздействию низкочастотной и толчкообразной вибраций, характерны изменения в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. Рабочие часто жалуются на боли в пояснице, конечностях, в области желудка, на отсутствие аппетита, бессонницу, раздражительность, быструю утомляемость. В целом картина воздействия общей низко- и среднечастотной вибраций выражается общими вегетативными расстройствами с периферическими нарушениями, преимущественно в конечностях, снижением сосудистого тонуса и чувствительности.

Бич современного производства, особенно машиностроения, - локальная вибрация. Локальной вибрации подвергаются главным образом люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение кожной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов.

Колебания низких частот вызывают резкое снижение тонуса капилляров, а высоких частот – спазм сосудов.

Сроки развития периферических расстройств зависят не столько от уровня, сколько от дозы (эквивалентного уровня) вибрации в течение рабочей смены. Преимущественное значение имеет время непрерывного контакта с вибрацией и суммарное время воздействия вибрации за смену. У формовщиков, бурильщиков, заточников, рихтовщиков при среднечастотном спектре вибраций заболевание развивается через 8 – 10 лет работы. Обслуживание инструмента ударного действия (клепка, обрубка), генерирующим вибрацию среднечастотного диапазона (30 – 125 Гц), приводит к развитию сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений через 12 – 15 лет. При локальном воздействии низкочастотной вибрации, особенно при значительном физическом напряжении, рабочие жалуются на ноющие, ломящие, тянущие боли в верхних конечностях, часто по ночам. Одним из постоянных симптомов локального и общего воздействия является расстройство чувствительности. Наиболее резко страдает вибрационная, болевая и температурная чувствительность.

К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибрации на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия, особенно пониженная температура, шум высокой интенсивности, психоэмоциональный стресс. Охлаждение и смачивание рук значительно повышает риск развития вибрационной болезни за счет усиления сосудистых реакций. При совместном действии шума и вибрации наблюдается взаимное усиление эффекта в результате его суммации, а возможно, и потенцирования. Длительное систематическое воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, которая включена в список профессиональных заболеваний.

Эта болезнь диагностируется, как правило, у работающих на производстве. В условиях населенных мест вибрационная болезнь не регистрируется, несмотря на наличие многих источников вибрации (наземный и подземный транспорт, промышленные источники и др.). Лица, подвергающиеся воздействию вибрации окружающей среды, чаще болеют сердечно-сосудистыми и нервными заболеваниями и обычно предъявляют много жалоб общесоматического характера.

---

## 4. Нормирование вибраций

---

Различают санитарно-гигиеническое и техническое нормирование.

В первом случае производят ограничение параметров вибрации рабочих мест и поверхности контакта с конечностями работающих, исходя из физиологических требований, и снижающих возможность возникновения вибрационной болезни.

Во втором случае осуществляют ограничение параметров вибрации с учетом не только указанных требований, но и технически достижимого на сегодняшний день для данного вида машин уровня вибрации.

Санитарно-гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

Вибрационная нагрузка на оператора нормируется для каждого направления действия вибрации.

Для локальной вибрации норма вибрационной нагрузки на оператора обеспечивает отсутствие вибрационной болезни, что соответствует критерию "безопасность".

Для общей вибрации нормы вибрационной нагрузки на оператора установлены для категорий вибрации и соответствующих им критериям оценки по табл. 8.1.

При гигиенической оценке вибраций нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости  $v$  (и их логарифмические уровни  $L_v$ ) или виброускорения для локальных вибраций в октавных полосах частот, а для общей вибрации – в октавных или третьоктавных полосах. Допускается интегральная оценка вибрации во всем частотном диапазоне нормируемого параметра, в том числе по дозе вибрации  $D$  с учетом времени воздействия. Допустимые значения представлены в табл. 8.2 – 8.7.

Для общей технологической вибрации (категория 3, тип "В"), передающейся на рабочие места в складах, столовых, бытовых, дежурных и других производственных помещениях, где нет генерирующих вибрацию машин, нормой вибрационной нагрузки являются указанные в табл.8.2 и 8.6 нормы, значения которых умножаются на 0,4, а уровни - уменьшаются на 8 дБ.

Для общей и локальной вибрации зависимость допустимого значения виброскорости от времени фактического воздействия вибрации, не превышающего 480 мин (8-ми часовой рабочий день), определяется по формуле:



$$v_r = v_{480} \sqrt{\frac{480}{T}}$$

где  $v_{480}$  - допустимое значение виброскорости для длительности воздействия 480 мин.

## 5. Методы снижения вибраций

Методы борьбы с вибрацией базируются на анализе уравнений, описывающих колебания машин и агрегатов в производственных условиях. Эти уравнения сложны, т.к. любой вид технологического оборудования (так же как и его отдельные конструктивные элементы) является системой со многими степенями подвижности и обладает рядом резонансных частот.

Для простоты анализа будем считать, что на систему воздействует переменная возмущающая сила, изменяющаяся по синусоидальному закону. Тогда уравнение колебаний этой системы будет иметь вид:

$$m \ddot{X} + \mu \dot{X} + qX = F_m e^{j\omega t} \quad (8.1)$$

где  $m$  – масса системы;  $q$  – коэффициент жесткости системы;  $X$  – текущее значение вибро смещения;  $\dot{X}$  – текущее значение виброскорости;  $\ddot{X}$  – текущее значение виброускорения;  $F_m$  – амплитуда вынуждающей силы;  $\omega$  – угловая частота вынуждающей силы.

Общее решение этого уравнения содержит два слагаемых: первый член соответствует свободным колебаниям системы, которые в данном случае являются затухающим из-за наличия в системе трения; второй – соответствует вынужденным колебаниям. Главная роль – вынужденные колебания.

Выражая вибро смещение в комплексном виде  $X = X_m e^{j\omega t}$  и подставив соответствующие значения  $\dot{X}$  и  $\ddot{X}$  в формулу (1) найдем выражения для соотношения между амплитудами виброскорости и вынуждающей силы:

$$|V_m| = \frac{F_m}{\sqrt{\mu^2 + \left(m\omega - \frac{q}{\omega}\right)^2}} \quad (8.2)$$

Знаменатель выражения (2) характеризует сопротивление, которое оказывает система вынуждающей переменной силе, и называется полным механическим импедансом

колебательной системы. Величина  $\mu$  составляет активную, а величина  $\left(m\omega - \frac{q}{\omega}\right)$  – реактивную часть этого сопротивления. Последняя состоит из двух сопротивлений – упругого  $\left(\frac{q}{\omega}\right)$  и инерционного –  $m\omega$ .

Реактивное сопротивление равно нулю при резонансе, которому соответствует частота

$\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{q}{m}}$ . При этом система оказывает сопротивление вынуждающей силе



только за счет активных потерь в системе. Амплитуда колебаний на таком режиме резко увеличивается.

Таким образом, из анализа решения уравнения (2) вынужденных колебаний системы с одной степенью свободы следует, что основными методами борьбы с вибрациями машин и оборудования являются:

- 1) снижение вибраций воздействием на источник возбуждения (посредством снижения вынуждающих сил);
- 2) отстройка от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;
- 3) вибродемпфирование – увеличение механического импеданса колеблющихся конструктивных элементов путем увеличения диссипативных сил при колебаниях с частотами, близкими к резонансным;
- 4) динамическое виброгашение – присоединение к защищаемому объекту систем, реакции которых уменьшают размах вибраций объекта в точках присоединения систем;
- 5) вибропоглощение – снижение вибрации путем усиления в конструкции процессов внутреннего трения, рассеивающих виброэнергию в результате необратимого преобразования ее в теплоту;
- 6) виброизоляция – установка между источником вибрации и объектом защиты упругодемпфирующего устройства – виброизолятора – с малым коэффициентом передачи.

---

## **IX. Пожарная безопасность**

---

Пожары и взрывы причиняют значительный материальный ущерб, в ряде случаев вызывают тяжелые травмы и гибель людей. Ущерб от пожаров и взрывов в промышленно развитых странах превышает 1% национального дохода и имеет тенденцию постоянного роста. В России также происходит ежегодное увеличение количества пожаров и убытков от них, а количество людей, погибающих на пожарах, превышает 12 тысяч в год.

Наибольшие убытки от пожаров и взрывов отмечаются в энергетике, в нефтегазодобыче и переработке. Колоссальные материальные убытки и экологический ущерб приносят лесные пожары.

Осуществление государственного пожарного надзора возложено на Государственную противопожарную службу, в число основных задач которой входят:

- организация разработки государственных мер и нормативного регулирования в области пожарной безопасности;
- тушение пожаров и проведение связанных с ними аварийно-спасательных работ;
- профессиональная подготовка кадров для Государственной противопожарной службы.

---

### **1. Общие сведения о горении**

---

*Горением* называется сложный физико-химический процесс взаимодействия горючего вещества и окислителя, характеризующийся самоускоряющимся превращением и сопровождающийся выделением большого количества тепла и света. (Обычно в качестве окислителя участвует кислород воздуха, которого содержится около 21%).

Для возникновения и развития процесса горения необходимы: горючее вещество, окислитель и источник воспламенения, инициирующий реакцию.

Горючее вещество и окислитель должны находиться в определенных соотношениях друг с другом.

Горение, как правило, происходит в газовой фазе. Поэтому горючие вещества, находящиеся в конденсированном состоянии (жидкие, твердые материалы), для возникновения и поддержания горения должны подвергаться газификации (испарению, разложению), в результате которой образуются горючие пары и газы в количестве, достаточном для горения.

В зависимости от агрегатного состояния горючих веществ горение может быть гомогенным и гетерогенным.

*Гомогенное горение*: компоненты горючей смеси находятся в газообразном состоянии. Причем, если компоненты перемешаны, то горение называют *кинетическим*. Если – не перемешаны – *диффузионное* горение.

*Гетерогенное горение*: характеризуется наличием раздела фаз в горючей смеси (горение жидких и твердых горючих веществ в среде газообразного окислителя).

Горение различается также по скорости распространения пламени и в зависимости от этого фактора оно может быть:

- *дефляграционным* (скорость пламени в пределах нескольких метров в секунду);
- *взрывным* (скорость пламени до сотен метров в секунду);
- *детонационным* (скорость пламени порядка тысяч метров в секунду).

Кроме того различают: *ламинарное* горение, характеризующееся послойным распространением фронта пламени по горючей смеси; *турбулентное*, характеризующееся перемешиванием слоев потока и повышенной скоростью выгорания.

Равномерное распространение горения устойчиво лишь в том случае, если оно не сопровождается повышением давления. Когда горение происходит в замкнутом пространстве, или выход газообразных продуктов затруднителен, то повышение температуры приводит к интенсивному расширению газовых объемов и взрыву.

Под *взрывом* понимают быстрое превращение веществ, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу.

*Пожаром* называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб и представляющее опасность для людей.

---

## 2. Пожаровзрывоопасные свойства веществ

---

Для оценки возможности возникновения и развития пожара необходимо знать пожаровзрывоопасные свойства веществ и материалов в условиях их производства, переработки, транспортировки и хранения.

К пожаровзрывоопасным свойствам веществ относятся:

1. *Горючесть* – способность вещества или материала к горению. Горючесть зависит от состояния системы «вещество – окислитель»: температуры, давления и объема. Горючесть пылей зависит от их измельчения. По горючести вещества и материалы подразделяются на три группы:

- *негорючие (несгораемые)* – вещества и материалы, неспособные к горению в воздухе;
- *трудно горючие (трудно сгораемые)* – вещества и материалы, способные возгораться в воздухе от источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания;
- *горючие (сгораемые)* – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

Из группы горючих веществ и материалов выделяют *легковоспламеняющиеся*. К ним относятся вещества и материалы, способные воспламеняться от кратковременного (до 30 секунд) воздействия источника зажигания с низкой энергией.

2. *Температура вспышки*. *Вспышка* – быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов и не переходящее в стационарное горение.

Температурой вспышки называется самая низкая температура горючего вещества, при которой (в условиях специальных испытаний) над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще не достаточна для возникновения устойчивого горения.

3. *Температура воспламенения*. Температурой воспламенения называется температура вещества, при которой (в условиях специальных испытаний) вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после их зажигания возникает устойчивое пламенное горение.

4. *Температура самовоспламенения*. Это самая низкая температура вещества, при которой (в условиях специальных испытаний) происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением.

5. *Нижний и верхний предел распространения пламени*.

*Нижний концентрационный предел распространения пламени* (предел воспламенения) – это такая объемная (массовая) доля горючего вещества в смеси с окислительной средой (выраженная в % или  $\text{мг/м}^3$ ), ниже которой смесь становится неспособной к распространению пламени, т.е. это минимальное содержание горючего вещества в горючей смеси (вещество – окислитель), при котором возможно распространение пламени на любое расстояние от источника зажигания.

*Верхний концентрационный предел распространения пламени* – это такая объемная (массовая) доля горючего в смеси с окислительной средой, выше которой смесь становится неспособной к распространению пламени.

*Область распространения пламени* (область воспламенения) – это область объемных (массовых) долей горючего вещества в смеси с окислительной средой, заключенная между нижним и верхним концентрационными пределами.

6. *Температурные пределы распространения пламени*. Это такие температуры вещества, при которых его насыщенные пары образуют в определенной окислительной среде концентрации, равные соответственно нижнему (нижний температурный предел) и верхнему (верхний температурный предел) концентрационным пределам распространения пламени.

7. *Минимальная энергия зажигания.* Это наименьшая энергия искрового разряда, способная воспламенить наиболее легковоспламеняющуюся смесь вещества с воздухом.

---

### 3. Условия образования горючих сред в оборудовании и в помещениях

---

Пожары или взрывы в зданиях и сооружениях могут возникать либо в результате взрыва технологического оборудования, находящегося в этих зданиях и сооружениях, либо в результате пожара или взрыва непосредственно в помещении, в котором используются горючие вещества и материалы.

Причинами образования взрывоопасной среды в технологическом оборудовании могут быть:

- некоторые технологические процессы в нормальном режиме (окисление органических жидкостей, окрасочные и сушильные камеры, пневмотранспортировка измельченных материалов и т.п.);
- подсос воздуха в аппараты, находящиеся под разряжением (вакуумные ректификационные колонны);
- мойка и очистка деталей в растворителях...

Причинами образования взрывоопасной среды непосредственно в помещении могут быть: выброс или утечка горючего газа, легковоспламеняющейся жидкости или горючей пыли из технологического оборудования в результате неисправности аппаратуры, потери прочности, неправильной деятельности персонала, внезапного отключения вентиляции и других причин.

---

### 4. Категорирование помещений по пожаровзрывоопасности

---

Оценка пожаровзрывоопасности различных объектов заключается в определении возможных разрушительных воздействий пожаров и взрывов на эти объекты, а также опасных факторов пожаров и взрывов на людей. Определение таких опасных воздействий на стадии проектирования объектов определяется на основе нормативных требований, разработанных соответствующими государственными органами с учетом наиболее жестких (то есть наиболее опасных) условий протекания и проявления пожаров и взрывов, то есть с учетом аварийных ситуаций.

Существует два подхода к нормированию в области обеспечения пожаровзрывобезопасности:

- детерминированный;
- вероятностный.

*Детерминированный* подход основан на распределении объектов по степени опасности, определяемой по параметру, характеризующему разрушающие последствия пожара и взрыва, на категории и классы. При этом назначаются

конкретные количественные границы этих категорий и классов. Нормативный документ НПБ-105-95.

*Вероятностный* подход основан на концепции допустимого риска и предусматривает недопущение воздействия на людей опасных факторов пожара и взрыва с вероятностью, превышающей нормативную. Нормативный документ – ГОСТ 12.1.004-91.

Согласно НПБ-105-95 предусматривается следующее категорирование промышленных и складских помещений, зданий и сооружений по взрывопожарной и пожарной опасности:

Категория А – взрывопожароопасное помещение: горючие газы и легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28<sup>0</sup>С в таком количестве, что могут образовать парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

Категория Б – взрывопожароопасное помещение: горючие пыли и волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28<sup>0</sup>С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

Категории В1-В4 – пожароопасные помещения: горючие и трудно горючие жидкости, твердые вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), а также вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

Категория Г – негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Категория Д – негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Как известно для возникновения пожара или взрыва необходим источник воспламенения. Наиболее распространенными являются источники электрического происхождения. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) регламентируют требования к выбору электрооборудования с учетом степени взрывопожароопасности, которая в свою очередь характеризуется взрывоопасными и пожароопасными зонами.

---

## 5. Классификация взрывоопасных зон

---

Как известно, для возникновения пожара или взрыва необходим источник воспламенения. Наиболее распространенными являются источники электрического происхождения. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) регламентируют требования к выбору электрооборудования с учетом степени взрывопожароопасности, которая в свою очередь характеризуется взрывоопасными и пожароопасными зонами.

*Взрывоопасные зоны* подразделяются на шесть классов:

Взрывоопасная зона класса 0 – пространство, в котором газопаровоздушная взрывоопасная среда присутствует постоянно или в течение длительного времени.

Взрывоопасная зона класса 1 – пространство, в котором газопаровоздушная взрывоопасная среда может образоваться при нормальной работе.

Взрывоопасная зона класса 2 – пространство, в котором газопаровоздушная взрывоопасная среда не может образоваться при нормальной работе, а лишь кратковременно в результате аварийной ситуации.

Взрывоопасная зона класса 3 – пространство в помещении, характеризующееся как взрывоопасная зона класса 2, но отличающаяся одной из следующих особенностей:

- горючие газы имеют значение нижнего концентрационного предела распространения пламени 15% объема и выше и обладает резким запахом (например, с содержанием аммиака);
- горючие газы и легко воспламеняющиеся жидкости имеются в таком количестве, что при их воспламенении и сгорании расчетное избыточное давление не превысит 5 кПа.

Взрывоопасная зона класса 10 – пространство в помещении, в котором может образоваться взрывоопасная пылевоздушная смесь при нормальной работе технологического оборудования и при ее воспламенении и сгорании может развиваться избыточное давление свыше 5 кПа.

Взрывоопасная зона класса 11 – пространство в помещении, в котором опасные состояния, указанные в классе 10, могут создаваться лишь при аварийных ситуациях.

Зоны не относятся к взрывоопасным в случаях, если работа с горючими газами и легко воспламеняющимися жидкостями производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зондами и расчетное избыточное давление не превышает 0,5 кПа.

---

## 6. Классификация пожароопасных зон

---

Пожароопасная зона класса П-I – пространство в помещении, в котором имеются горючие жидкости.

Пожароопасная зона класса П-II – пространство в помещении, в котором может образоваться пылевоздушная смесь, но при ее воспламенении и сгорании избыточное давление не будет превышать 5 кПа.

Пожароопасная зона класса П-III – пространство вне помещения, в котором имеются горючие жидкости, пыли, волокна, твердые вещества, в том числе волокнистые горючие материалы.

---

## 7. Пожарная опасность зданий и сооружений

---

Потенциальная пожарная опасность зданий и сооружений определяется количеством и свойствами материалов, находящихся в здании, а также пожарной опасностью строительных конструкций, которая зависит от горючести материалов, из которых



они выполнены, и способности конструкций сопротивляться воздействию пожара в течение определенного времени, то есть от ее огнестойкости.

Под *огнестойкостью* понимают способность строительной конструкции сопротивляться воздействию высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом свои обычные эксплуатационные функции. Огнестойкость относится к числу основных характеристик конструкций и регламентируется СНиП 21-01-97. Время, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность, называют *пределом огнестойкости* и измеряют в часах.

Пожарная опасность строительных конструкций определяется степенью участия их в развитии пожара, в образовании опасных факторов пожара и зависит от пожарной опасности материалов, из которых выполнена конструкция.

Класс пожарной опасности конструкций определяется экспериментально и регламентируется ГОСТ 30403-95.

---

## 8. Тушение пожаров

---

Под *пожаротушением* подразумевается комплекс мероприятий, направленных на ликвидацию возникшего пожара. Поскольку для возникновения и развития процесса горения, обуславливающего явление пожара, необходимо одновременное сочетание горючего вещества, окислителя и непрерывного потока тепла от очага пожара к горючему материалу, то для прекращения горения достаточно исключить какой-либо из этих элементов.

Существуют следующие способы пожаротушения:

- охлаждение очага горения или горящего материала ниже определенных температур;
- изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода в воздухе путем разбавления негорючими газами;
- торможение (ингибирование) скорости реакции окисления;
- механический срыв пламени сильной струей газа или воды;
- создание условий огнепреграждения.

Для достижения этих эффектов применяют различные огнегасительные вещества и составы – *средства тушения*. В настоящее время используют:

- воду, которая может подаваться в очаг пожара сплошными или распыленными струями;
- пены – коллоидные системы, состоящие из пузырьков воздуха (воздушно-механические) или диоксида углерода (химические), окруженные пленками воды;
- инертные газовые разбавители (диоксид углерода, азот, аргон, водяной пар, дымовые газы);
- гомогенные ингибиторы – огнетушащие порошки;
- комбинированные составы.

---

### А. Огнетушители

---

В качестве первичных средств пожаротушения используют различные огнетушители.

Огнетушители предназначены для тушения очагов загорания горючих веществ и материалов.

По способу доставки огнетушители бывают:

- огнетушители переносные;
- огнетушители стационарные;
- огнетушители перевозные.

По объему корпуса огнетушители условно подразделяют на:

- ручные малолитражные огнетушители с объемом корпуса до 5л;
- промышленные ручные огнетушители с объемом корпуса 5...10 л (для офиса или магазина) ;
- стационарные и передвижные огнетушители с объемом корпуса свыше 10 л (для промышленных предприятий).

По способу подачи огнетушащих средств, то есть каким образом огнетушитель выбрасывает содержимое, выделяют четыре группы огнетушителей:

- под давлением газов, образующихся в результате химической реакции компонентов заряда;
- под давлением газов, подаваемых из специального баллончика, размещенного в корпусе огнетушителя;
- под давлением газов, предварительно закачанных непосредственно в корпус огнетушителя;
- под собственным давлением огнетушащего средства.

По виду пусковых устройств, огнетушители подразделяют на четыре группы:

- с вентильным затвором;
- с запорно-пусковым устройством пистолетного типа;
- с пуском от пиропатрона;
- с пуском от постоянного источника давления.

По виду огнетушащих средств, которые находятся в баллоне, огнетушители бывают:

- жидкостные огнетушители;
- пенные огнетушители;
- углекислотные огнетушители;
- аэрозольные (хладоновые) огнетушители;
- порошковые и комбинированные огнетушители.

---

## В. Автоматические установки тушения пожаров

---

Стационарные установки пожаротушения подразделяют на автоматические и ручные с дистанционным пуском.

Кроме этого они также классифицируются:

- 1) в зависимости от вида огнетушащего средства:
  - водяные системы пожаротушения;



- пенные системы пожаротушения;
  - газовые системы пожаротушения;
  - порошковые системы пожаротушения;
  - аэрозольные установки тушения пожара;
  - комбинированные системы пожаротушения;
- 2) в зависимости от способа тушения и назначения:
- установки объемного тушения (газовые, аэрозольные и порошковые, обеспечивающие создание в защищаемых помещениях среды, не поддерживающей горение);
  - установки поверхностного тушения (водяные, пенные и порошковые, предназначенные для непосредственного воздействия на горящие поверхности);
- 3) по назначению:
- установки предупреждения (для предупреждения возможности взрыва и загорания);
  - установки тушения (для ликвидации очага горения);
  - установки локализации (для сдерживания распространения горения);
  - установки блокировки (для предохранения от опасного воздействия температур при пожаре);
- 4) по времени пуска:
- безынерционные (время пуска до 0,1 с);
  - малоинерционные (время пуска до 3 с);
  - средней инерционности (время пуска до 30 с);
  - инерционные (время пуска до 180 с);
- 5) по времени действия:
- кратковременного действия (до 15 минут);
  - средней продолжительности (до 60 минут);
  - длительного действия (более 60 минут);
- 6) по техническому решению:
- спринклерные;
  - дренчерные.

---

## С. Автоматическая пожарная сигнализация

---

Автоматическая пожарная сигнализация предназначена для обнаружения очага возгорания и подачи сигнала о месте его возникновения. Автоматическая пожарная сигнализация состоит из датчика, шлейфа и приемно - контрольного прибора.

Эффективность автоматической пожарной сигнализации обеспечивается, если приемно - контрольный прибор находится в пункте постоянного нахождения дежурного, который, в свою очередь, должен иметь возможность вызова пожарной службы.

В соответствие с наиболее характерными признаками возникновения пожара, **современные пожарные извещатели** выпускаются 4-х типов:

- дымовые (реагирующие на аэрозольные продукты термического разложения)

- газовые (реагирующие на невидимые газообразные продукты термического разложения)
- тепловые (реагирующие на конвективное тепло от очага пожара)
- оптические (реагирующие на оптическое излучение пламени очага пожара)

---

## Д. Автономная пожарная сигнализация

---

Осуществляется **извещателями автономного действия**. Выбор их широкий. Наиболее распространенными пожарными датчиками являются ИП-212-50М. Данное устройство предназначено для обнаружения возгорания, сопровождающегося появлением дыма малой концентрации в жилых и иных аналогичных помещениях, путем регистрации отраженного от частиц дыма оптического излучения и выдачи тревожного извещения в виде громкого звукового сигнала. Данный датчик может объединяться в группу до 8-ми штук с целью выдачи сигнала "внешняя тревога" при срабатывании хотя бы одного извещателя из группы.

ИП предназначены для круглосуточной непрерывной работы при температуре окружающей среды от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+55^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха до 90% при температуре  $+40^{\circ}\text{C}$  и атмосферным давлением от 630 до 800 мм. рт. столба. Электропитание должно осуществляться батареей типа "Крона".

Автономное пожаротушение осуществляется:

- самосрабатывающими порошковыми огнетушителями (ОСП) - предназначенными для тушения пожара без участия человека, класса А, В, С, а также электроустановок под напряжением в небольших помещениях производственного, складского и общественного назначения, а также офисов, коттеджей, гаражей, дач, квартир. Один огнетушитель устанавливается под потолком и контролирует не более 8 м. куб. - объем помещения. Срабатывает при температуре в зоне установки -  $100^{\circ}\text{C}$ .
- "Буран" - импульсный самосрабатывающий порошковый модуль - аналогичен "ОСП" по назначению. Срабатывает при температуре  $85^{\circ}\text{C}$  -  $90^{\circ}\text{C}$ . Устанавливается для тушения объема - 18 м. куб. (по площади до 7-ми м. кв.) В "Буране" предусмотрен запуск электрическим импульсом от автоматических пожарных извещателей или ручной кнопки, что позволяет осуществлять монтаж автоматических установок пожаротушения.

---

## Г. Рекомендации к выполнению заданий по разделу «Пожарной безопасности объекта»

---

### **Классы пожара горючих веществ и материалов:**

класс А - пожары твердых веществ, в основном органического происхождения, горение которых сопровождается тлением (древесина, текстиль, бумага);  
класс В - пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ;  
класс С - пожары газов;

класс D - пожары металлов и их сплавов;

класс (E) - пожары, связанные с горением электроустановок.

### **Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности**

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
1	2
А взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
Б взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1-В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы(в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

### **ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К СОДЕРЖАНИЮ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ**

Помещение и здание необходимо обеспечивать первичными средствами пожаротушения в соответствии с таб. 1 и 2.

Выбор типа огнетушителя (передвижной или ручной) обусловлен размерами возможных очагов пожара. При их значительных размерах необходимо использовать передвижные огнетушители.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должны размещаться не менее двух ручных огнетушителей.

Расстояние от возможного очага пожара до места размещения огнетушителя не должно превышать: 20м.- для общественных зданий и сооружений; 30м.- для помещений категорий А, Б и В; 40м.- для помещений категорий Г; 70м.- для помещений категорий Д.

Первичные средства пожаротушения должны содержаться в соответствии с паспортными данными на них. Не допускается использование средств пожаротушения, не имеющих соответствующих сертификатов.

Каждый огнетушитель, установленный в помещении должен иметь порядковый номер, нанесённый на корпус белой краской. На него заводят паспорт установленной формы. Учет проверки наличия и состояния первичных средств пожаротушения следует вести в специальном журнале.

Огнетушитель должен всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться (не реже одного раза в полгода), проверяться и своевременно перезаряжаться. Огнетушители, отправленные на перезарядку, должны меняться соответствующим количеством заряженных огнетушителей.

Помещения, оборудованные установками автоматического пожаротушения, обеспечиваются огнетушителями на 50 % исходя из расчетного количества.

На объекте должно быть определено ответственное лицо за приобретение, ремонт, сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения.

Огнетушители располагают на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,5 м. Размещение огнетушителей в коридорах, проходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Места размещения огнетушителей обозначаются соответствующими знаками пожарной безопасности.

Порошковые огнетушители один раз в два года проходят освидетельствование на зарядной станции или в специализированной организации, имеющей лицензию. Контроль массы заряда углекислотных огнетушителей проводится взвешивание не реже одного раза в два года. Перезарядка химических пенных огнетушителей осуществляется ежегодно на зарядной станции.

Таблица 1

### **Нормы оснащения помещений ручными огнетушителями**

Категория	Предельная	Класс	Порошковые огнетушители	Углекислотные
-----------	------------	-------	-------------------------	---------------

помещения	защищаемая площадь, м <sup>2</sup>	пожара	вместимостью, л/ массой огнетушащего вещества, кг			огнетушители вместимостью, л/ массой огнетушащего вещества, кг	
			2/2	5/4	10/9	2/2	5(8) / 3(5)
А, Б, В (горючие газы и жидкости)	200	А	-	2+	1++	-	-
		В	-	2+	1++	-	-
		С	-	2+	1++	-	-
		Д	-	2+	1++	-	2+
		(Е)	-	2+	1+	4+	2++
В	400	А	4+	2++	1+	-	2+
		Д	-	2+	1++	-	-
		(Е)	-	2++	1+	4+	2++
Г	800	В	-	2++	1+	-	-
		С	4+	2++	1+	-	-
Г, Д	1800	А	4+	2++	1+	-	-
		Д	-	2+	1++	-	-
		(Е)	2+	2++	1+	2++	2++
Общественные здания	800	А	8+	4++	2+	-	4++
		(Е)	-	4++	2+	4+	2++

Примечания: Для тушения пожаров различных классов порошковые огнетушители должны иметь соответствующие заряды: для класса А – порошок АВС(Е); для классов В, С и (Е) – ВС(Е) или АВС(Е) и класса Д – Д.

Для переносных пенных, водных, порошковых и углекислотных огнетушителей приведена двойная маркировка: старая маркировка по вместимости корпуса, л/ новая маркировка по массе огнетушащего состава, кг. При оснащении помещений переносными огнетушителями допускается использовать огнетушители как со старой, так и с новой маркировкой.

Знаком "++" обозначены рекомендуемые к оснащению объектов огнетушители, знаком "+" – огнетушители, применение которых допускается при отсутствии рекомендуемых и при соответствующем обосновании, знаком "-" – огнетушители, которые не допускаются для оснащения данных объектов.

В замкнутых помещениях объемом не более 50 м<sup>3</sup> для тушения пожаров вместо переносных огнетушителей, или дополнительно к ним, могут быть использованы огнетушители самосрабатывающие порошковые.

Таблица 2

### Нормы оснащения помещений передвижными огнетушителями

Категория помещений	Предельная защищаемая площадь, м <sup>2</sup>	Класс пожара	Воздушнопенные огнетушители вместимостью 100 л	Комбинированные огнетушители вместимостью (пена, порошок), 100 л	Порошковые огнетушители вместимостью 100 л	Углекислотные огнетушители вместимостью, л
---------------------	---	--------------	--	--	--	--

						25	80
А, Б, В (горючие газы и жидкости )	500	А	1++	1++	1++	-	3+
		В	2+	1++	1++	-	3+
		С	-	1+	1++	-	3+
		Д	-	-	1++	-	-
		(Е)	-	-	1+	2+	1++
В (кроме горючих газов и жидкосте й), Г	800	А	1++	1++	1++	4+	2+
		В	2+	1++	1++	-	3+
		С	-	1+	1++	-	3+
		Д	-	-	1++	-	-
		(Е)	-	-	1+	1++	1+

Примечания:

Для тушения очагов пожаров различных классов порошковые и комбинированные огнетушители должны иметь соответствующие заряды: для класса А – порошок АВС(Е); для класса В, С и (Е) – ВС(Е) или АВС(Е) и класса Д – Д.

Знаком "++" обозначены рекомендуемые к оснащению объектов огнетушители, знаком "+" – огнетушители, применение которых допускается при отсутствии рекомендуемых и при соответствующем обосновании, знаком "-" – огнетушители, которые не допускаются для оснащения данных объектов.

## Х. Радиационная безопасность

### 1. Общие сведения об ионизирующих излучениях

Радиационная опасность обусловлена воздействием на окружающую среду ионизирующих излучений, которые составляют часть общего понятия – радиация, включающего в себя также радиоволны, видимый свет, ультрафиолетовое и инфракрасное излучения.

*Ионизирующим* называется излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. К ним относятся:

- 1)  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  - излучения, обусловленные естественной и искусственной радиоактивностью химических элементов;
- 2) рентгеновские излучения, создающиеся в рентгеновских аппаратах, а также образующиеся при радиоактивном распаде ядер некоторых элементов;
- 3) потоки нейтронов и  $\gamma$  - квантов, возникающих при ядерных реакциях деления и синтеза;
- 4) излучения, генерируемые на ускорителях;
- 5) излучения, приходящие из космоса и т.д.

Различают корпускулярное и фотонное ионизирующие излучения.

*Корпускулярное* излучение – поток элементарных частиц с массой покоя, отличной от нуля ( $\alpha$  и  $\beta$  - частицы, нейтроны, протоны, электроны и др.). Кинетическая энергия этих частиц достаточна для ионизации атомов при столкновении – называется *непосредственно ионизирующим* излучением.

*Фотонное* излучение – электромагнитное излучение. К нему относятся:  $\gamma$  - излучение, возникающее при изменении энергетического состояния ядер; тормозное излучение, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц; характеристическое излучение, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома; рентгеновское излучение, состоящее из тормозного и (или) характеристического излучения. Фотоны имеют массу покоя, равную нулю.

Фотонное излучение, а также нейтроны и другие незаряженные частицы непосредственно ионизацию не производят, но в процессе взаимодействия со средой они высвобождают заряженные частицы, способные ионизировать атомы и молекулы данной среды. Поэтому его еще называют *косвенно ионизирующим* излучением.

Частицы корпускулярного излучения и фотоны принято называть ионизирующими частицами.

Различают моно- и немонотонное ионизирующие излучения. *Монотонное* – состоит из фотонов одинаковой энергии или частиц одного вида с одинаковой кинетической энергией. *Немонотонное* – имеет фотоны разной энергии или частицы одного вида с разной кинетической энергией.

*Радиоактивность* – свойство неустойчивых атомных ядер одних химических элементов самопроизвольно превращаться в ядра атомов других химических элементов с испусканием одной или нескольких ионизирующих частиц. Процесс такого спонтанного ядерного превращения называется *радиоактивным распадом*. При этом образовавшееся новое (дочернее) ядро оказывается в более устойчивом состоянии, чем исходное материнское.

Радиоактивность может быть естественной и искусственной.

*Естественная* радиоактивность наблюдается у существующих в природе неустойчивых изотопов (расположены в Периодической системе за свинцом).

*Искусственной* называется радиоактивность изотопов, полученных в результате ядерных реакций в ядерных реакторах, на ускорителях, при ядерных взрывах и др.

---

## 2. Основные характеристики радиоизотопов

---

Основными характеристиками радиоизотопов (радионуклидов) являются:

1. Активность.
2. Тип (способ) распада.
3. Период полураспада.
4. Вид и энергия излучения.

*Активность* радионуклида А в источнике (образце) есть отношение числа  $dN$  спонтанных ядерных превращений, происходящих в источнике (образце) за интервал времени  $dt$ , к этому интервалу:

$$A = dN/dt .$$

Единица активности радионуклида в СИ - *Беккерель* (Бк). Беккерель равен активности радионуклида в источнике (образце), в котором за 1с происходит одно спонтанное

ядерное превращение. Внесистемная единица активности - *Кюри* (Cu), при этом  $1 \text{ Cu} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Бк}$ .

Активность радионуклида с течением времени уменьшается по *закону радиоактивного распада*:

$$A(t) = A_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$$

где  $A(t)$ ,  $A_0$  - активность нуклида в источнике в текущий и начальный ( $t=0$ ) моменты времени соответственно;

$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2} = 0,693 / T_{1/2}$$

- постоянная распада, имеющая смысл вероятности распада ядра за 1 секунду и равная доле ядер, распадающихся за единицу времени;

$T_{1/2}$  - *период полураспада* - время, в течение которого распадается половина первоначального количества ядер, при этом активность радионуклида уменьшается в 2 раза.

Для смеси радионуклидов суммарная активность определяется из уравнения:

$$A_{\Sigma}(t) = \sum_i A_{oi} \cdot \exp(-\lambda_i t)$$

где  $A_{oi}$  - активность  $i$ -го нуклида в момент времени  $t=0$ ;

$\lambda_i$  - постоянная распада  $i$ -го нуклида.

Каждый радионуклид распадается вполне определенным способом, при этом распад ядер сопровождается испусканием:

- $\alpha$ -частиц (ядер атомов гелия) при  $\alpha$ -распаде,
- $\beta^-$ - частиц (электронов) - при электронном ( $\beta^-$ ) - распаде,
- $\beta^+$ - частиц (протонов) - при протонном ( $\beta^+$ ) - распаде и др.

Образующиеся в результате указанных распадов дочерние ядра, как правило, оказываются возбужденными. Снятие энергии возбуждения и переход дочернего ядра в основное (стабильное) или менее возбужденное состояние происходит путем испускания гамма-кванта (фотона).

Переход ядра из возбужденного состояния в невозбужденное с испусканием  $\gamma$ -излучения называется *изомерным переходом*.

Фотон может и не вылетать из атома, а поглотиться одним из электронов внутренних оболочек, который в результате перейдет в свободное состояние. Это явление называется *внутренней конверсией*  $\gamma$ -лучей. Электроны, образовавшиеся вследствие такого внутреннего фотоэффекта, называются конверсионными.

В ряде случаев вся энергия  $\gamma$ -излучения расходуется на явление внутренней конверсии и вместо вылета фотонов из атома наблюдается вылет только электронов конверсии. Внутренняя конверсия сопровождается испусканием рентгеновского характеристического излучения.

Таким образом, радиоактивный распад сопровождается испусканием корпускулярных частиц ( $\alpha$ ,  $\beta^+$ ,  $\beta^-$ , конверсионные электроны) и фотонов.



---

### 3. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом

---

При прохождении ионизирующей частицы (корпускулярной или фотона) через вещество оно может испытать рассеяние, поглощение (захват), деление или пройти вещество без взаимодействия. Вероятность элементарных актов взаимодействия зависит от вида частиц, их энергии и *атомного номера* (заряда элемента – порядковый номер химического элемента в периодической таблице) материала среды.

Различают упругое и неупругое взаимодействие.

При *упругом взаимодействии* (аналогичном столкновению бильярдных шаров) природа частиц не изменяется и их суммарная энергия до и после взаимодействия остается постоянной, происходит только перераспределение энергии между взаимодействующими частицами. Возможен и такой случай упругого взаимодействия, когда энергия каждой их взаимодействующих частиц не изменяется, а изменяется только направление их движения.

При *неупругом взаимодействии* природа частиц также не изменяется, но их суммарная кинетическая энергия после взаимодействия оказывается меньше. Часть энергии затрачивается на производство какой-либо работы (нагревание среды, возбуждение или ионизация атомов, излучение и т.д.).

В процессе взаимодействия возможно и изменение природы частиц в результате протекания ядерных реакций, рождения и аннигиляции частиц и т.п.

---

### 4. Дозиметрические величины

---

Результатом воздействия ионизирующих излучений на облучаемые объекты являются различные радиационные эффекты - обратимые и необратимые физико-химические или биологические изменения в этих объектах, зависящие от величины воздействия и условий облучения.

Физические величины, функционально связанные с радиационным эффектом, называются *дозиметрическими*.

Основной физической величиной, определяющей степень радиационного воздействия, является *поглощенная доза ионизирующего излучения*  $D$  - отношение средней энергии  $\overline{dW}$ , переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе  $dm$  вещества в этом объеме:

$$D = \overline{dW} / dm$$

Единица поглощенной дозы в СИ - *грей* (Гр). Грей равен поглощенной дозе ионизирующего излучения, при которой веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения, равная 1 Дж, т.е.  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ .

Внесистемной единицей поглощенной дозы ионизирующего излучения является *рад* (рад). Рад равен поглощенной дозе ионизирующего излучения, при которой веществу массой 1кг передается энергия ионизирующего излучения, равная 100 эрг. Таким образом,  $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$ .

Поглощенная доза ионизирующего излучения является мерой ожидаемых последствий облучения объектов как живой, так и неживой природы. Она не зависит от вида ионизирующего излучения ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $X$ ,  $n$  и др.) и его энергии, но для одного и того же вида и энергии излучения зависит от вида вещества.

Поэтому, когда говорят о поглощенной дозе, необходимо указывать, к какой среде это относится: к воздуху, воде или другой среде.

В повседневной жизни человек подвергается хроническому облучению естественными и искусственными источниками ионизирующих излучений в малых дозах. Установлено, что в этом случае биологический эффект облучения зависит от суммарной поглощенной энергии и вида (качества) излучения.

По этой причине для оценки радиационной безопасности при хроническом облучении человека в малых дозах, т.е. дозах, не способных вызвать лучевую болезнь, используется *эквивалентная доза ионизирующего излучения*  $H_T$  - произведение «тканевой дозы» (дозы на орган)  $D_T$  на взвешивающий коэффициент  $w_R$  для излучения  $R$ :

$$H_T = w_R \cdot D_T.$$

При этом доза на орган - средняя поглощенная доза в определенной ткани или органе человеческого тела задается в виде:

$$D_T = \frac{1}{m_T} \cdot \int_{m_T} D \cdot dm$$

где  $m_T$  - масса ткани или органа,

$D$  - поглощенная доза в элементе  $dm$ .

Если в пределах органа или ткани  $D = \text{const}$ , то  $D_T = D$ .

Если поле излучения состоит из нескольких излучений с различными значениями  $w_R$ , то эквивалентная доза определяется в виде:

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_T$$

Единица эквивалентной дозы в СИ - *зиверт* (Зв).

Зиверт равен эквивалентной дозе, при которой произведение поглощенной дозы в биологической ткани стандартного состава на взвешивающий коэффициент  $w_R$  равно 1 Дж/кг. Следовательно,

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} / w_R.$$

Внесистемной единицей эквивалентной дозы ионизирующего излучения является *бэр* (бэр). Бэр равен эквивалентной дозе, при которой произведение поглощенной дозы в биологической ткани стандартного состава на взвешивающий коэффициент  $w_R$  равно 100 эрг/г. Таким образом,  $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв} = 1 \text{ рад} / w_R$ .

Безразмерная единица коэффициента  $w_R$  в СИ - *зиверт на грей* (Зв/Гр), во внесистемных единицах - *бэр на рад* (бэр/рад).

Разные органы или ткани человека могут облучаться неравномерно, причем они имеют разную чувствительность к облучению (радиочувствительность).

Для учета указанных обстоятельств введена *эффективная доза ионизирующего излучения*  $E$  - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы  $H_{T\tau}$  в органе или ткани  $T$  за время  $\tau$  на соответствующий взвешивающий коэффициент  $w_T$  для данного органа или ткани:

$$E = \sum_T w_T \cdot H_{T,r}$$

Единицы эффективной дозы совпадают с единицами эквивалентной дозы. Взвешивающий коэффициент  $w_T$  равен отношению стохастического (вероятностного) риска смерти  $r_T$  в результате облучения T-го органа или ткани к риску смерти от равномерного облучения тела при одинаковых эквивалентных дозах:

$$w_T = r_T / \sum_T r_T$$

Поглощенная, эквивалентная и эффективная дозы характеризуют меру ожидаемого эффекта облучения для одного индивидуума. Эти величины являются индивидуальными дозами.

Для оценки меры ожидаемого эффекта при облучении больших групп людей, вплоть до целых популяций, используется *коллективная эффективная доза*  $S$  - величина, определяющая полное воздействие от всех источников на группу людей. Она представляет собой сумму произведений средней эффективной дозы  $E_i$  для  $i$ -ой подгруппы большой группы людей на число людей  $N_i$  в подгруппе:

$$S = \sum_i E_i \cdot N_i$$

Единица коллективной эффективной дозы в СИ - *человекозиверт* (чел·Зв), внесистемная единица - *человекобэр* (чел·бэр).

На практике до настоящего времени применяется *экспозиционная доза*  $X$  фотонного излучения - это отношение суммарного заряда  $dQ$  всех ионов одного знака, созданных в сухом атмосферном воздухе при полном торможении электронов и позитронов, которые были образованы фотонами в элементарном объеме воздуха с массой  $dm$ , к массе воздуха в указанном объеме:

$$X = dQ/dm.$$

Единица экспозиционной дозы в СИ - *кулон на килограмм* (Кл/кг).

Кулон на килограмм равен экспозиционной дозе, при которой все электроны и позитроны, освобожденные фотонами в воздухе массой 1 кг, производят в воздухе ионы, несущие электрический заряд 1 Кл каждого знака.

Внесистемная единица экспозиционной дозы - *рентген*. Рентген - это единица экспозиционной дозы фотонного излучения, которая в 1 см<sup>3</sup> сухого воздуха при температуре 0°С и давлении 760 мм рт.ст. приводит к образованию  $2,08 \times 10^9$  пар ионов, несущих заряд в одну электростатическую единицу электричества каждого знака.

Соотношение внесистемной единицы и единицы экспозиционной дозы в СИ имеет вид:

$$1R = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг.}$$

Экспозиционная доза характеризует ионизационную способность рентгеновского и гамма-излучения в воздухе, т.е. является характеристикой поля фотонного, а не всех видов ионизирующего излучения, причем только в диапазоне энергий от нескольких кэВ до 3 МэВ и только для воздуха. По этим причинам экспозиционная доза и ее мощность, а также все внесистемные единицы (кюри, рад, бэр, рентген и др.) с 1.01.1990 г. изымаются из употребления.

Однако в обращении находится еще много приборов радиационного контроля, шкалы которых проградуированы во внесистемных единицах - в рентгенах, радах, Рентгенах в час, а также в кратных или дольных единицах (например, в миллирентгенах или в микрорентгенах в час).

Чтобы оценить при этом поглощенную дозу в биологической ткани, следует знать, что в условиях электронного равновесия экспозиционной дозе 1 Р соответствует

поглощенная доза 0,873 рад в воздухе или 0,95 рад в биологической ткани. Поэтому с погрешностью до 5% экспозиционную дозу в рентгенах и поглощенную дозу в ткани в радах можно считать совпадающими.

---

## 5. Воздействие ионизирующих излучений на человека

---

Человек подвергается облучению естественными и искусственными источниками радиации. При этом в зависимости от того, расположен ли источник вне или внутри организма, различают внешнее и внутреннее облучение человека.

Внешнему облучению может подвергаться как весь организм (*общее облучение*), так и отдельные органы и ткани (*локальное облучение*).

Внешнее облучение обусловлено фоновой составляющей, но особенно оно опасно при авариях на предприятиях ядерного топливного цикла, когда на человека воздействует фоновое излучение от струи выброса или радиоактивного образца, а также от радионуклидов, выпавших на поверхность Земли и на окружающие предметы.

Из встречающихся на практике видов ионизирующих излучений, обусловленных радиоактивным распадом,  $\gamma$ -излучение является наиболее проникающим.  $\beta$ -излучение действует главным образом на кожу, а при большой энергии  $\beta$ -частиц на подкожные ткани и хрусталики глаз.

Внутреннее облучение обусловлено поступлением радионуклидов в организм ингаляционным (при вдыхании) или пероральным (через рот) путями, а также через поврежденную (ожог, рана, ссадина) и неповрежденную кожу.

Нуклиды вначале попадают в кровь или лимфу, а затем разносятся по всему телу, или преимущественно в отдельные органы.

Развитие жизни на Земле всегда происходило в присутствии естественного радиационного фона окружающей среды. *Естественный фон* обусловлен космическим излучением и излучением естественно распределенных природных радиоактивных веществ (в горных породах, почве, атмосфере, а также в тканях человека). Естественный фон создает внешнее облучение – 60%; внутреннее – 40%.

Мощность дозы естественного фона зависит от высоты над уровнем моря, широты места, активности Солнца, количества и вида радионуклидов в горных породах и почве, их поступления в организм человека с воздухом, водой, пищей.

Любой орган живого существа образован скоплением клеток. В каждой клетке содержатся в громадных количествах небольшие молекулы воды, сахаров, аминокислот, витаминов и т.д., а также сложные молекулы (макромолекулы) белков, ферментов и нуклеиновых кислот, необходимые для функционирования клетки. Гибель клетки обусловлена в конечном счете повреждением макромолекул.

Последствием воздействия ионизирующего излучения на живой организм является ионизация и возбуждение атомов и молекул клеток тканей.

Различают два пути воздействия ионизирующего излучения на клетки: прямой и косвенный.

При *прямом* пути энергия излучения поглощается непосредственно в самих макромолекулах, при этом в результате разрыва химических связей происходит их диссоциация (распад) и они теряют свои биологические функции.

При *косвенном* пути энергия излучения поглощается молекулами воды и других низкомолекулярных соединений клетки, в результате чего такие молекулы распадаются с образованием вторичных продуктов – свободных радионуклидов, обладающих большой химической активностью. Конечный продукт этого процесса (радиолиза) – токсины повреждают макромолекулы.

---

## 6. Радиационные эффекты облучения

---

При воздействии на организм человека ионизирующая радиация может вызвать два вида эффектов: детерминированный и стохастический.

*Детерминированные* – биологические эффекты излучения, в отношении которых предполагается существование дозового порога ( $0,5 \div 1$  Гр), выше которого тяжесть эффекта зависит от дозы.

К детерминированным эффектам относятся:

1. *Острая лучевая болезнь* (ОЛБ) – проявляется как при внешнем, так и при внутреннем облучении. В случае однократного равномерного внешнего фотонного облучения ОЛБ возникает при поглощенной дозе  $D \geq 1$  Гр и подразделяется на четыре степени:

I – легкая ( $D = 1,2$  Гр) смертельный эффект отсутствует.

II – средняя ( $D = 2,4$  Гр) через 2, 6 недель после облучения смертельный исход возможен в 20% случаев.

III – тяжелая ( $D = 4,6$  Гр) средняя летальная доза – в течение 30 дней возможен летальный исход в 50% случаев.

IV – крайней тяжести ( $D > 6$  Гр) – абсолютно смертельная доза – в 100% случаев наступает смерть от кровоизлияний или от инфекционных заболеваний вследствие потери иммунитета (при отсутствии лечения). При лечении смертельный исход может быть исключен даже при дозах около 10 Гр.

2. *Хроническая лучевая болезнь* формируется постепенно при длительном облучении дозами, значения которых ниже доз, вызывающих ОЛБ, но выше предельно-допустимых. Последствия – лейкоз, опухоли – через 10 – 25 лет возможен летальный исход.

3. *Локальные лучевые повреждения* характеризуются длительным течением заболевания и могут приводить к лучевому ожогу и раку (некрозу) кожи, помутнению хрусталика глаза (лучевая катаракта).

*Стохастические* (вероятностные) *эффекты* – это биологические эффекты излучения, не имеющие дозового порога. Принимается, что вероятность этих эффектов пропорциональна дозе, а тяжесть их проявления от дозы не зависит.

Основные стохастические эффекты:

1. *Канцерогенные* – злокачественные опухоли, лейкозы – злокачественные изменения крове образующих клеток.

2. *Генетические* – наследственные болезни, обусловленные генными мутациями.

Стохастические эффекты оцениваются значениями эффективной (эквивалентной) дозы. Имеют длительный латентный (скрытый) период, измеряемый десятками лет после облучения, трудно обнаруживаемы.

---

## 7. Нормирование радиации

Принятые в нашей стране в 1996 году Нормы радиационной безопасности НРБ – 96 основаны на рекомендациях Международной комиссии по радиационной защите, в соответствии с которыми для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников ионизирующего излучения необходимо руководствоваться следующими принципами:

*Принцип нормирования* – не превышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующих излучений.

*Принцип обоснования* – запрещение всех видов деятельности по использованию источников ионизирующих излучений, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучением.

*Принцип оптимизации* – поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения.

В нормальных условиях эксплуатации источников ионизирующих излучений нормами установлены следующие категории облучаемых лиц:

- персонал – лица, работающие с техногенными источниками ионизирующих излучений (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);
- все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для указанных категорий облучаемых лиц приняты основные дозовые пределы – предел годовой эффективной или эквивалентной дозы – величина дозы, которая не должна превышать за год

Таблица 10.1

Основные пределы доз (извлечение из НРБ-96)

Нормируемая величина	Группа А	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза - хрусталик	150 мЗв	15 мЗв
Эквивалентная доза - руки, ноги, кожа	500 мЗв	50 мЗв

Для группы Б – 25% от группы А.

Допустимые уровни мощности дозы при внешнем облучении всего тела от техногенных источников ионизирующих излучений:

- помещения постоянного пребывания персонала – 10 мкГр/ч;
- жилые помещения и население – 0,1 мкГр/ч.

---

## Глоссарий

---

### Электробезопасность

**Аварийный режим** - режим работы сети, когда хотя бы один из фазных проводов замыкается на землю.

**Безопасный разделительный трансформатор** – разделительный трансформатор, предназначенный для питания цепей сверхнизким напряжением.

**Выравнивание потенциалов** – снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли.

**Глухозаземленная нейтраль** источника электроэнергии – нейтраль генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока напряжением до 1 кВ, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

**Двойная изоляция** – изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, состоящая из основной и дополнительной изоляций.

**Двухфазное прикосновение** (прямое) – одновременное прикосновение к двум фазным проводникам, действующей электроустановки.

**Дополнительная изоляция** – независимая изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, выполняемая дополнительно к основной изоляции для защиты при косвенном прикосновении.

**Естественный заземлитель** – сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

**Заземление** – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

**Заземление молниезащиты** — преднамеренное соединение с землей молниеприемников и разрядников в целях отвода от них токов молнии в землю.

**Заземлитель** – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

**Заземляющее устройство** – совокупность заземлителя и заземляющих проводников.



**Заземляющий проводник** – проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

**Замыкание на землю** – случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землей.

**Защита от прямого прикосновения** – защита для предотвращения прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

**Защита при косвенном прикосновении** – защита от поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением при повреждении изоляции.

**Защитное автоматическое отключение питания** – автоматическое размыкание цепи одного или нескольких фазных проводников (и, если требуется, нулевого рабочего проводника), выполняемое в целях электробезопасности. (Термин **автоматическое отключение питания** следует понимать как защитное автоматическое отключение питания).

**Защитное заземление** – заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

**Защитное зануление** в электроустановках напряжением до 1 кВ – преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

**Защитное уравнивание потенциалов** – уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.

**Защитное электрическое разделение цепей** – отделение одной электрической цепи от других цепей в электроустановках напряжением до 1 кВ с помощью:

- двойной изоляции;
- основной изоляции и защитного экрана;
- усиленной изоляции.

**Защитный заземляющий (РЕ) проводник** – защитный проводник, предназначенный для защитного заземления.

**Защитный (РЕ) проводник** – проводник, предназначенный для целей электробезопасности.

**Зона нулевого потенциала (относительная земля)** – часть земли, находящейся вне зоны влияния какого-либо заземлителя, электрический потенциал которой принимается равным нулю.

**Зона растекания (локальная земля)** – зона земли между заземлителем и зоной нулевого потенциала. Термин **земля** следует понимать как **земля в зоне растекания**.



**Изолированная нейтраль** – нейтраль генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока напряжением до 1 кВ, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения защиты и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление.

**Искусственный заземлитель** – заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

**Косвенное прикосновение** – электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции. (Термин **повреждение изоляции** следует понимать как **единственное повреждение изоляции**).

**Напряжение на заземляющем устройстве** – напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала.

**Напряжение прикосновения** – напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного.

**Напряжение шага** – напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека.

**Нейтраль** – общая точка обмоток генераторов, либо трансформаторов, питающих сеть; напряжения на выходных зажимах источника электроэнергии, измеренные относительно нейтрали равны.

**Нормальный режим работы сети** – режим, когда фазные провода находятся под номинальным напряжением, а сопротивления их изоляции относительно земли соответствует нормам.

**Нулевой защитный проводник (РЕ)** нулевой проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для присоединения к открытым проводящим частям с целью обеспечения электробезопасности.

**Нулевой проводник** – это проводник в электроустановках до 1 кВ, соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока, предназначенный либо для питания потребителей электроэнергии, либо для присоединения к открытым проводящим частям.

**Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N – проводник)** – нулевой проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников.

**Однофазное прикосновение (прямое)** – прикосновение к проводнику одной фазы действующей электроустановки.

**Ожидаемое напряжение прикосновения** – напряжение между одновременно доступными прикосновению проводящими частями, когда человек или животное их не касается.

**Основная изоляция** – изоляция токоведущих частей, обеспечивающая в том числе защиту от прямого прикосновения.

**Открытые проводящие части** – доступные прикосновению проводящие части электроустановки, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

**Проводящие части** – части, которые могут проводить электрический ток.

**Прямое прикосновение** – электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением.

**Рабочее (функциональное) заземление** – заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности).

*Рабочее заземление* — преднамеренное соединение с землей отдельных точек электрической цепи, например нейтральных точек обмоток генераторов, силовых и измерительных трансформаторов, дугогасящих аппаратов, реакторов поперечной компенсации в дальних линиях электропередачи, а также фазы при использовании земли в качестве фазного или обратного провода. Рабочее заземление предназначено для обеспечения надлежащей работы электроустановки в нормальных или аварийных условиях и осуществляется непосредственно (т. е. путем соединения проводником заземляемых частей с заземлителем) или через специальные аппараты — пробивные предохранители, разрядники, резисторы и т. п.

**Разделительный трансформатор** – трансформатор, первичная обмотка которого отделена от вторичных обмоток при помощи защитного электрического разделения цепей.

**Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН)** – напряжение, не превышающее 50 В переменного и 120 В постоянного тока.

**Система IT** – система, в которой нейтраль источника электроэнергии изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющее большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены. В этом случае защитный заземляющий проводник обозначается так же, как и нулевой защитный проводник, PE – проводник.

**Система TT** – система, в которой нейтраль источника электроэнергии глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника.

**Система TN** – система, в которой нейтраль источника электроэнергии глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали (занулены) при помощи нулевых защитных проводников.

**Система TN-C** – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении; при этом совмещенный нулевой и рабочий провод обозначается PEN.

**Система TN-S** – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении.

**Система TN-C-S** – система TN, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника электроэнергии.

**Совмещенные нулевой защитный и нулевой рабочий (PEN) проводники** – проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающие функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.

**Сопротивление заземляющего устройства** – отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

**Сторонняя проводящая часть** – проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки.

**Токоведущие части** – проводники или проводящие части, предназначенные для работы под напряжением в нормальном режиме, включая нулевой рабочий проводник (но не PEN-проводник).

**Уравнивание потенциалов** – электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.

**Усиленная изоляция** – изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, обеспечивающая степень защиты от поражения электрическим током, равноценную двойной изоляции.

**Электроустановка** – это совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

**Электротравма** – травма (резкое, внезапное изменение здоровья человека), вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги.

**Эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой** – удельное электрическое сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой. (Термин **удельное сопротивление земли с неоднородной структурой** следует понимать как эквивалентное удельное сопротивление).

## **Защита от шума**

**Акустическое поле** – область упругой среды, которая является средством передачи акустических волн.

**Акустическое сопротивление** – это отношение звукового давления  $p_{зв}$  к колебательной скорости частиц среды  $u$ .

**Бел** - увеличение интенсивности звука в 10 раз; единица измерения уровня звука – децибел (дБ).

**Диффузное поле** - звуковое поле, в котором возникает большое количество отраженных волн с различными направлениями, в результате чего удельная плотность звуковой энергии одинакова по всему полю.

**Звуковое давление** – разность между давлением, существующем в среде  $p_{ср}$  в данный момент, и атмосферным давлением  $p_{атм}$ .

**Интенсивность звука** - количество энергии, переносимой звуковой волной за одну секунду через пространство с площадью сечения  $1 \text{ м}^2$ , перпендикулярному направлению движения.

**Инфразвуковые колебания среды** - частоты колебаний среды, лежащие ниже диапазона слышимости.

**Коррекция по шкале А** используется чтобы оценить уровень громкости шума со сложным спектром одним числом в дБА с учетом частотной характеристики звуковой чувствительности человеческого уха.

**Мощность звука  $W$**  – количество энергии, проходящей за единицу времени через охватывающую источник звука поверхность, общее количество звуковой энергии, излучаемой источником в единицу времени.

**Октава** – полоса частот, верхняя граница которой превышает нижнюю в два раза, т.е.  $f_2 = 2 f_1$ .

**Производственный шум** – совокупность звуков различной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих у работающих неприятные субъективные ощущения.

**Свободное акустическое поле** - акустическое поле, которое не ограничено поверхностью и распространяется практически до бесконечности.

**Спектр шума** – распределение уровней звукового давления, интенсивности или мощности по октавным полосам частот.

**Стандартный порог слышимости** – эффективное значение звукового давления (интенсивности), создаваемого гармоническим колебанием с частотой  $f = 1000 \text{ Гц}$ , едва слышимым человеком со средней чувствительностью слуха.

**Ультразвуковые колебания среды** – частоты колебаний среды, лежащие ниже и выше диапазона слышимости.

**Уровень звукового давления** (интенсивности звука, звуковой мощности) – логарифмическая величина, позволяющая оценить указанный параметр в децибелах (дБ).

**Фактор направленности**  $\Phi(\varphi)$  – отношение интенсивности звука  $I(\varphi)$ , создаваемого источником в направлении с угловой координатой  $\varphi$  к интенсивности  $I_{\text{ср}}$ , которую развил бы в этой же точке ненаправленный источник, имеющий ту же звуковую мощность и излучающий звук во все стороны равномерно.

**Шум** – это звук, оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью.

## Производственное освещение

**Естественное освещение** – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

**Естественное боковое** – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах.

**Естественное верхнее** – естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания.

**Естественное комбинированное** (верхнее и боковое) – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

**Зрительная адаптация** – процесс приспособления зрительного анализатора к работе в изменившихся условиях световой среды. Различают два вида адаптации – темновую (при переходе от света к темноте) и световую (при переходе от темноты к свету).

**Искусственное освещение** – освещение помещения только источниками искусственного света.

**Искусственное общее освещение** – освещение, при котором светильники размещают в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

**Искусственное комбинированное освещение** – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное; местное освещение – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах.

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

**Контраст** объекта различения с фоном ( $K$ ) – определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона.

**Контрастная чувствительность** зрительного анализатора - способность глаза различать едва заметные разности яркостей.

**Коэффициент запаса ( $K_3$ )** – расчетный коэффициент, учитывающий снижение КЕО и освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, источников света (ламп) и светильников, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения.

**Коэффициент пульсации освещенности  $K_{п}$** , - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током.

**Освещенность  $E$**  – поток, проходящий через бесконечно малую поверхность площадью  $dS$ .

**Кривая силы света** светильника (КСС) - график зависимости силы света светильника от меридиональных и экваториальных углов, получаемый сечением его фотометрического тела плоскостью или поверхностью.

**Показатель ослепленности  $P$**  – критерий слепящего действия осветительной установки.

**Показатель дискомфорта  $M$**  – критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения.

**Сила света  $I$**  – пространственная плотность светового потока в направлении оси телесного угла  $d\omega$ .

**Светлота фона** – светлота поверхности, прилегающей непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается.

**Световой поток  $\Phi$**  – видимая часть оптического излучения, которая воспринимается зрением человека как свет.

**Световая чувствительность** зрительного анализатора – способность сетчатой оболочки глаза реагировать на видимое излучение.

**Светораспределение** светильника – распределение его светового потока в пространстве.

**Светильник** – осветительный прибор, осуществляющий перераспределение светового потока лампы внутри значительных телесных углов. Светильник состоит из лампы и арматуры.

**Совмещенное освещение** – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

**Телесный угол  $\omega$**  – часть пространства, заключенная внутри конической поверхности. Измеряется отношением площади, вырезаемой ею из сферы произвольного радиуса, к квадрату последнего.

**Фотометрическое тело светильника** – область пространства, ограниченная поверхностью, являющейся геометрическим местом концов радиусов векторов, выходящих из светового центра светильника в соответствующем направлении.

**Яркость  $L$**  – поверхностная плотность силы света в данном направлении или поток, проходящий через бесконечно малую площадку в пределах бесконечно малого телесного угла  $d\omega$  в направлении оси этого телесного угла.

**Размер объекта различения** (при условии его удаления от глаза не более чем на 0,5 м) – наименьший размер рассматриваемого предмета, отдельной его части или дефекта, которые требуется различить в процессе работы.

## **Микроклимат производственных помещений**

**Влажность воздуха** – содержание в воздухе водяного пара. Различают абсолютную, максимальную и относительную влажность.

- **Абсолютная влажность (A)** – упругость водяных паров, находящихся в момент исследования в воздухе, выраженное в мм ртутного столба, или массовое количество водяных паров, находящихся в  $1 \text{ м}^3$  воздуха, выражаемое в граммах.
- **Максимальная влажность (F)** – упругость или масса водяных паров, которые могут насытить  $1 \text{ м}^3$  воздуха при данной температуре.
- **Относительная влажность (R)** – это отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах.

**Гипертермия** – перегревание организма выше допустимого уровня.

**Гипотермия** – переохлаждение организма.

**Допустимые микроклиматические условия** – 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.

**Зона комфорта** – зона, в которой окружающая среда полностью отводит теплоту, выделяемую организмом, и нет напряжения системы терморегуляции.

**Микроклимат производственных помещений** – климат окружающей для человека внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

**Оптимальные микроклиматические условия** – 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.

**Среднесуточная температура** наружного воздуха – средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определенные часы суток через одинаковые интервалы времени.

**Теплый период года** – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$ .

**Терморегуляция** – процессы регулирования тепловыделений для поддержания постоянной температуры тела человека.

**Холодный период года** – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной  $+10^{\circ}\text{C}$  и ниже.

**Эффективная температура воздуха** – температура воздуха, ощущаемая человеком при определенной относительной влажности воздуха и при отсутствии его движения в помещении.

**Эффективно-эквивалентная температура воздуха** – температура воздуха, ощущаемая человеком при определенной относительной влажности воздуха и определенной скорости его движения.

## Эргономика

**Эргономика** (от греческого **ergon** - работа, **nomos** - закон) - это наука, изучающая человека или группу людей и их деятельность в условиях современного производства с целью оптимизации орудий и процесса труда.

**Система "человек - машина"** (или "рабочая система") включает одного или большее число людей и производственное оборудование, используемое при выполнении задачи системы в рабочем пространстве, в среде на рабочем месте и в ситуациях, определяемых рабочими задачами.

**Рабочая среда (производственная среда)** - это физические, химические, биологические, социальные и культурные факторы, совокупность которых составляет среду на рабочем месте.

**Комфортным** называется состояние внешней среды, обеспечивающее оптимальную динамику работоспособности, хорошее самочувствие и сохранение здоровья работающего человека.

**Относительно дискомфортным** называется состояние внешней среды на рабочем месте, которое при воздействии в течение определенного интервала времени обеспечивает заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает у



человека неприятные субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы.

**Экстремальным** называется состояние внешней среды на рабочем месте, которое приводит к снижению работоспособности человека и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим нарушениям.

**Сверх экстремальным** называется состояние внешней среды на рабочем месте, которое приводит к возникновению в организме человека патологических изменений (или невозможности выполнения работы).

**Прием информации** - обнаружение сигналов, выделение из их совокупности наиболее значимых, их расшифровка и декодирование. На этом этапе информация приводится к виду пригодному для оценки и принятия решения.

**Оценка и переработка информации** – осуществляется сопоставление заданных и текущих режимов работы системы, производится анализ и обобщение информации, выделяются критические объекты и ситуации и на основании заранее известных критериев важности и срочности определяется очередность обработки информации.

**Принятие решения** – решение о необходимых действиях принимается на основе проведенного анализа и оценки информации, а также на основе других известных сведений о целях и условиях работы системы, возможных способах действия, последствиях правильных и ошибочных решений.

**Реализация принятого решения** – осуществляется приведение принятого решения в исполнение: перекодирование принятого решения в машинный код, поиск нужного органа управления, движение руки и (или) ноги к органу управления и манипуляция с ним.

**Зрительный анализатор** позволяет воспринимать форму, цвет, яркость и движение предмета. Раздражитель зрительного анализатора – световая энергия. Рецептор – глаз.

**Слуховой анализатор** обнаруживает и опознает звуки; позволяет различать звуковые раздражения; определять направление звука; а также удаленность источника. Раздражитель слухового анализатора – звуковая энергия. Рецептор – ухо.

**Тактильный анализатор** при помощи тактильных (осязательных) рецепторов человек получает информацию о положении объекта в пространстве, о его форме, поверхности, качестве материала, из которого он сделан и т.д.

Минимальная величина раздражителя, вызывающая едва заметное ощущение, носит название **нижнего абсолютного порога чувствительности**. Сигналы, величина которых меньше нижнего абсолютного порога чувствительности, человеком не воспринимаются.

Увеличение же сигнала сверх **верхнего абсолютного порога чувствительности** вызывает у человека болевые ощущения.

Интервал между нижним и верхним абсолютными порогами чувствительности носит название **диапазона чувствительности анализатора**.

**Дифференциальный порог** – минимальное различие между двумя раздражителями, либо между двумя состояниями одного раздражителя, вызывающее едва заметное различие ощущений.

**Оперативный порог** определяется той минимальной величиной различия между сигналами, при которой точность и скорость различения достигает максимума.

**Оптимальной (или эффективной) зоной видимости** является зона, соответствующая пространству, ограниченному углом  $30^0$  в горизонтальной и вертикальной плоскостях (по  $15^0$  в стороны, вверх и вниз от нормальной линии взора).

**Оптимальная зона досягаемости** моторного поля ограничена по горизонтали углом  $30^0$  от средней линии туловища (вправо и влево) и расстоянием до переднего края рабочей поверхности 300 мм.

**Средство отображения информации** - индикатор (по-англ. *indicator* - указатель, от лат. *indico* - указываю, определяю) - прибор (устройство, элемент), отображающий ход процесса или состояние объекта наблюдения в форме удобной для восприятия человеком.

**К органам управления (ОУ)** относятся устройства, с помощью которых человек управляет объектами.

**Рабочая задача** - это цель, которая должна быть достигнута в определенных условиях, и требуемые действия для выполнения задачи человеком или большим числом людей.

Под **рабочим пространством** понимается некоторый объем, предназначенный в рабочей системе для трудовой деятельности одного человека или большего числа людей и позволяющий выполнить рабочую задачу.

**Рабочая поза** обозначает наиболее частое и предпочтительное взаиморасположение звеньев тела при выполнении трудовых операций.

**Рабочим местом** называется та часть рабочего пространства, где располагается производственное оборудование, с которым взаимодействует человек в рабочей среде.

**Рабочая поверхность** - это элемент оборудования, на котором работающий, используя необходимые средства, выполняет действия с предметом деятельности.

**Габаритные параметры рабочего места в целом** (объем, высота, ширина, глубина, площадь) характеризуют предельные размеры внешних его очертаний, если рабочее место не имеет ограждений (станок, пульт, конвейер и т.п.), или размеры его внутренних очертаний, если рабочее место имеет ограждение (кабина).

**Габаритные параметры отдельных элементов** определяют объем рабочего пространства в целом и его планировку.

**Свободные параметры** – это параметры отдельных элементов рабочего места, которые не имеют общих баз отсчета, а следовательно не сопряжены друг с другом. Свободные параметры могут быть регулируемыми (переменными – рабочее кресло) и нерегулируемыми (постоянными).

**Компоновочные параметры** – характеризуют положение отдельных элементов рабочего места относительно друг друга и работающего человека.

**Антропометрические признаки** - соматические характеристики человека, отражающие его внутривидовые вариации строения и закономерности развития (линейные, периметровые, угловые размеры тела, сила мышц, форма головы, грудной клетки и др.) и выраженные количественно (мм, град, кг, баллы и т.п.).

К **динамическим антропометрическим данным** относятся размеры тела человека, изменяющие свою величину при угловых и линейных перемещениях измеряемой части тела в пространстве.

**Статические антропометрические данные** – это размеры тела, измеряемые однократно в статическом положении человека.

**Перцентиль (процент)** — значение антропометрического признака для сотой доли совокупности измеренных людей.

## **Электромагнитные излучения**

Электромагнитное излучение – процесс испускания электромагнитных волн ускоренно движущимися заряженными частицами, а также само переменное электромагнитное поле этих волн.

Электромагнитное поле – это особая форма материи, представляющая собой взаимосвязанные электрическое и магнитное поля.

Электрическое поле создается зарядами, а его величина характеризуется напряженностью.

Напряженность электрического поля – векторная величина, равная отношению силы, действующей на положительный заряд, помещенный в некоторую точку электрического поля, к величине этого заряда, измеряется в вольтах на метр (В/м).

Магнитное поле создается при движении электрических зарядов по проводнику. Оно характеризуется напряженностью магнитного поля

Напряженность магнитного поля – векторная величина, характеризующая магнитное поле. Размерность и единица ее могут быть определены по формуле напряженности поля в центре длинного соленоида, единица – ампер на метр (А/м).

$$H = nI$$

Ампер на метр равен напряженности магнитного поля в центре длинного соленоида с равномерно распределенной обмоткой, по которой проходит ток силой  $I/n$  А, где  $n$  – число витков на участке соленоида длиной 1 м.

Электростатическое поле – представляет собой поле неподвижных электрических зарядов либо стационарное электрическое поле постоянного тока.

## **Пожарная безопасность**

**Горением** называется сложный физико-химический процесс взаимодействия горючего вещества и окислителя, характеризующийся самоускоряющимся превращением и сопровождающийся выделением большого количества тепла и света.

**Гомогенное горение:** компоненты горючей смеси находятся в газообразном состоянии.

**Гетерогенное горение** характеризуется наличием раздела фаз в горючей смеси (горение жидких и твердых горючих веществ в среде газообразного окислителя).

**Кинетическое горение** - компоненты горючей смеси перемешаны.

**Диффузионное горение** - компоненты горючей смеси не перемешаны.

**Дефляграционное горение** - скорость распространения пламени в пределах нескольких метров в секунду.

**Взрывное горение** - скорость распространения пламени до сотен метров в секунду.

**Детонационное горение** - скорость распространения пламени порядка тысяч метров в секунду.

**Ламинарное горение** характеризуется послойным распространением фронта пламени по горючей смеси.

**Турбулентное горение** характеризуется перемешиванием слоев потока фронта пламени и повышенной скоростью выгорания.

**Взрыв** - быстрое превращение веществ, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу.

**Пожар** - неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб и представляющее опасность для людей.

**Горючесть** – способность вещества или материала к горению.

**Негорючие (несгораемые)** – вещества и материалы, неспособные к горению в воздухе.

**Трудно горючие (трудно сгораемые)** – вещества и материалы, способные возгораться в воздухе от источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания.

**Горючие (сгораемые)** – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

**Легковоспламеняющиеся** - вещества и материалы, способные воспламеняться от кратковременного (до 30 секунд) воздействия источника зажигания с низкой энергией.

**Вспышка** - быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов и не переходящее в стационарное горение.

**Температура вспышки** - самая низкая температура вещества, при которой (в условиях специальных испытаний) над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще не достаточна для возникновения устойчивого горения.

**Температура воспламенения** - температура вещества, при которой (в условиях специальных испытаний) оно выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после их зажигания возникает устойчивое пламенное горение.

**Температура самовоспламенения** - самая низкая температура вещества, при которой (в условиях специальных испытаний) происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением.

**Нижний концентрационный предел распространения пламени** (нижний предел воспламенения) – это такая объемная (массовая) доля горючего вещества в смеси с окислительной средой (выраженная в % или  $\text{мг/м}^3$ ), ниже которой смесь становится неспособной к распространению пламени, т.е. это минимальное содержание горючего вещества в горючей смеси (вещество – окислитель), при котором возможно распространение пламени на любое расстояние от источника зажигания.

**Верхний концентрационный предел распространения пламени** (верхний предел воспламенения) – это такая объемная (массовая) доля горючего в смеси с окислительной средой, выше которой смесь становится неспособной к распространению пламени.

**Область распространения пламени** (область воспламенения) – это область объемных (массовых) долей горючего вещества в смеси с окислительной средой, заключенная между нижним и верхним концентрационными пределами.

**Температурные пределы распространения пламени** - это такие температуры вещества, при которых его насыщенные пары образуют в определенной окислительной среде концентрации, равные соответственно нижнему (нижний температурный предел) и верхнему (верхний температурный предел) концентрационным пределам распространения пламени.

**Минимальная энергия зажигания** - это наименьшая энергия искрового разряда, способная воспламенить наиболее легковоспламеняющуюся смесь вещества с воздухом.

**Огнестойкость** строительной конструкции - ее способность сопротивляться воздействию высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом свои обычные эксплуатационные функции.

**Предел огнестойкости** строительной конструкции - время, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность.

**Пожаротушение** - комплекс мероприятий, направленных на ликвидацию возникшего пожара.

## **Радиационная безопасность**

**Ионизирующим** называется излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков.

**Корпускулярное** излучение – поток элементарных частиц с массой покоя, отличной от нуля ( $\alpha$  и  $\beta$  - частицы, нейтроны, протоны, электроны и др.).

**Непосредственно ионизирующим** называется корпускулярное излучение, если кинетическая энергия частиц достаточна для ионизации атомов при столкновении.

Фотонное излучение – электромагнитное излучение. К нему относятся:  $\gamma$  - излучение, возникающее при изменении энергетического состояния ядер; тормозное излучение, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц; характеристическое излучение, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома; рентгеновское излучение, состоящее из тормозного и (или) характеристического излучения. Фотоны имеют массу покоя, равную нулю.

**Косвенно ионизирующим излучением** называется фотонное излучение, при котором непосредственной ионизации не происходит, но в процессе взаимодействия фотона со средой высвобождаются заряженные частицы, способные ионизировать атомы и молекулы данной среды.

**Моноэнергетическое излучение** – состоит из фотонов одинаковой энергии или частиц одного вида с одинаковой кинетической энергией.

**Немоноэнергетическое излучение** – имеет фотоны разной энергии или частицы одного вида с разной кинетической энергией.

**Радиоактивность** – свойство неустойчивых атомных ядер одних химических элементов самопроизвольно превращаться в ядра атомов других химических элементов с испусканием одной или нескольких ионизирующих частиц.

**Радиоактивным распадом** называется процесс спонтанного ядерного превращения.

**Естественная радиоактивность** наблюдается у существующих в природе неустойчивых изотопов (расположены в Периодической системе за свинцом).

**Искусственной** называется радиоактивность изотопов, полученных в результате ядерных реакций в ядерных реакторах, на ускорителях, при ядерных взрывах и др.

**Активность** радионуклида  $A$  в источнике (образце) есть отношение числа  $dN$  спонтанных ядерных превращений, происходящих в источнике (образце) за интервал времени  $dt$ , к этому интервалу  $A = dN/dt$ .

$T_{1/2}$  - **период полураспада** - время, в течение которого распадается половина первоначального количества ядер, при этом активность радионуклида уменьшается в 2 раза.

**Поглощенная доза ионизирующего излучения**  $D$  - отношение средней энергии  $\overline{dW}$ , переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе  $dm$  вещества в этом объеме:

$$D = \overline{dW} / dm$$

**Эквивалентная доза ионизирующего излучения**  $H_T$  - произведение «тканевой дозы» (дозы на орган)  $D_T$  на взвешивающий коэффициент  $w_R$  для излучения  $R$ :

$$H_T = w_R \cdot D_T.$$

**Эффективная доза ионизирующего излучения**  $E$  - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы  $H_{T\tau}$  в органе или ткани  $T$  за время  $\tau$  на соответствующий взвешивающий коэффициент  $w_T$  для данного органа или ткани:

$$E = \sum_T w_T \cdot H_{T\tau}$$

**Коллективная доза ионизирующего излучения**  $S$  - величина, определяющая полное воздействие от всех источников на группу людей. Она представляет собой сумму произведений средней эффективной дозы  $E_i$  для  $i$ -ой подгруппы большой группы людей на число людей  $N_i$  в подгруппе:

$$S = \sum_i E_i \cdot N_i$$

**Экспозиционная доза**  $X$  фотонного излучения - это отношение суммарного заряда  $dQ$  всех ионов одного знака, созданных в сухом атмосферном воздухе при полном торможении электронов и позитронов, которые были образованы фотонами в элементарном объеме воздуха с массой  $dm$ , к массе воздуха в указанном объеме:

$$X = dQ/dm.$$

**Детерминированные радиационные эффекты облучения** – биологические эффекты излучения, в отношении которых предполагается существование дозового порога ( $0,5 \div 1$  Гр), выше которого тяжесть эффекта зависит от дозы.

**Стохастические (вероятностные) радиационные эффекты облучения** – это биологические эффекты излучения, не имеющие дозового порога. Принимается, что вероятность этих эффектов пропорциональна дозе, а тяжесть их проявления от дозы не зависит.

## Вибрации

**Вибрацией** называются малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля.

**Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации** – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

**Допустимый уровень вибрации в жилых и общественных зданиях** – это уровень фактора, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к вибрационному воздействию.

Корректированный уровень вибрации – одночисловая характеристика вибрации, определяемая как результат энергетического суммирования уровней вибрации в октавных полосах частот с учетом октавных поправок.

Эквивалентный (по энергии) корректированный уровень изменяющейся во времени вибрации – это корректированный уровень постоянной во времени вибрации, которая имеет такое же среднеквадратичное корректированное значение виброускорения и/или виброскорости, что и данная непостоянная вибрация в течение определенного интервала времени.

**Общая вибрация** передается на тело сидящего или стоящего человека через опорные поверхности.

**Локальная вибрация** – вибрация, передающаяся либо через руки человека, либо на ноги сидящего человека, либо на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов.

---

## Литература

---

1. Инженерная экология: Учебник/ Под ред. проф. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002.
2. Безопасность жизнедеятельности. Ред. С.В. Белов. Учебник для техникумов и вузов. – М.: Высшая школа, 2004.
3. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: "Знак", 2000.
4. Жилов Ю.Д., Куценко Г.И. Справочник по медицине труда и экологии. – М.: Высш. шк., 1995.
5. Кноринг Г.М., Фадин И.М., Сидоров В.Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – С.-Петербург: Энергоатомиздат, 1992.
6. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. – М.: "Логос", 2001.
7. ГОСТ Р 50571.1 - 93. Электроустановки зданий. Основные положения. – М.: Госстандарт России, 1998.
8. ГОСТ Р 50571.2 - 94. Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики. – М.: Госстандарт России, 1998.
9. ГОСТ Р 50571.3 - 94. Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. – М.: Госстандарт России, 1998.
10. ГОСТ 12.1.038 - 82. Электробезопасность. Предельно-допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. – М.: Госстандарт России, 1988.



11. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание. – М.: Изд. "НЦ ЭНАС", 1999 и 2002.
12. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».– М.: Госстандарт России, 1983.
13. СНиП 11-12-88 «Защита от шума».
14. СНиП 23 – 05 – 95 «Естественное и искусственное освещение».
15. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
16. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».– М.: Госстандарт России, 1988.
17. Сан ПиН 2.2.2/2.4.1340-03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».