

# Обеспечение экологической безопасности

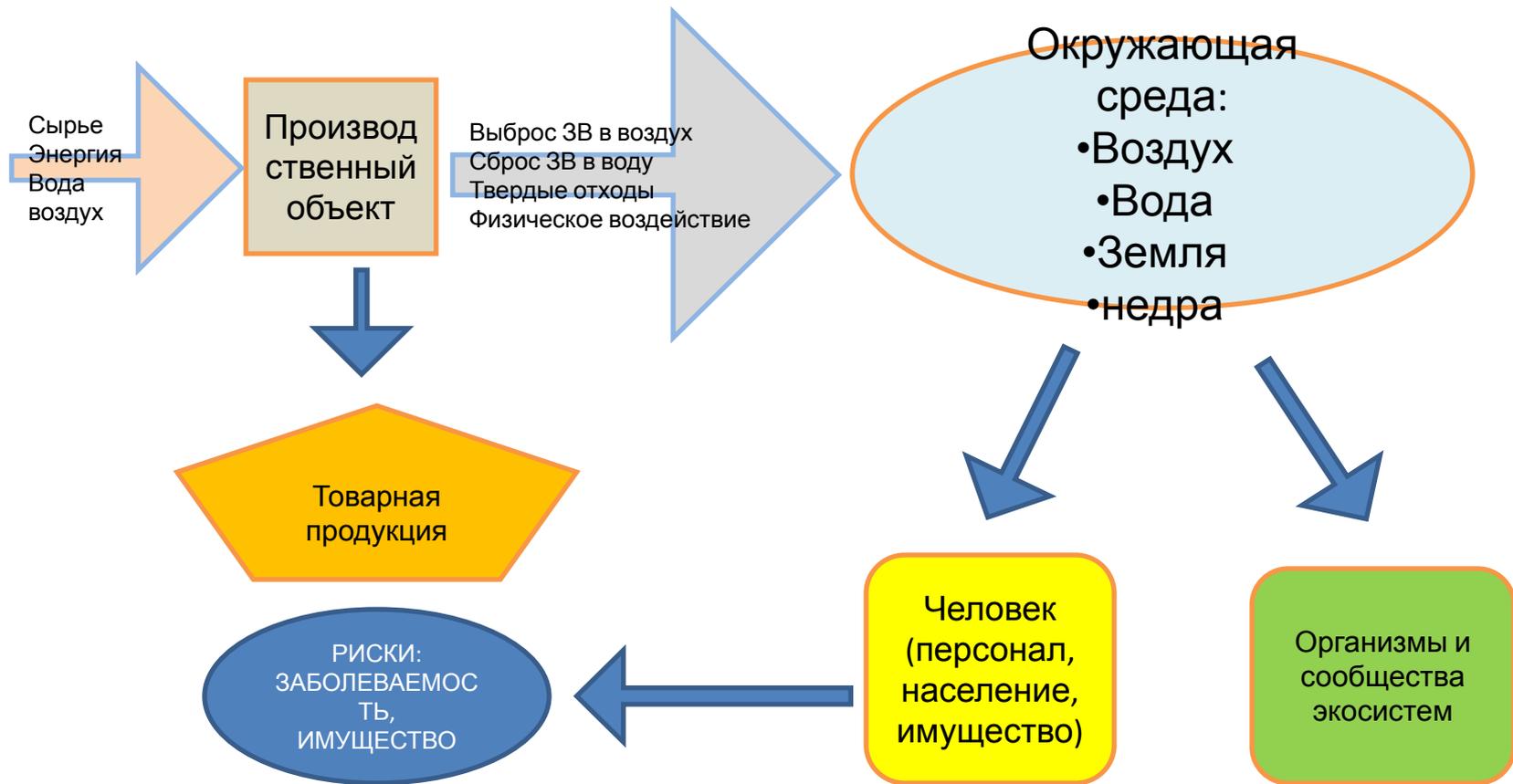
Вопросы:

1. Экологические опасности : классификация, источники
2. Экологическое нормирование (нормативы качества ОС, допустимого воздействия, технические, технические регламенты)
3. Охрана и защита атмосферного воздуха
4. Охрана и защита водной среды
5. Физические воздействия в окружающей среде
  - 5.1 Механические колебания (шум, ультразвук, инфразвук, вибрация)
  - 5.2 Влияние электромагнитных полей
  - 5.3 Ионизирующие излучения

# Терминология

- **Экологическая безопасность** - это состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.
- **Обеспечение экологической безопасности** – это система действий по предотвращению возникновения, развития экологически опасных ситуаций и ликвидации их последствий, в том числе отдаленных.

# Природа экологических опасностей



# Классификация экологических опасностей

Экологические опасности: (Вредные и опасные факторы)

Характер воздействия	Происхождение	Время действия	Причина
Химическое	Природное	Длительное	В штатном режиме
Физическое:			
• акустическое			
• вибрационное			
• электромагнитное	Техногенное	Кратковременно	В результате аварии
• ионизирующее			
Биологическое			

# Источники экологических опасностей и их последствия

Источник опасности	Последствия для здоровья
<b>1) Химическое загрязнение среды:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Соединения тяжелых металлов</li> <li>• Пестициды, ядохимикаты,</li> <li>• агрохимикаты</li> <li>• Диоксины</li> </ul>	Токсические отравления Расстройство пищеварения Сердечно -сосудистые заболевания Онкологические заболевания Поражение нервной системы Изменения генетического кода
<b>2) Бактериологическое загрязнение среды (бактерии, вирусы)</b>	Инфекционные заболевания
<b>3) Физическое загрязнение среды:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Электромагнитные поля (ЭМП)</li> </ul>	Сердечно -сосудистые заболевания Нарушения центральной нервной и эндокринной систем Онкологические заболевания, в т.ч. лейкоз
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ионизирующие излучения:</b></li> <li>-природные радионуклиды</li> <li>-трансурановые элементы</li> <li>-гамма-излучатели</li> </ul>	Лучевая болезнь Расстройство иммунной системы Онкологические заболевания Изменение генетического кода
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Акустические колебания</b></li> <li>-шум</li> <li>-вибрация</li> <li>Ультразвук и инфразвук</li> </ul>	Потеря слуха Нарушения нервной системы Нарушения сердечно-сосудистой системы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тепловое загрязнение</li> </ul>	Нарушения органов при перегреве (переохлаждении)

# **Экологическое нормирование** - государственное регулирование уровня воздействия деятельности на ОС , гарантирующее сохранение ЭБ

**Норматив** -юридический документ, обязательный для выполнения юридическими и физическими лицами и налагающий ответственность за его выполнение

## **Нормативы:**

- Качества окружающей среды (санитарно-гигиенические показатели)
- Допустимого воздействия (технический, технологический: предъявляются к источнику вредного воздействия)
- Государственные стандарты ( технические регламенты)
- Вспомогательные нормы и правила (СанПиН, СНИП, и др.)

## **Принципы нормирования:**

- Безопасность человека
- Опережения (неизвестное вещество не может использоваться)
- **Порогового действия**

## **В основе норматива лежат показатели:**

- Медицинский (устанавливает пороговый уровень для здоровья)
- Научно-технический (обоснованный и контролируемый по всем параметрам)
- Технологический (выполнимый современной техникой)

# Нормативы качества ОС-ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Установление нормативов качества ОС основывается на концепции пороговости воздействия.

- **Порог вредного действия** - это минимальная доза вещества, при воздействии которой в организме возникают изменения, выходящие за пределы физиологических и приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология.
- **Пороговая доза вещества** (или пороговое действие вообще) вызывает у биологического организма отклик, который не может быть скомпенсирован за счет гомеостатических механизмов.

**Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ (ПДК)** - нормативы, устанавливающие концентрации вредного вещества

- в единице объема (воздуха, воды),
- массы (пищевых продуктов, почвы)
- или поверхности (кожа работающих),

которые при воздействии за определенный промежуток времени практически **не влияют** на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства.

## Нормативы допустимого воздействия на ОС

- ❖ нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов;
- ❖ нормативы образования отходов производства и потребления и лимиты на их размещение;
- ❖ нормативы допустимых физических воздействий (количество тепла, уровни шума, вибрации, ионизирующего излучения, напряженности электромагнитных полей и иных физических воздействий);
- ❖ нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды;
- ❖ нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду;

**Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду** - нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды

1. **Предельно допустимые уровни воздействия (ПДУ)**
2. **Ориентировочно-безопасные (допустимые) уровни (ОБУВ, ОДУ), временно-согласованные (ВСУ)**
3. **Предельно допустимые уровни эмиссий (ПДВ, ПДС)**
4. **Предельно допустимые уровни изъятия (квоты, лимиты)**
5. **Предельно допустимая нагрузка**

# Технологический норматив

***технологический норматив*** - норматив допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов, энергозатрат, физического воздействия, который устанавливается для стационарных, передвижных и иных источников, технологических процессов, оборудования и отражает допустимую массу выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции в *наилучшей доступной технологии (НДТ)*

# Лимиты на сбросы, выбросы, образование и размещение отходов

1. При невозможности соблюдения нормативов могут устанавливаться **лимиты** на выбросы и сбросы на основе разрешений, действующих только в период проведения мероприятий по охране ОС, внедрения наилучших существующих технологий и (или) реализации других природоохранных проектов с учетом поэтапного достижения нормативов допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов.
2. Установление лимитов на выбросы и сбросы допускается только при наличии планов снижения выбросов и сбросов, согласованных с органами исполнительной власти.
3. Выбросы и сбросы в пределах установленных нормативов и лимитов допускаются на основании разрешений, выданных органами исполнительной власти

## Технический регламент

В соответствии с требованиями от 27.12.2002 г.  
N 184-ФЗ «О техническом регулировании»

**технический регламент** - документ, который устанавливает обязательные для применения и исполнения требования безопасности к объектам технического регулирования (продукции, в том числе, зданиям, строениям и сооружениям, или к связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации)

# Качество воздушной среды

## Химический состав воздуха при нормальных условиях

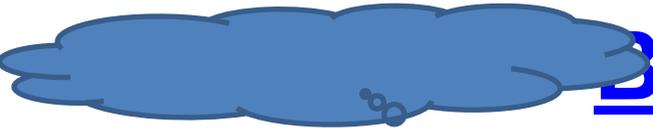
Газ	Объем ,%
азот	78,8
кислород	20,95 (14,3-критическое )
аргон	0,9325
Диоксид углерода	0,03
неон	0,0018
гелий	0,0005
радон	$6 \cdot 10^{-18}$
криптон	0,00011
водород	0,00005
озон	0,000001

# Состав воздушной смеси при свободном дыхании

воздух	кислород	Углекислый газ	азот
вдох	20,94	0,03	79,03
выдох	16,3	4,0	79,7
В альвеоле	14,4	5,6	80,0

Потребность в чистом воздухе в расчете на 1 человека

Категория помещения	Количество воздуха (воздухообмен)
жилое	3,0 м3/час на 1,0 м2
административное	20-60 м3/час
производственное	60-120 м3/час



# Вредные вещества

**Химические вредные вещества** по характеру воздействия на человека

и по вызываемым последствиям делят на группы:

1. **Обще токсичные** (ртуть, соединения фосфора).
2. **Раздражающие** (кислоты, щёлочи, аммиак, хлор, сера).
3. **Аллергенные** (соединения никеля, алкалоиды).
4. **Нервно-паралитические** (аммиак, сероводород).
5. **Удушающие** (окись углерода, ацетилен, инертные газы).
6. **Наркотические** (бензол, дихлорэтан, ацетон, сероуглерод).
7. **Канцерогенные** (ароматические углеводороды, асбест).
8. **Мутагенные** (соединения свинца, ртути, формальдегид).
9. **Влияющие на репродуктивную функцию** (свинец, ртуть).

# Вредное (загрязняющее) вещество-вещество, присутствие которого в окружающей среде оказывает неблагоприятное воздействие на нее и здоровье человека

## Вредные вещества:

- **Канцерогенные** (вызывают онкологические заболевания)
- **Токсичные** (вызывают отравления)
- **Мутагенные** (воздействуют на генетический аппарат)
- **Сенсибилизирующие** (аллергены)

**Классы опасности вредных веществ:** **1 класс**- чрезвычайно опасные, **2 класс**- высоко опасные, **3 класс**- умеренно опасные, **4 класс**- мало опасные

Наименование показателей	I	II	III	IV
ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	<0,1	0,1-1,0	1,0-10	>10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	<15	15-150	150-5000	>5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	<100	100-500	500-2500	>2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	<500	500-5000	5000-50000	>50000
Другие показатели...				

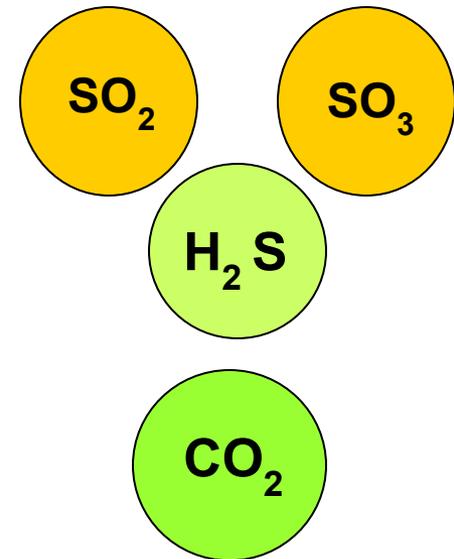
# Действие вредных веществ на человека

Раздражение дыхательных путей, слизистых оболочек, приступы кашля, боли в горле.

Тошнота, рвота, одышка, учащённый пульс

Учащённое дыхание, уменьшение поступления кислорода в лёгкие

Уменьшение рабочей поверхности лёгких, профессиональные заболевания - пневмокониозы



Фиброгенные пыли - металлические, пластмассовые, кремниевые, древесные и др.

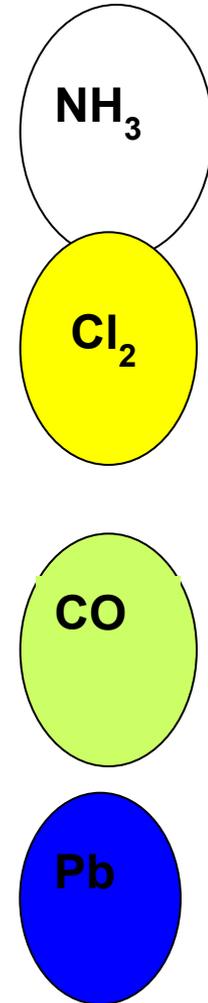
# Действие вредных веществ на человека (продолжение)

Раздражение глаз, тошнота, боль в груди, удушье, головокружение, рвота; летальный исход может наступить от сердечной недостаточности.

Раздражение дыхательных путей, поражение дыхательного центра, летальный исход наступает от отёка лёгких.

Эритроциты крови захватывают окись углерода и уже не переносят в достаточной степени кислород. Головная боль, тошнота, слабость, потеря сознания, летальный исход.

Неблагоприятные изменения в составе крови



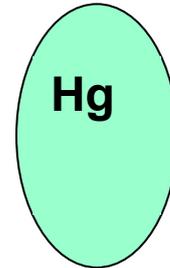
# 4 Действие вредных веществ на человека (продолжение)

Слабость, апатия, утомляемость (ртутная неврастения), ртутный тремор.

Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний - **ртуть, свинец, кадмий, кобальт, никель, цинк, олово, сурьма, медь.**

Соединение с гемоглобином, образование метагемоглобина, кислородное голодание

Отравление, обезвоживание, потеря сознания, паралич дыхания и двигательного центра.



Тяжёлые металлы

Нитраты

**Пестициды** - соединения мышьяка, хлора, фосфора

# Нормирование вредных веществ

Мерой содержания пылей и газообразных веществ в воздухе является их концентрация в мг/м<sup>3</sup>.

## Устанавливаются нормативные показатели:

1. Относительно безопасные уровни воздействия (**ОБУВ**).
2. Предельно допустимая концентрация (**ПДК**) - это такая концентрация, при которой за рабочий стаж не должно возникнуть профессиональных заболеваний.
3. Средние смертельные дозы при попадании в желудок (**ССДЖ**), при нанесении на кожу (**ССДК**), концентрации в воздухе (**ССКВ**).

---

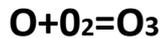
По наиболее высокому значению из этих показателей вредные вещества делят на четыре класса: **чрезвычайно опасные (1)**, **высоко опасные (2)**, **умеренно опасные (3)** и **малоопасные (4)**.

# Воздействие на атмосферу

## 1. Превышение ПДК

## 2. Формирование фотохимического смога

Механизм:



.....



} ПАН

(пероксиацетилнитраты)



Состав смога:

$\text{O}_3$  60-75%

$\text{H}_2\text{O}_2$

Альдегиды

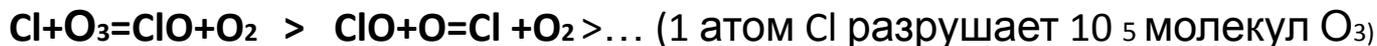
ПАН

} 25-40%

## 3. Формирование кислотных дождей

- $\text{SO}_2 + \text{OH}^- = \text{HSO}_3^- + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{SO}_2 + h\nu = \text{SO}_2^+ + \text{O}_2 = \text{SO}_4 + \text{O}_2 = \text{SO}_3 + \text{O}_3 > \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$  ( капли)
- $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$   $\text{NO}_2 = \text{OH}^- + \text{HNO}_3$  ( капли)

**4. Разрушение озонового слоя (18-45 км)** Озоновый слой активно поглощает ультрафиолетовые лучи ( $\lambda < 310$  нм).



**5. Парниковый эффект** (Углекислый газ поглощает инфракрасную часть спектра и пропускает длинноволновую –видимую- часть. Происходит разогрев Земли)

Парниковые газы: диоксид углерода, метан, фреоны, закись азота

Источники: потребление углеводородного топлива, выделение метана, вырубка лесов

# Влияние состава атмосферного воздуха на здоровье людей

Группа болезней	Среднемесячная заболеваемость на 1 тыс. человек	
	Средняя по городам России	Г.Липецк
Онкология	0,25	0,48
Эндокринная система	0,26	1,1
Органы пищеварения	1,9	12,1
Органы дыхания	14,7	32,3
Система кровообращения	3,1	18,9
Болезни кожи	0,76	2,4

# Охрана атмосферного воздуха

## Способы снижения загрязнения воздуха:

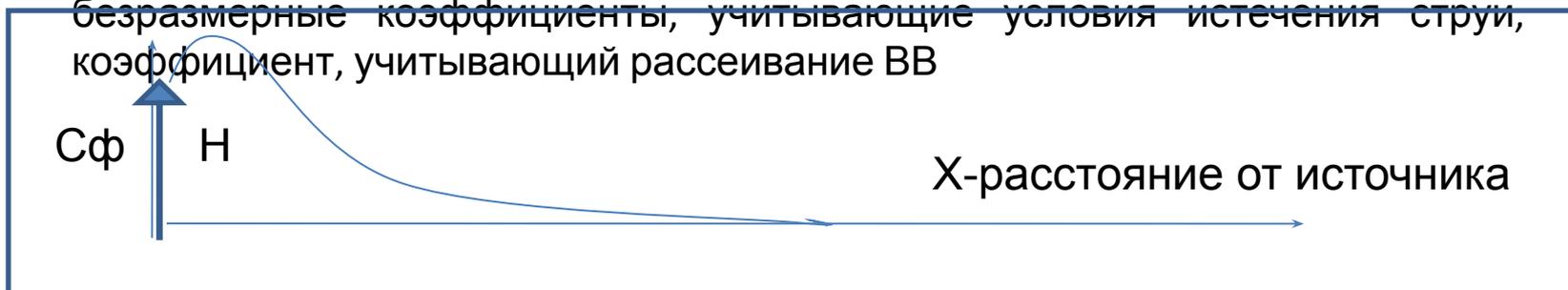
- установление норматива ПДВ *Если ПДВ не достижимо- устанавливают норматив ВСВ*
- защитное зонирование (СЗЗ)
- установление технического норматива на машину (передвижной источник)
- применение защитного оборудования

ПДВ- масса выбрасываемого стационарным источником выброса ВВ, определенная исходя из условия, что содержание ВВ в приземном слое атмосферы при рассеивании не превышало ПДК

Для одиночного стационарного источника (ОНД-86) с круглым устьем:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - \text{С}_\phi) N_2 z \sqrt{V_1 \Delta T}}{A M F m n q} \quad [\text{Г/СЕК, Т/ГОД}]$$

$\text{С}_\phi$ - концентрация ВВ в приземном слое, мг/м<sup>3</sup> , Н-высота трубы, м,  $V_1$ - расход выбрасываемой воздушной массы, м<sup>3</sup>/сек ,  $\Delta T$ -разность температур в струе и атмосфере, град С, М-масса выброса, г/сек (М=ПДВ при  $\text{С}_\phi$ =ПДК), m, n, q- безразмерные коэффициенты, учитывающие условия истечения струи, А- коэффициент, учитывающий рассеивание ВВ



**Санитарно-защитная зона** - специальная территория с особым режимом использования, являющаяся защитным барьером, обеспечивающим уровень безопасности населения при эксплуатации объекта в штатном режиме.

1. В проекте СЗЗ должны быть определены:

- размер и границы санитарно-защитной зоны;
- мероприятия по защите населения от воздействия;
- функциональное зонирование территории санитарно-защитной зоны и режим ее использования.

2. Критерием для определения размера СЗЗ является **не превышение** на ее внешней границе и за ее пределами **ПДК** загрязняющих веществ для атмосферного воздуха населенных мест, **ПДУ** (предельно допустимых уровней) физического воздействия на атмосферный воздух

3. Размеры СЗЗ устанавливаются на основании:

- *классификации предприятий по степени опасности,*
- *расчетов рассеивания ЗВ*
- *расчетов физических воздействий (шум, вибрация, электромагнитные поля (ЭМП) и др.)*
- *оценки риска здоровью для промышленных объектов и производств I и II классов опасности*

# Средства защиты воздушного бассейна

## Направления в области обеспечения экологической безопасности:

- Нормирование предельно допустимых концентраций вредных веществ
- Нормирование предельно допустимого воздействия( массы выброса)-расчет ПДВ
- Контроль за содержанием ВВ в воздухе и выбросами отходящих газов
- Зонирование территории
- Герметизация оборудования и применение технических средств защиты

## Способы очистки газов:

- \*\*инерционные и гравитационные (электромагнитные) пылеуловители
- \*\*мокрые пылеуловители
- \*\*фильтры
- \*\*абсорберы и адсорберы
- \*\*дожигатели газов и катализаторы
- Вентиляция помещений и разбавление газов
- Применение средств индивидуальной защиты

# Уменьшение действия вредных веществ на производстве

Оздоровление воздушной среды достигается использованием:

1. Средств автоматизации производства.
2. Герметизацией вредных процессов.
3. Устройством укрытий, окрасочных камер.
4. Вентиляции для разбавления вредных веществ.
5. Местной вытяжной вентиляции закрытого и открытого типа для удаления вредных веществ.
6. Методов нейтрализации для очистки воздуха от продуктов сгорания топлива.
7. Фильтров и пылеуловителей.
8. Респираторов и противогазов.

# Разбавление вредных веществ до допустимых концентраций

Количество воздуха  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), которое надо подать в помещение для разбавления вредных веществ определяется по формуле:

$$L = \frac{G}{q_{\text{ПДК}}},$$

где  $G$  - количество выделяющихся вредных веществ,  $\text{мг}/\text{ч}$ ;

$q_{\text{ПДК}}$  - предельно допустимая концентрация,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

В помещениях с постоянным пребыванием людей минимально необходимое количество воздуха определяется из расчёта разбавления **углекислого газа** до предельной концентрации. Для выполнения этого требования необходимо подать в помещение  $33 \text{ м}^3/\text{ч}$  на одного человека.

# Местная вентиляция

При локальном выделении вредных веществ применяют местную вытяжную вентиляцию, которая бывает:

1. Закрытого типа (вытяжные шкафы, окрасочные камеры, кожухи, укрывающие пылящее оборудование).

2. Открытого типа (вытяжные зонты, вытяжные панели).

Количество воздуха, которое надо удалить через устройство закрытого типа, определяется по формуле:

$$L = 3600 F V ,$$

где  $F$  - суммарная площадь сечения рабочих проёмов,  $\text{м}^2$ ;

$V$  - скорость движения воздуха, которая принимается в пределах 0,15-1,5 м/с в зависимости от класса опасности вещества.

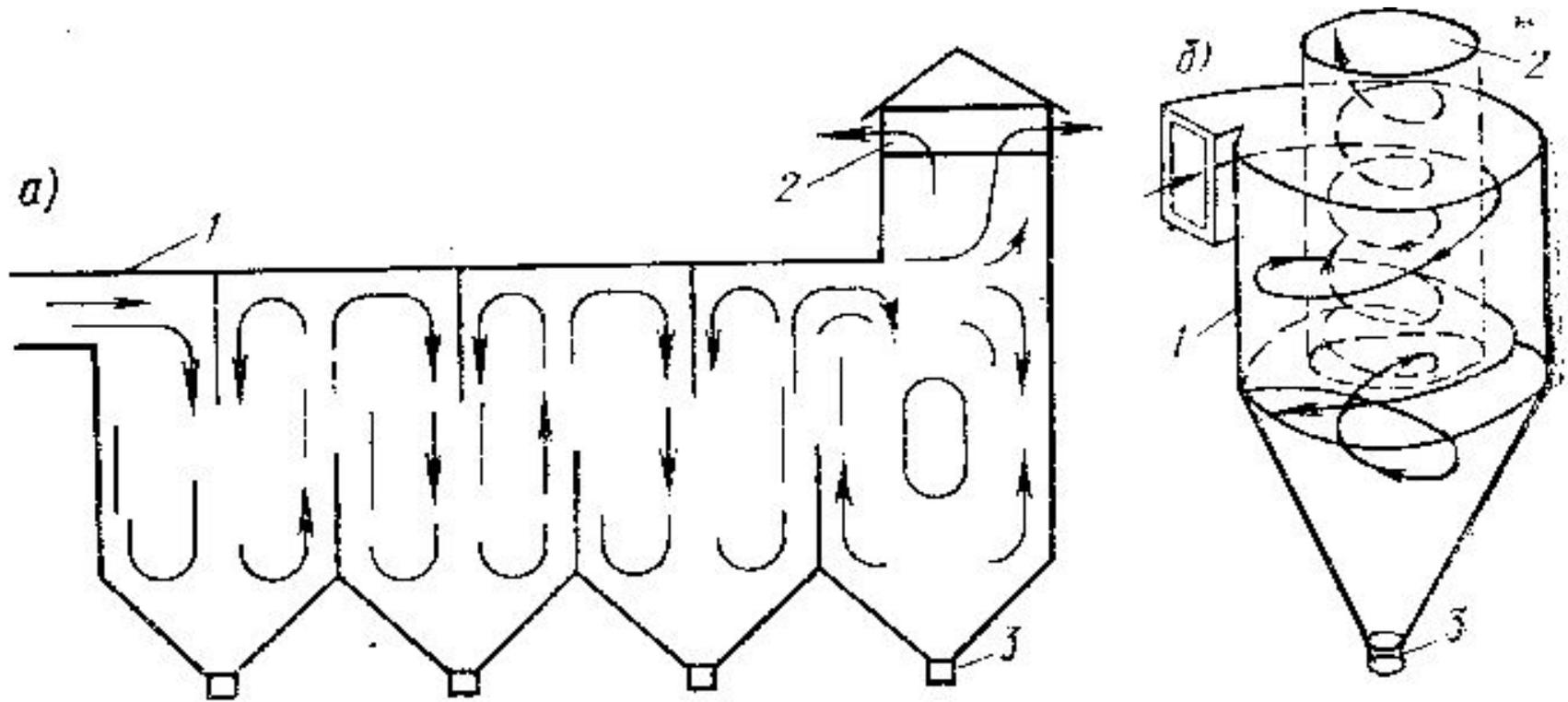


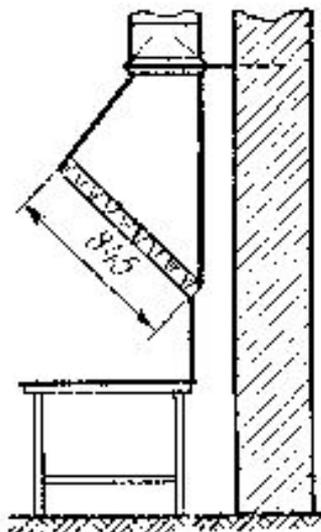
Схема устройств для очистки вентиляционных выбросов от пыли:

а - камера пылеосадочная; б - циклон.

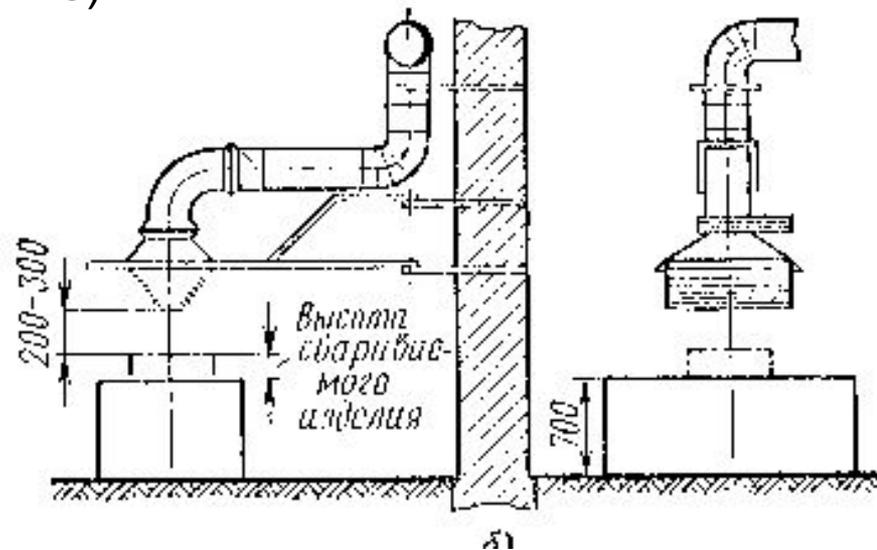
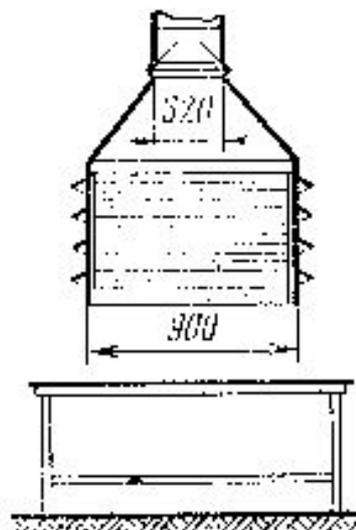
1 - корпус; 2 - удаление очищенного воздуха;

3 - удаление скопившейся пыли.

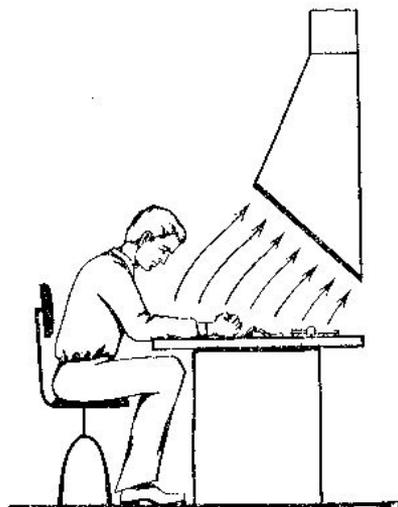
а)



б)



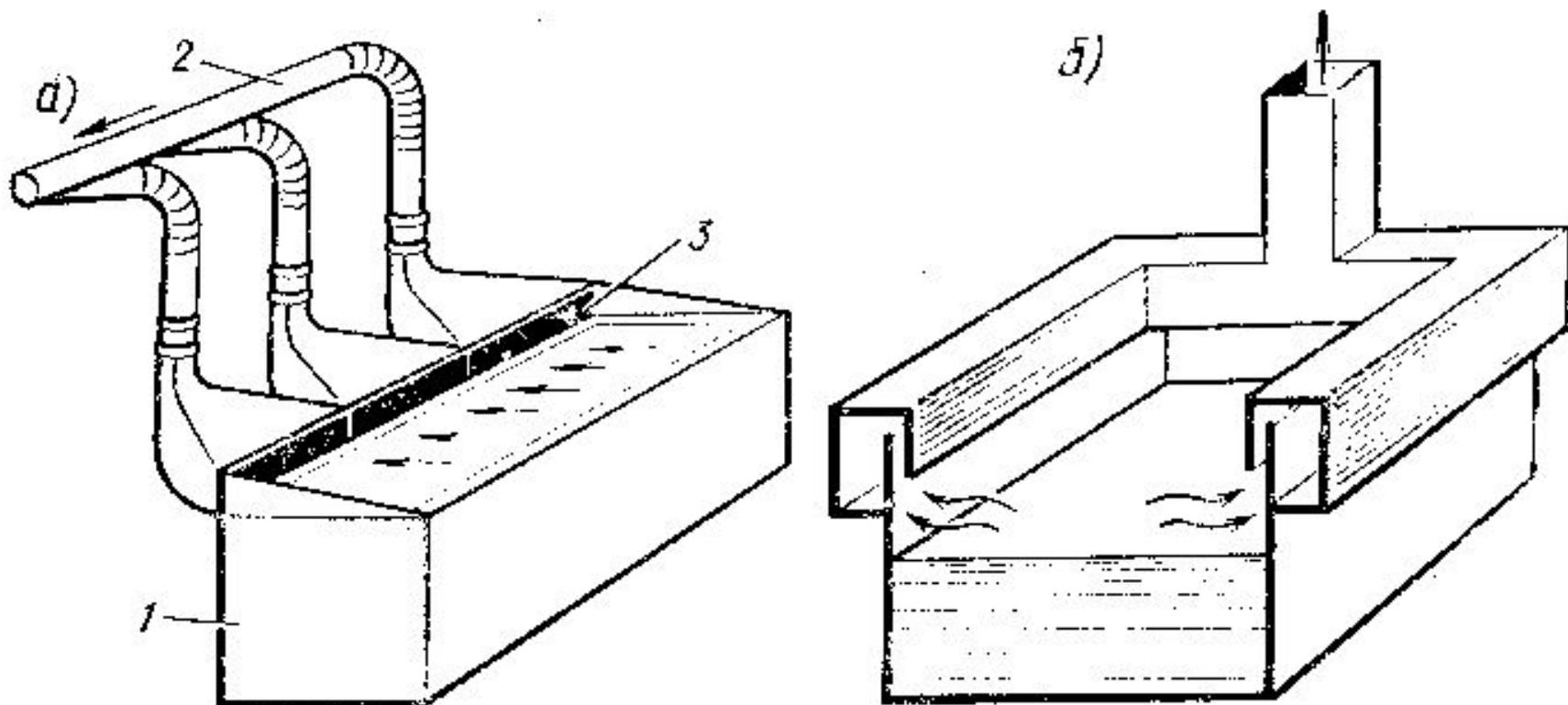
в)



в)

## Местная вытяжная вентиляция

- а - вытяжная панель;
- б - поворотная панель;
- в - установка вытяжной панели на рабочем месте.



### Бортовые вытяжные устройства

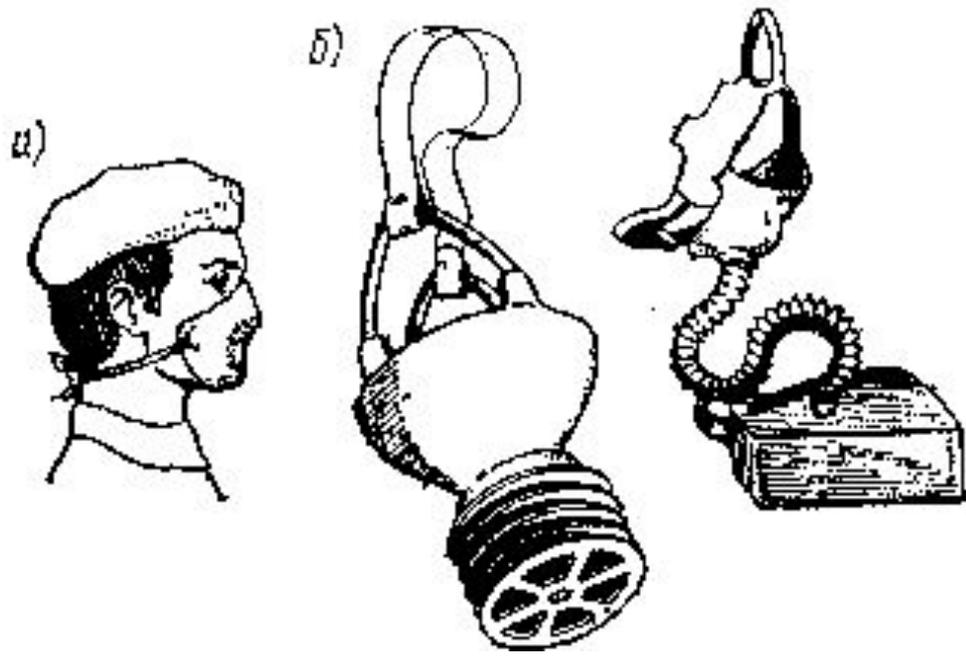
а - односторонняя вытяжка;

б - двусторонняя вытяжка;

1 - корпус гальванической ванны;

2 - воздуховоды;

3 - щели для прохождения загрязнённого воздуха.



Индивидуальные средства защиты от вредных веществ

- а - респиратор «Лепесток»;
- б - универсальные респираторы РУ-60М.

# Воздействие на гидросферу

## Состав гидросферы:

- Океаны, моря-94%
- Поверхностные воды-0,03%
- Подземные воды-4,0%
- Снег и льды-2,0%

В России забирается ежегодно 80 км<sup>3</sup> вод, сбрасывается 51,3 км<sup>3</sup>, из них 18,5 (36,1%) загрязненные

## Структура водопотребления в РФ

- Производственные нужды-59,1%
- Хозяйственное водопотребление-0,7%
- Орошение-12,6%
- Сельхозпотребление-1,3%
- Прочие нужды-6,3%

## Сброс загрязненных вод, тыс. тонн /год

Загрязняющее вещество	годы		
	2000	2002	2004
нефтепродукты	5.6	5.1	6.6
Взвешенные вещества	554.7	446.5	392.0
Фосфор общий	26.4	25.1	23.3
фенол	0.07	0.05	0.05
СПАВ	2.9	2.5	2.2
медь	0.3	0.1	0.1
железо	8.2	6.5	5.5
цинк	0.7	0.5	0.5

# Гигиенические показатели качества воды

1) Физические (сравнение с дистиллированной по специальным шкалам):

- Содержание взвешенных веществ (мутность)
- Содержание органики (цветность)
- Запах и вкус (органолептика)
- Прозрачность

2) Химические:

- Жесткость (общая, карбонатная, некарбонатная)
- Содержание тяжелых металлов
- Содержание ПАВ
- Содержание растворенных газов
- Содержание органических веществ (ХПК, БПК)
- Активная реакция (водородный показатель pH)

3) Бактериологический (коли-индекс)

## Способы защиты водного бассейна (очистки вод)

Способы защиты:

- Нормирование и контроль предельно допустимых концентраций и нормативно допустимых сбросов (НДС)
- Организация водоохранных зон
- Применение технических средств защиты:
  - \*\* организация и применение систем замкнутого водопользования
  - \*\* механическая очистка (отстойники, нефтеловушки, гидроциклоны, фильтры, ультрафильтры)
  - \*\* физико-химические методы (нейтрализация реагентами, окисление, коагуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен, диализ, мембранная очистка)
  - \*\* биологическая очистка

# Физические факторы окружающей среды и защита от них

## 1. Волновые колебания и их характеристики

Основные параметры воздействия:

- Амплитуда ( $a$ ), м
- Период колебаний ( $T$ ), с
- Частота колебаний ( $f$ ), 1/с
- Мощность источника ( $W$ ), Вт
- Интенсивность колебаний ( $I$ ), Вт/м<sup>2</sup>
- Скорость распространения волны ( $C$ ), м/с
- Длина распространения волны ( $\lambda$ ), м
- Давление в среде ( $p$ ), Па

$$f=1/T$$

$$I=W/F$$

$$I=W/4\pi r^2$$

$$C=\lambda/T$$

$$P=P_{CP}-P_{ATM}$$

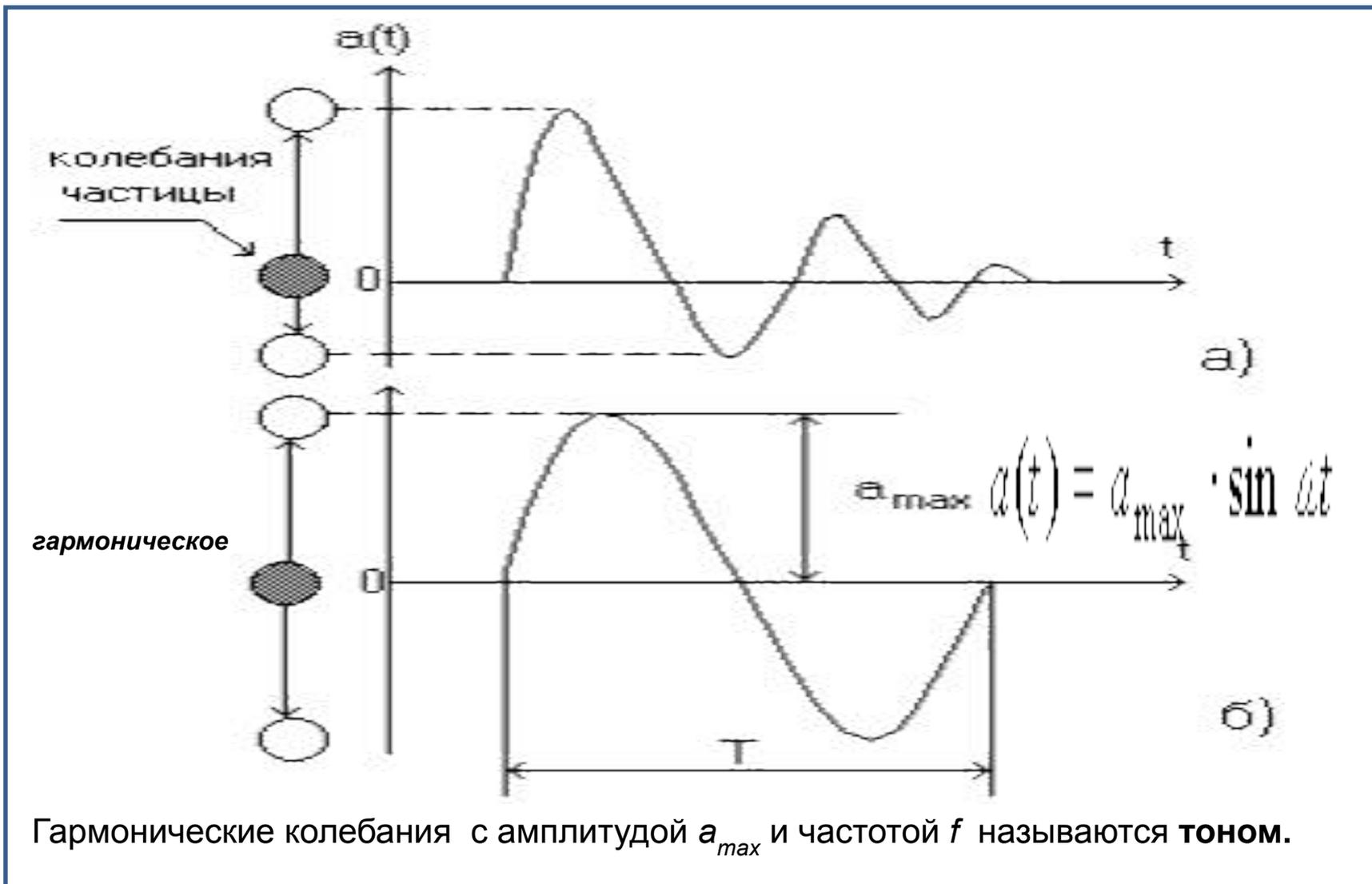
# ЗВУК

**Звук**- слуховые ощущения человека, вызываемые механическими колебаниями упругой среды, воспринимаемые в **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**

# Звук- волновое колебание упругой среды



# Законы гармонического колебания

Простейший колебательный процесс описывается *синусоидой*

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

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.

Среда, в которой происходит распространение волны- **поле**

# Звуковое давление-параметр звука



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  $p_{cp}$  в данный момент, и атмосферным давлением  $p_{атм}$ , называется **звуковым давлением**. В акустике этот параметр является основным, через который определяются все остальные.

$$p_{зв} = p_{cp} - p_{атм}$$

# Энергетические характеристики звуковой волны

Звуковая волна является носителем энергии в направлении своего движения. Количество энергии  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>, переносимой звуковой волной за одну секунду через сечение площадью 1 м<sup>2</sup>, перпендикулярное направлению движения, называется **интенсивностью звука**.

Связь между интенсивностью звука и звуковым давлением определяется соотношением:

$$I = p^2 / 2 \rho c,$$

$p$  - звуковое давление,  $\rho$  - плотность среды,  $c$  - скорость распространения волны

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

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

# ЗВУК и его характеристики

**Звук**- колебательное движение упругой среды

Характеристики звука:

- **Звуковое давление  $p$ , (Па)**
- **Интенсивность  $I$ , (Вт/м<sup>2</sup>)**
- **частота  $f$ , (Гц):**
- **громкость**

$$I = p^2 / \rho c,$$

где  $\rho$ -плотность среды,  $c$ -скорость волны

\*\*низкочастотный (<350 Гц)

\*\*инфразвук < 20 Гц

\*\*высокочастотный (> 800 Гц)

\*\*ультразвук > 20000 Гц

\*\*среднечастотный (350-800 Гц)

**Громкостью звука называют интенсивность (силу) слуховых ощущений.**

Ухо человека имеет различную чувствительность к звукам различных частот. Для учета этого обстоятельства можно выбрать некоторую *опорную частоту*, а восприятие остальных частот сравнивать с нею.

По договоренности *опорную частоту* приняли равной 1 кГц (по этой причине и порог слышимости  $I_0$  установлен для этой частоты).

Для остальных частот громкость определяют путем сравнения интенсивности слуховых ощущений с громкостью звука на *опорной частоте*.

**Громкость звука равна уровню интенсивности звука (дБ) на частоте 1 кГц, вызывающего у «среднего» человека такое же ощущение громкости, что и данный звук.**

# ШУМ

**Шум-комплекс беспорядочных звуков, различных по частоте и интенсивности**

*Частотный спектр шума:*

октава	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частота, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

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

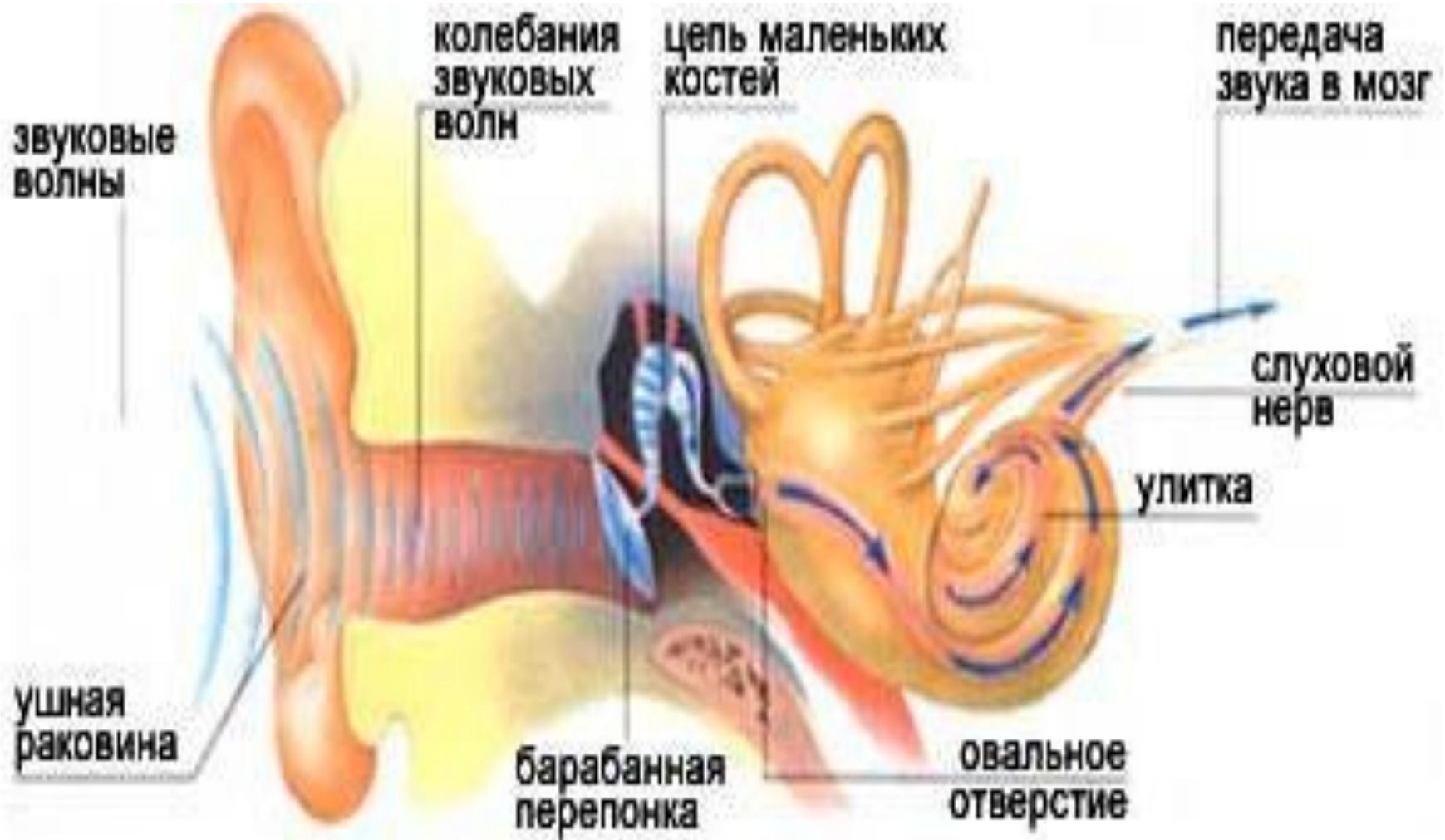
*среднегеометрической частотой-*

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

## 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)
	непостоянные:  колеблющиеся во времени  прерывистые  импульсные	Уровень звука за 8 часовой рабочий день изменяется более чем на 5 дБ(А)  Уровень звука непрерывно изменяется во времени Уровень звука изменяется ступенчато не более чем на 5 дБ(А), длительность интервала 1с и более Состоят из одного или нескольких звуковых сигналов, длительность интервала меньше 1с

# Органы слуха



# Восприятие звуковых колебаний

Слуховая система человека включает наружное, среднее и внутреннее ухо, слуховой нерв и центральные слуховые пути.

Колебания *барабанной перепонки* передаются во внутреннее ухо, где звук воздействует на чувствительные *нервные окончания*, реагирующие, каждое на колебания определённой частоты. Механические колебания преобразуются в органе слуха в *электрические потенциалы*.

**Основными параметрами звуковых волн являются интенсивность и частота колебаний**, которые субъективно в слуховых ощущениях воспринимаются как **громкость** и **высота тона** (звуки более высоких частот воспринимаются как более громкие )  
**По частоте область слуховых ощущений лежит от 20 до 20000 Гц.**  
Зона слышимости звука ограничена двумя кривыми : **порогом слышимости** (1) и **порогом болевого ощущения** (2).

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

Ухо реагирует на эффект сравнения:  $p/p_0$  или  $I/I_0$

**Стандартным** порогом слышимости называют эффективное значение звукового давления (интенсивности), создаваемого гармоническим колебанием с частотой  $f = 1000$  Гц, едва слышимым человеком. **Стандартному порогу слышимости** соответствуют:

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \text{ или } I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2.$$

Верхний предел звуковых давлений, ощущаемых слуховым аппаратом человека, ограничивается **болевым ощущением** и принят равным

$$p_{\max} = 20 \text{ Па} \text{ и } I_{\max} = 1 \text{ Вт/м}^2.$$

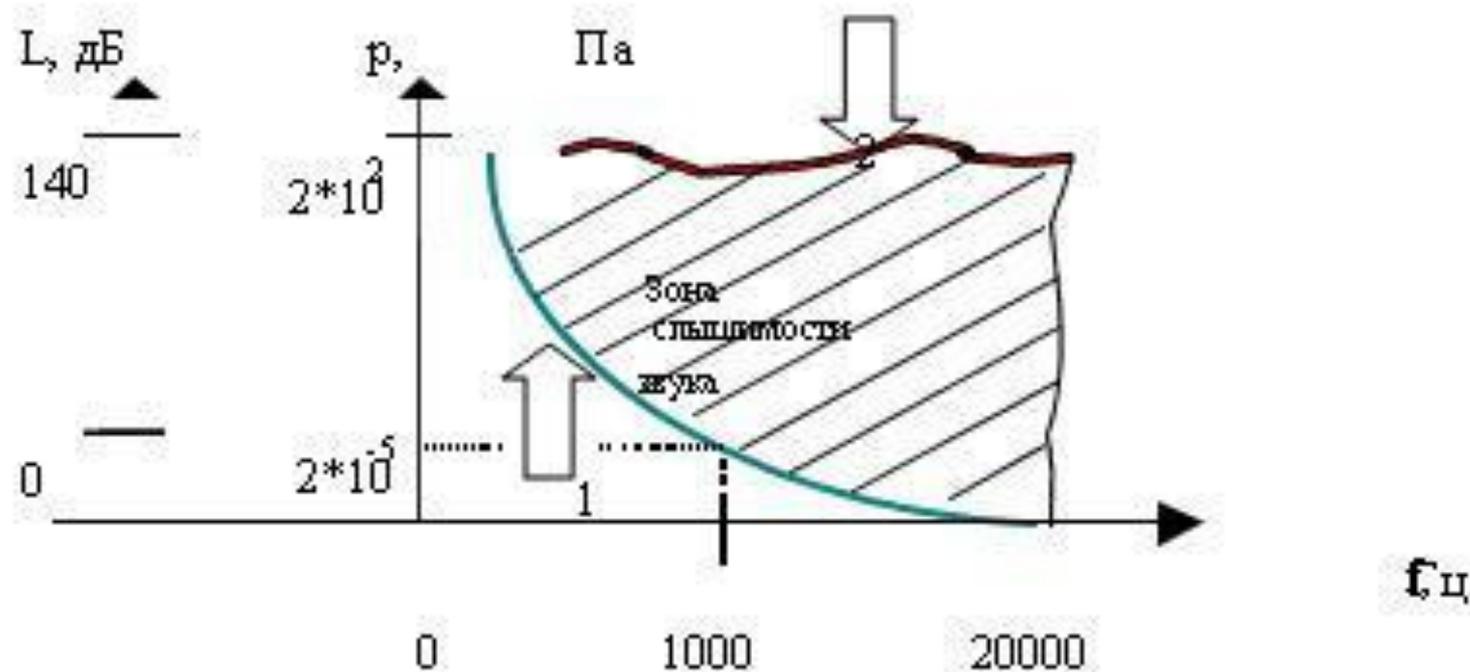
Для характеристики значений звукового давления  $p_{зв}$  и интенсивности  $I$  были введены **логарифмические величины** ( $L$ ) **уровни**, выраженные в безразмерных единицах – **децибелах**, дБ

**Уровнем интенсивности** называют десятичный логарифм отношения интенсивности звука к порогу слышимости:

$$L_{\text{дБ}} = 10 \lg(I/I_0) = 20 \lg(\Delta P/\Delta P_0).$$

**увеличение интенсивности звука в 10 раз соответствует 1 Белу (Б) – 1Б = 10 дБ**

## Зона слышимости звука



Порог слышимости (1) зависит от частоты, а порог болевого ощущения (2) имеет слабую частотную зависимость. Уровень звука на пороге слышимости равен 0дБ при звуковом давлении  $2 \cdot 10^{-5}$  Па, а на пороге болевого ощущения 140дБ при звуковом давлении  $2 \cdot 10^2$  Па. Область, расположенная между порогами, называется зоной слышимости звука.

# Уровни звука

В акустике согласно закону Вебера -Фехнера оперируют логарифмическими значениями интенсивностей или звуковых давлений (уровнями):

Уровень интенсивности звука  $L=10 \lg I/I_0$  (дБ)

Уровень давления звука  $L^*=20 \lg p/p_0$  (дБ)

Уровень громкости звука-  $E$  уровень интенсивности звука частотой 1000 Гц, столь же громкого для слуха, как и измеряемый звук с другой частотой .

Для чистого тона с частотой 1 кГц громкость ( $E$ ) принимают равной уровню интенсивности  $E = 10 \lg(I/I_0)$ .

**1 фон**-разность уровней громкости двух звуков (данной частоты и стандартной-1000 Гц) отличаются по интенсивности (звуковому давлению) на 1 дБ.

При частоте 1000 Гц порог болевого ощущения **120 дБ**

Уровень громкости, дБ	Характеристика среды
10-50	Комфортные условия
50-60	Вредно для нервной системы
80-90	Необратимые изменения слуха
120-140	Повреждение органов слуха

## Закон Вебера-Фехнера для звука

Уровень ощущения звука  $L$  пропорционален логарифму интенсивности  $I$ , отнесённой к интенсивности  $I_0$  на пороге слышимости.

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0},$$

где  $I$ ,  $p$  - действующие значения интенсивности и звукового давления;

$I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>,  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па - интенсивность и звуковое давление на пороге слышимости.

Уровень звука  $L$  оценивают в относительных логарифмических единицах - ДЕЦИБЕЛАХ (дБ).

# 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)
	непостоянные:	Уровень звука за 8 часовой рабочий день изменяется более чем на 5 дБ(А)
	колеблющиеся во времени	Уровень звука непрерывно изменяется во времени
	прерывистые	Уровень звука изменяется ступенчато не более чем на 5 дБ(А), длительность интервала 1с и более
	импульсные	Состоят из одного или нескольких звуковых сигналов, длительность интервала меньше 1с

## Суммирование уровней шума

$$90 \text{ дБ} + 90 \text{ дБ} = 93 \text{ дБ}$$

$$80 \text{ дБ} + 74 \text{ дБ} = 81 \text{ дБ}$$

$$100 \text{ дБ} + 40 \text{ дБ} = 100 \text{ дБ}$$

$$70 \text{ дБ} + 70 \text{ дБ} + 70 \text{ дБ} = 75 \text{ дБ}$$

$$L_{\text{сум.}} = 10 \lg(2 * I / I_0) = 10 \lg(I / I_0) + 10 \lg 2 = L + 3 \text{ дБ.}$$

Уровни шума являются логарифмическими величинами и их нельзя непосредственно складывать. Для этого применяют правило суммирования уровней:

$$L_{\text{сум.}} = L_6 + \delta L$$

$L_6$  - больший из суммируемых уровней  
 $\delta L$  - добавка к большему уровню, определяемая по таблице в зависимости от разности уровней.

Если один из суммируемых уровней меньше другого на 10 дБ, то он не учитывается

$L_1 - L_2$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	12
$\delta L, \text{ дБ}$	3	2,7	2,2	1,8	1,4	1,2	0,9	0,8	0,7	0,3

Ан

Для  $n$  одинаковых уровней  $L_1$

$$L_{\text{сум.}} = L_1 + 10 \lg n$$

# Восприятие шума человеком

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

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 .

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

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.

Оценку непостоянного шумового загрязнения среды проводят по

**эквивалентному уровню энергии шума  $E_{\text{ЭКВ}}$** , который определяется математическим методом и соответствует по энергии уровню соответствующего постоянного шума

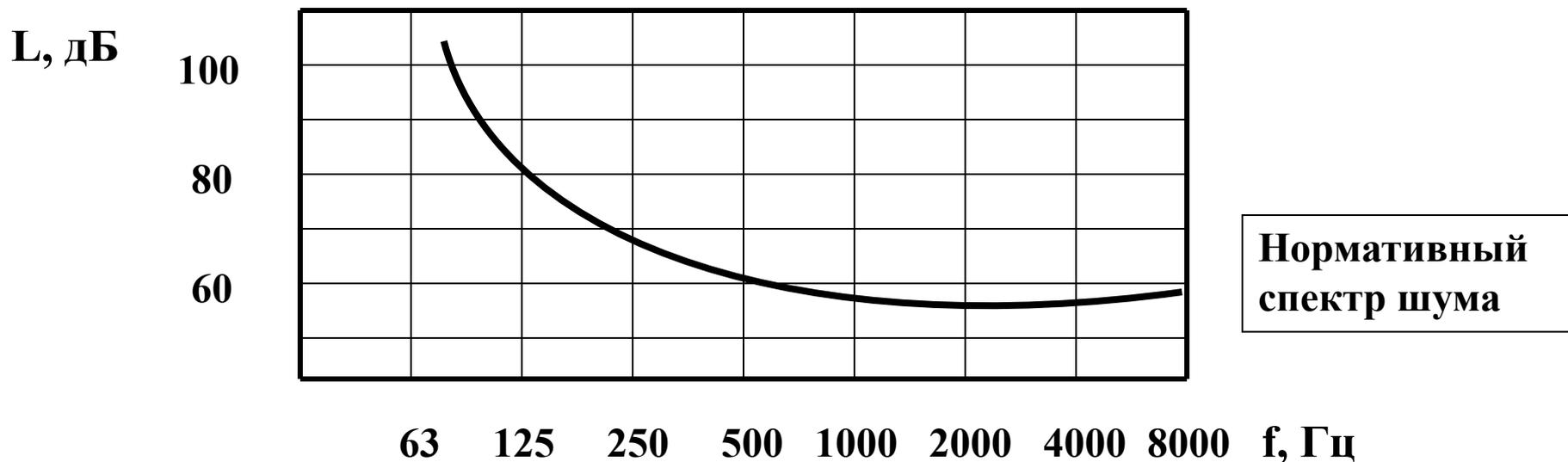
$$E_{\text{ЭКВ}} = (1/t_{\text{ш}}) \int_0^{t_{\text{ш}}} E_{\text{ш}}(t) dt$$

где  $t_{\text{ш}}$  - время действия шума;

$E_{\text{ш}}(t)$  - изменение энергии шума во времени.

# Построение спектра шума

По характеру спектра шумы делят на широкополосные и смешанные, в которых присутствуют тональные составляющие. По временной характеристики их делят на постоянные и непостоянные, а последние оценивают эквивалентным уровнем звука.



Кроме спектральной характеристики шум оценивают одним числом — уровнем звука в дБА. Это общий уровень шума, откорректированный в соответствии с кривой слышимости.

# Эквивалентный уровень шума

Обычно на человека действует непостоянный шум, который оценивают эквивалентным уровнем  $L_{\text{э}}$ , то есть уровнем постоянного шума, оказывающим по энергии такое же воздействие, как и данный непостоянный.

$$L_{\text{э}} = L_i + 10 \lg \left( \frac{t_i}{T} \right)$$

где  $L_i$  - составляющий уровень шума (дБ) при его действии за время  $t_i$  при общей экспозиции шума  $T$ .

Пример

Найти эквивалентный уровень шума, если  $T = 4$ ч,

$L_1 = 90$ дБА,  $t_1 = 1$ ч,  $L_2 = 88$ дБА,  $t_2 = 2$ ч.

$$L_{\text{э}1} = L_1 + 10 \lg \frac{t_1}{T} = 90 + 10 \lg \frac{1}{4} = 87 \text{ дБА}; \quad L_{\text{э}2} = 88 + 10 \lg \frac{2}{4} = 85 \text{ дБА}$$

По правилу сложения уровней при разности между ними 2дБА добавка к большему уровню составляет 2,2 дБА

поэтому эквивалентный уровень шума равняется 89,2дБА

# Уровень громкости шума от некоторых ИСТОЧНИКОВ

Уровень громкости, дБ	Источник шума
160	Выстрел из орудия на расстоянии 1-2 м
110-100	Работа газокompрессорной станции
100-90	Железнодорожный транспорт на расстоянии до 20 м
100-80	Цех металлургического завода или кузнечный цех
95	Метро на скорости 60 км/час
90	Шум в самолете
80	Автоматгистраль на расстоянии до 7 м
60	Речь в аудитории
30-40	Шепот на расстоянии до 1 м

## Способы защиты:

- Понижение громкости источников
- Применение звукозащитных экранов
- Применение СИЗ

## Шкала громкости:

Уровень громкости, фон	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Громкость, сон	0	0.1	0.25	0,5	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512

# Шкала шумов

Результат воздействия	Уровень, дБ(А)	Восприятие воздействия
Шок, травмы	160	Ударная волна сверхзвукового самолета
Контузия	145	Старт ракеты, 100 м
Контузия	140	Реактивный самолет на взлете, 15 м
Болевой порог	130	Штамповочный автомат, 10 м
Почти невыносимо	120	Отбойный молоток, 1-2 м
Крайне шумно	100	Максимально допустимое давление в наушниках
Очень шумно	95	Вагон метро, оркестр
Очень шумно	85	Мотоцикл с глушителем, вагон поезда, 8 м. автомобиль 7 м
Шумно	65	Громкий разговор
Отчетливо слышно	55	Верхняя норма для офисного помещения, граница санитарной нормы жилой застройки
Довольно слышно	40	Норма для жилого помещения днем
Тихо	30	Допустимый максимум для жилого помещения ночью
Едва слышно	20	Шопот (1 м)
Почти не слышно	10	Тихий шелест листвы

# Распространение, воздействие и нормирование шума

## Распространение шума в открытом пространстве

Интенсивность шума **J** в точке открытого пространства:

$$J = \frac{W_a}{S},$$

где  **$W_a$**  - звуковая мощность источника шума, Вт;

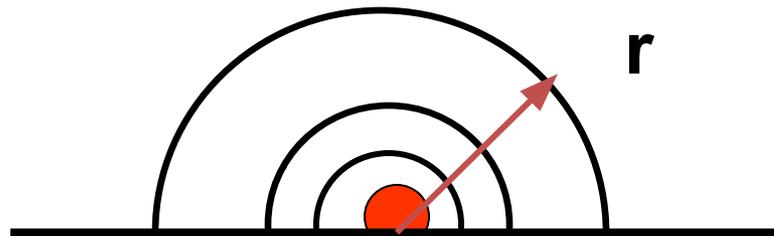
**S** - площадь измерительной поверхности, окружающей источник шума и проходящей через расчётную точку, м<sup>2</sup>.

Простейшей моделью источника шума является точечный источник, излучающий сферическую волну.

# Распространение шума в открытом пространстве (продолжение)

Если источник шума ● со звуковой мощностью  $P_a$  расположен на поверхности, то излучение шума происходит в полусферу  $S$  с радиусом  $r$  (м):

$$S = 2\pi r^2$$



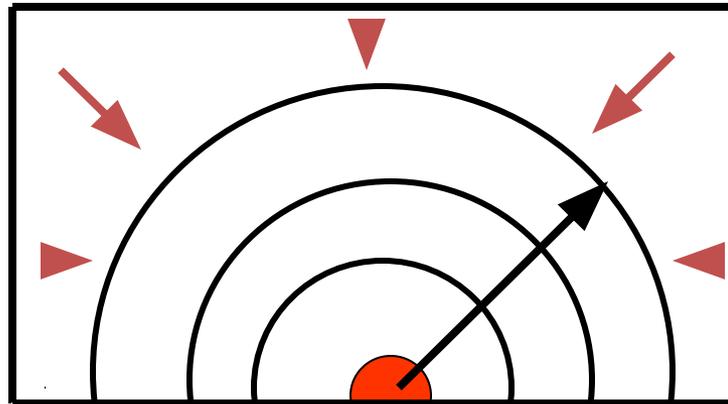
Переходя от абсолютных величин к относительным логарифмическим, уровни интенсивности шума  $L$  (дБ) от источника с уровнем звуковой мощности  $L_p$  (дБ) в точке открытого пространства можно определить по формуле:

$$L = L_p - 10 \lg 2\pi r^2 ,$$

Уровни интенсивности шума при удвоении расстояния уменьшаются на 6 дБ.

# Распространение шума в помещении с источником шума

В помещении, где установлен источник шума, интенсивность шума в любой точке складывается из интенсивности прямого шума  $J_{пр.}$  и шума многократно отражённого от стен помещения  $J_{отр.}$



Отражённый шум упрощённо считается диффузным, то есть имеющим одинаковую плотность звуковой энергии во всех точках помещения, а прямой шум спадает с расстоянием от источника.

$$J_{сум.} = J_{пр.} + J_{отр.}$$

Интенсивность суммарного шума

# Распространение шума в помещении с источником шума (продолжение)

Статистическая теория звукового поля в помещении, используя аппарат теории вероятностей, даёт зависимость для определения интенсивности отражённого шума:

$$J_{отр.} = \frac{4P_a}{Q}; \quad Q = \frac{\alpha S_n}{1 - \alpha},$$

где **Q** - акустическая постоянная помещения (м<sup>2</sup>), которая характеризует его способность поглощать звуковую энергию; **α** - средний коэффициент звукопоглощения; **S<sub>п</sub>** - полная площадь ограждений помещения, м<sup>2</sup>.

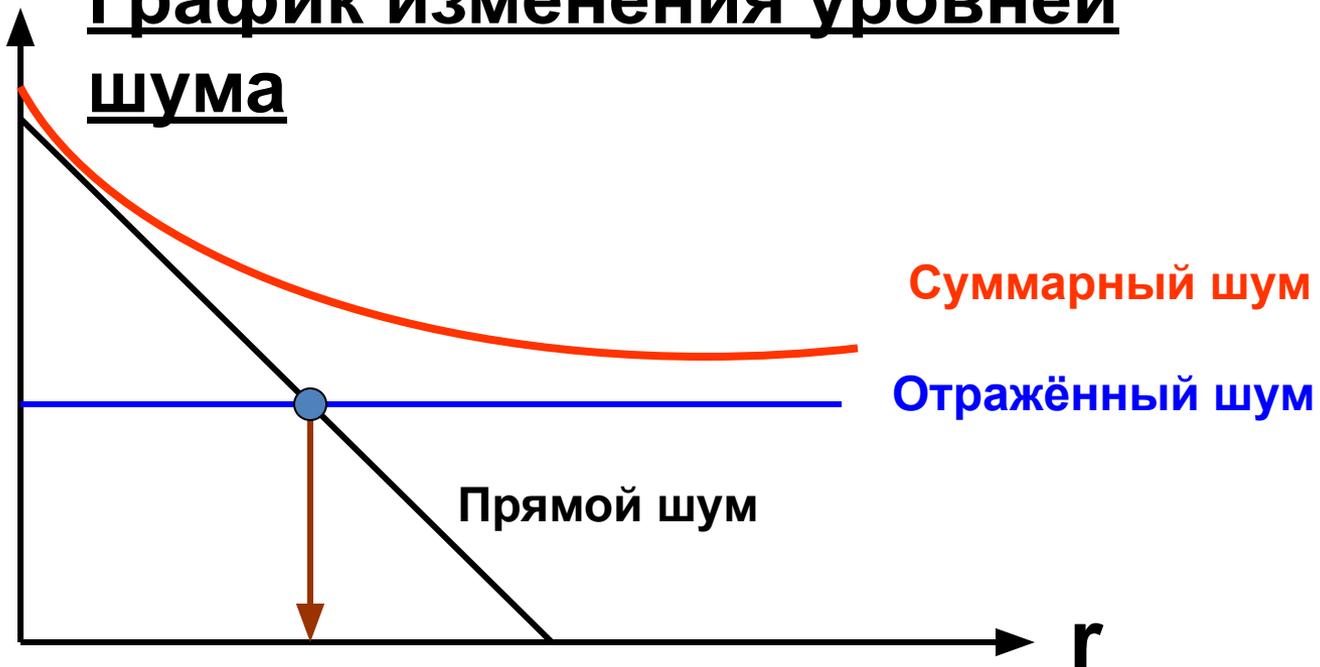
**Уровни шума (дБ) в помещении с источником шума**

$$L = L_p + 10 \lg \left( \frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{Q} \right)$$

# Распространение шума в помещении с источником шума (продолжение)

## График изменения уровней шума

Изменение уровней шума

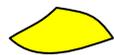
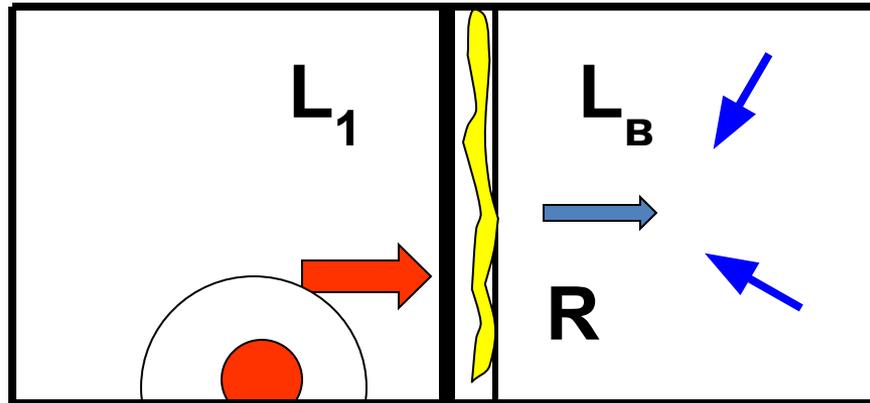


**Зона прямого шума**

**Зона отражённого шума**

Логарифмическая шкала расстояний

# Распространение шума в помещение смежное с шумным



-- звукопоглощающий материал в воздушном промежутке двустенной разделяющей конструкции

Уровни шума  $L$  (дБ) в смежном помещении

$$L = L_1 - R + L_\alpha ,$$

где  $L_1$  - уровни шума перед разделяющей стенкой, дБ;

$R$  - звукоизоляция разделяющей стенки, дБ;

$L_\alpha$  - величина, учитывающая звукопоглощение в смежном помещении, дБ.

# Нормирование шума

Санитарные нормы устанавливают:

## 1. Допустимые уровни звукового давления (дБ) по А-шкале шумомера

Зона действия звука	Время суток			
	7=00:23-00		23-00:7-00	
	ЛЭКВ	Lmax	ЛЭКВ	Lmax
Служебные помещения	40	55	-	-
Жилые комнаты	40	55	30	45
Номера гостиниц, общежитий, больниц	45	60	35	50
Территория жилой зоны	55	70	45	60
Залы ожидания вокзалов	60	75	-	-

\*Максимальный уровень шума- максимальные значения показаний шумомера за время измерений в течение наиболее шумных 30 мин

\*\*Эквивалентный уровень шума- определяется:

1)Проводят измерения шума через 5 сек

2)Измеренные величины разбивают на классы с диапазоном 5 дБ и средним значением  $L_I$

3) $L_I = 10 \lg(0,01 \sum t_i * 100,1 L_i)$   $t_i$ - относительное время действия шума давлением  $L_i$ , %

## 2. По дозе шумового воздействия:

$D = \int p_2(t) dt < p_{\text{доп}} 2T$ , где  $T$ -время действия,  $p_{\text{доп}}$ - допустимое звуковое давление, Па.

**Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука в производственных помещениях и на территории предприятия**

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука, дБА
	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
КБ, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Кабинеты, рабочие комнаты	93	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Участки точной сборки	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Помещения ИВЦ	107	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Рабочие места и территория	110	99	92	86	83	80	78	76	74	85

# Измерение шума

Стандартными величинами, подлежащими измерению, для постоянных шумов в контрольных точках являются:

- уровень звукового давления  $L_p$ , дБ, в октавных или третьоктавных полосах частот
- корректированный по шкале А уровень звука  $L_A$ , дБА,

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

**Шумоизмерительные приборы ( шумомеры)** состоят 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 (pic) - импульс. Шкалу F применяют при измерениях постоянных шумов, S - колеблющихся и прерывистых, I - импульсных.

По точности шумомеры делятся на четыре класса: 0, 1, 2 (для технических измерений в частотах от 20 Гц до 8000 Гц), 3.

Для измерения производственных шумов преимущественно используется **ВШВ-003-М2**, относящийся к шумомерам I класса точности и позволяющий измерять корректированный 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.

# Уменьшение шума

## Классификация средств

### 1. Уменьшение шума в источнике возникновения

Наиболее рациональное средство, но часто требует серьезного конструктивного изменения машины.

### 2. Организационно-технические мероприятия

Уменьшение времени воздействия шума (ДУ)

### 3. Средства коллективной защиты

а) Архитектурно-планировочные мероприятия.

б) Конструктивные средства. 

Кожухи, экраны, глушители  
звукопоглощающие и  
звукоизолирующие  
конструкции

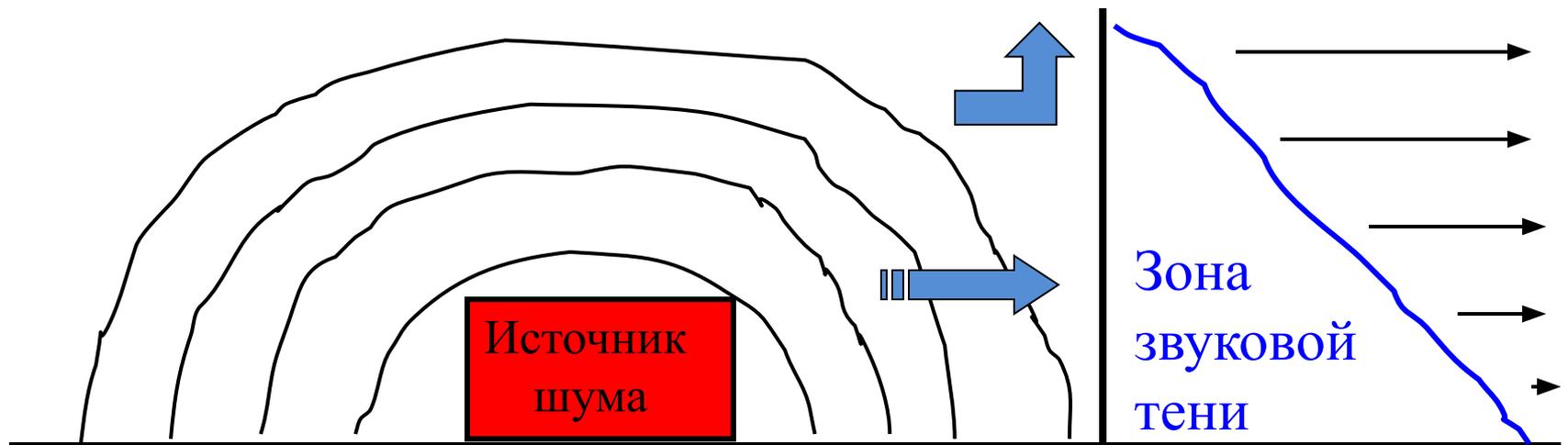
### 4. Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

Наушники, заглушки, шлемы

# Принципы экранирования

Конструктивные средства уменьшения шума основаны на использовании этих принципов.

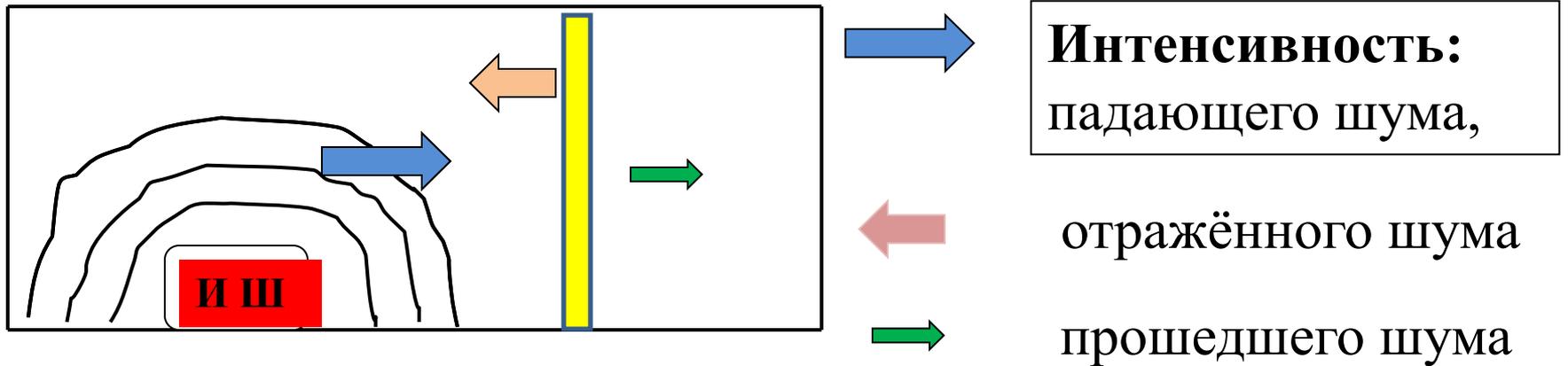
1. **Экранирование** – способность преград создавать зону звуковой тени



Эффективность экрана зависит от длины звуковой волны по отношению к размерам препятствия, то есть от частоты колебаний. В помещении из-за наличия отражённого шума эффект экрана меньше, чем в открытом пространстве.

# Принципы звукоизоляции

2. **Звукоизоляция** - способность преград отражать звуковую энергию.



Звукоизоляция одностенной конструкции **R** (дБ) определяется законом «массы»

$$R = A \lg (f \delta) - C ,$$

где  $f$  - частота колебаний, Гц;  
 $\delta$  - поверхностная масса стенки, кг/м<sup>2</sup>;  
 $A, C$  - эмпирические коэффициенты.

# Принципы звукопоглощения

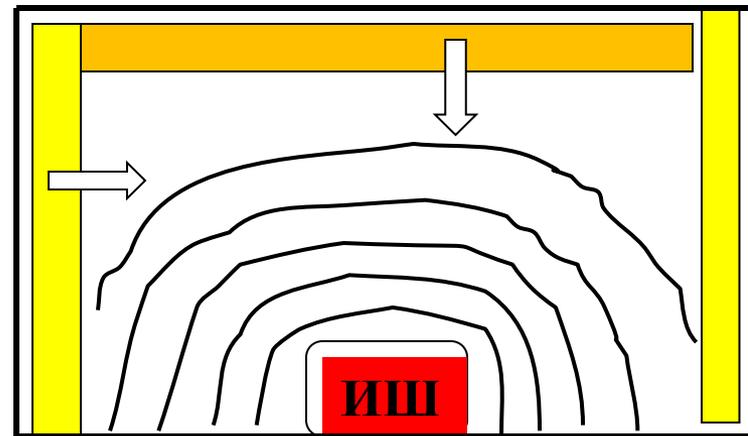
## 3. Звукопоглощение -

способность пористых и рыхло-волоконнистых материалов, а также резонансных конструкций поглощать звуковую энергию.

В помещении с источником шума уровни шума определяются прямым и отражённым шумом.

Прямой шум источника

Отражённый шум

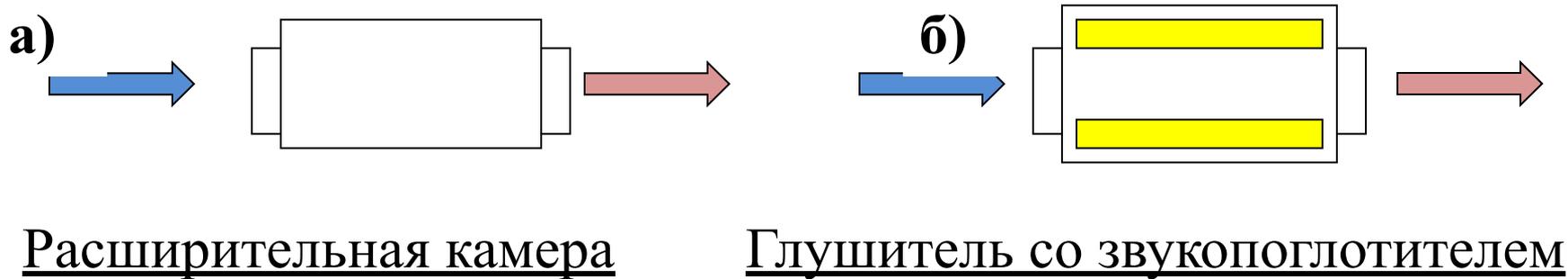


Звуко-поглощающий материал

Звукопоглощающий материал, установленный на стенах помещения, уменьшает составляющую отражённого шума.

# Конструктивные средства уменьшения шума

Для уменьшения аэродинамического шума применяют реактивные (а) и активные (б) глушители.



Звукоизоляция источника шума обеспечивается кожухом (а), а звукоизоляция рабочего места - изолированной кабиной (б)

**а)** Кожух со звукопоглотителем

**б)** Изолированная кабина



# Инфразвук и ультразвук

**Инфразвук**- «голос моря» (16-25 Гц):

*Источники* -гром, взрывы, землетрясения

*Характерная черта*-малое поглощение

*Нормируемый параметр*- предельно допустимый уровень звукового давления (в октавных полосах 2,4,8,16-90 дБ)

**Ультразвук**-частота от 20 кГц до 1 МГц

Вредное влияние-нарушение ЦНС, головная боль, утомляемость, потеря слуха, изменение состава крови

Нормирование- в частотах от 11 до 20 КГц предельно допустимые уровни звукового давления 75-110дБ

Защита:

- Использование оборудования более высоких частот
- Выполнение оборудования в закрытом исполнении (кожухи, кабины)
- Экранирование
- Исключение контакта с инструментом
- Применение СИЗ

# Защита от шума

*Защита от шума обеспечивается:*

- разработкой шумобезопасной техники,
- применением средств и методов коллективной защиты, в том числе строительно-акустических,
- применением средств индивидуальной защиты.

**Коллективные средства защиты** подразделяются на :

*средства, снижающие шум в источнике 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. Подразделяются на : [механического](#), [механического](#), [аэродинамического](#) и [гидродинамического](#), [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.

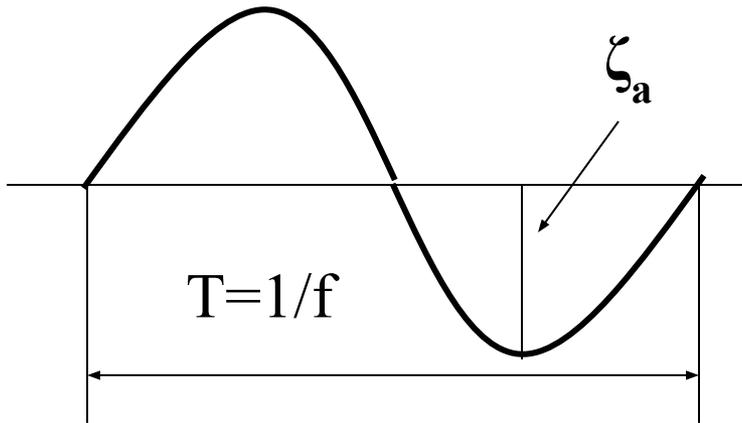
**Средства индивидуальной защиты** (СИЗ- противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся. Наиболее эффективны СИЗ, как правило, в области высоких частот.

# Вибрация

## Физические характеристики вибрации

**Вибрация** - это механические колебания в твёрдых телах.

Простейший вид колебаний - гармонические.



Вибрацию оценивают частотой **f** (Гц) или периодом колебаний **T** и одним из трёх параметров:

Амплитудой вибросмещения  $\zeta_a$

Амплитудой виброскорости  $V_a = \zeta_a \omega$

Амплитудой виброускорения  $A_a = \zeta_a \omega^2$

$$\omega = 2 \pi f \quad - \text{ круговая частота}$$

**Вибрация** - колебания, распространяющиеся через плотные среды

**Осязание** - восприятие прикосновения, давления, растяжения через раздражение рецепторов, кожи, слизистой оболочки и преобразование ЦНС сигнала в соответствующий вид чувствительности

*Пороги ощущения тактильного анализатора и болевого ощущения:*

- Кончики пальцев – от 3 г/мм<sup>2</sup> до 300 г/мм<sup>2</sup>
- Кожа живота – от 26 г/мм<sup>2</sup> до 200 г/мм<sup>2</sup>

**Вибрация:**

- Общая и локальная
- Высокочастотная и низкочастотная (наибольшая чувствительность – 100-250 Гц)

**Действие на организм:**

Сосудистые нарушения, поражение нервной системы, изменения в мышечной ткани и костно-суставная патология

**Показатели вибрационной нагрузки:**

1) Виброскорость ( $V$ , мм/с) и виброускорение ( $a$ , мм/с<sup>2</sup>)

Пороговые значения (чувствительность рецепторов) :  $V^* = 5 \times 10^{-8}$  мм/с,  
 $a^* = 10^{-6}$  мм/с<sup>2</sup>

2) Частота

3) Продолжительность воздействия

**Нормирование:**

- Среднеквадратичные значения виброскорости (виброускорения)
- Логарифмические уровни виброскорости ( $L_V$ , дБ), виброускорения ( $L_a$ , дБ)

$$L_V = 20 \lg V / 5 \times 10^{-8}$$

$$L_a = 20 \lg a / 10^{-6}$$

# Уровень ощущения вибрации

Степень ощущения вибрации оценивают по закону Вебера-Фехнера логарифмической относительной величиной - **уровнем виброскорости  $L_v$**  в децибелах.

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0},$$

где  $V$  - действующее среднеквадратичное значение виброскорости, м/с;

$V_0$  - пороговая виброскорость, равная  **$5 \cdot 10^{-8}$  м/с.**

**Среднеквадратичная виброскорость в 1,4 меньше амплитудного значения.**

Вибрации машин и механизмов являются сложными колебаниями, которые могут быть представлены суммой гармонических колебаний. Вибрацию, как и шум, характеризуют спектром в октавных полосах частот, который можно представить графически.

# Классификация вибрации

Низкочастотную вибрацию по способу передачи на человека делят на две группы:

1. **Общая**, которая действует на тело сидящего или стоящего человека и оценивается в октавных полосах

**$f = 2, 4, 8, 16, 31,5; 63$  Гц.**

2. **Локальная**, которая передаётся через руки на частотах  **$f = 8, 16, 31,5; 63, 125, 250, 500, 1000$  Гц.**

Общую вибрацию по источнику возникновения делят на три категории:

1. **Транспортная** (подвижные машины на местности).
2. **Транспортно-технологическая** (краны, погрузчики).
3. **Технологическая** (рабочие места).

# Воздействие вибрации на человека и её нормирование

При действии вибрации высоких уровней возникают болезненные ощущения и патологические изменения в организме.

1. Болезненные ощущения вызываются резонансом внутренних органов, появляются боли в пояснице, а при локальной вибрации - спазм сосудов, онемение пальцев и кистей рук.

2. При длительном воздействии вибрации возможно развитие **вибрационной болезни**, тяжёлая стадия которой неизлечима. Вибрация отрицательно воздействует на ЦНС, возникают головные боли, головокружение, нарушение сердечной деятельности, расстройство вестибулярного аппарата.

**Санитарные нормы** устанавливают допустимые значения: уровня виброскорости (дБ), виброскорость (м/с) и виброускорение (м/с<sup>2</sup>).

Учитывается время воздействия вибрации.

# Вибрация (продолжение)

## Характеристики источников вибрации

Источник вибрации	Виброскорость, мм/с
Рельсовый транспорт	160-0,3
Промышленные установки	5-0,05
Строительная техника	1,6-0,02
Автотранспорт	0,07-0,005
Дневной фон в городе	0,02-0,006
Ночной фон в городе	0,01-0,003
Безопасный уровень	0,12
Осадка фундаментов	0,4-1,2
Повреждение зданий	5-8

### Методы защиты

- 1) Гигиеническое нормирование и контроль
- 2) Снижение в источнике
- 3) Исключение резонансных явлений
- 4) Виброгашение (массивные фундаменты, жесткое крепление)
- 5) Вибродемпфирование (материалы с большим внутренним трением)

# Уменьшения вибрации

## Классификация средств уменьшения вибрации

### **1. Уменьшение вибрации в источнике возникновения.**

Эти средства осуществляют в процессе проектирования и строительства машины. К ним относятся: центровка, динамическая балансировка, изменение характера возмущающих воздействий.

**2. Организационно-технические мероприятия,** которые включают уменьшение времени воздействия вибрации применением дистанционного управления, сокращение рабочего дня, устройство перерывов в работе.

**3. Средства коллективной защиты:** виброизолирующие крепления механизмов и рабочих мест, вибропоглощающие покрытия.

**4. Средства индивидуальной защиты:** виброзащитные рукавицы и обувь.

# Эффективность виброизоляторов

Для уменьшения вибрации применяют резиновые, пружинные или пневматические виброизоляторы, которые снижают динамическую силу, передающуюся от машины на фундамент.

Эффективность виброизоляции  $L_{\text{виб}}$  (дБ) - это разность уровней вибрации на фундаменте при жёстком  $N_{\text{ж}}$  (дБ) и эластичном  $N_{\text{эл}}$  (дБ) креплении машины.

$$L_{\text{виб}} = N_{\text{ж}} - N_{\text{эл}}$$

При выборе виброизоляторов решают две задачи: достижение высокой виброизоляции и обеспечение надёжности работы системы.

# Электромагнитные излучения (ЭМИ)

## Общие сведения

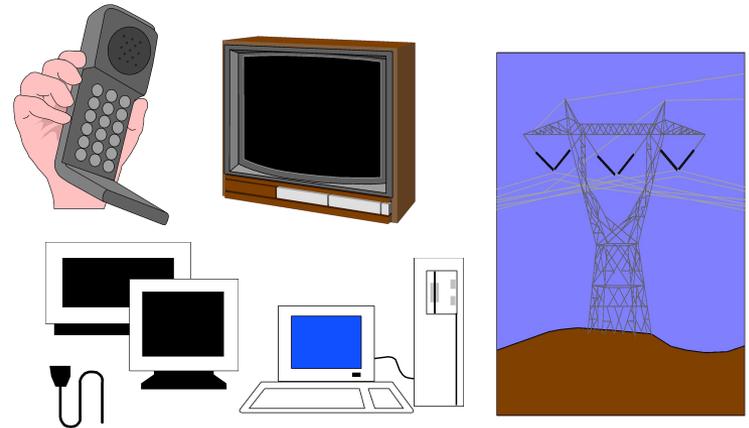
### Природные источники электромагнитных волн (ЭМВ):

Атмосферное электричество, излучение солнца, электрическое и магнитное поля Земли и др.

### Техногенные источники ЭМВ:

Трансформаторы, электродвигатели, телеаппаратура, линии электропередач, компьютеры, мобильные телефоны и др.

*Электромагнитное поле (ЭМП)-среда, где происходит распространение ЭМВ*



Процесс распространения ЭМП имеет характер волны, *при этом в каждой точке пространства происходят гармонические колебания напряжённости электрического  $E$  (В/м) и магнитного  $H$  (А/м) полей.*

Векторы  $E$  и  $H$  взаимно перпендикулярны. В воздухе  **$E = 377 H$** .

Квантовой моделью описывается процесс поглощения излучений.

# Электромагнитные излучения

Электромагнитное поле (ЭМП)-область распространения электромагнитных волн (ЭМВ)

**ЭМВ- колебательный процесс в среде, связанный с изменяющимися в пространстве и времени взаимосвязанными электрическими и магнитными полями**

*Физическая природа ЭМП:*

- Постоянное электрическое поле (эл. свойства )
- Постоянное магнитное поле (магнитные свойства)
- Движущиеся заряженные электрические частицы
- Фотоны (свет)

**Характеристики ЭМП и ЭМВ:**

1) **Вектор напряженности эл. поля  $E$ , (в/м)**-сила, действующая на единичный эл. заряд, помещенный в поле, создаваемое другим зарядом, находящимся на расстоянии в 1 м

2) **Вектор напряженности магнитного поля  $H$ , (а/м)**-сила, действующая на движущийся единичный электрический заряд в магнитном поле, создаваемом тонким бесконечно длинным проводнике, по которому течет ток в 1 а, на расстоянии в 1 м

3) **Магнитная индукция** (учитывает магнитные свойства веществ):

$$B = \mu_0 \mu_{ср} H = 4 \pi 10^{-7} \mu_{ср} H \quad (\text{тесла}),$$

где  $\mu_0$ --магнитная проницаемость в вакууме,  $\mu_{ср}$ - магнитная проницаемость в среде

$$\text{в вакууме } E = 377 H$$

4) **Длина волны,  $\lambda$ (м)**

5) **Частота колебаний  $f$ (1/с)**

6) **Скорость распространения волны в среде  $c = \lambda f$  (м/с)**      скорость света =  $3 \cdot 10^8$  м/с

# Электромагнитные излучения

Энергетические характеристики ЭМП

1) Интенсивность ЭМП:  $P = E \times H$

2) Плотность мощности излучения (плотность потока энергии) ППЭ в воздухе:

$$S = 377 H^2 = E^2 / 377 \quad (\text{Вт/м}^2)$$

3) Экспозиционная энергетическая доза (энергетическая нагрузка) Дэ:

$$D_{\text{э}} = \int S(t) dt, \quad (\text{Дж/м}^2)$$

$$\text{ЭН}_E = E^2 * T; \quad \text{ЭН}_H = H^2 * T$$

4) Удельная поглощенная энергия (энергия, поглощенная единицей массы вещества) :

$$SA = dW/dm, \quad (\text{Дж/кг})$$

5) Удельная поглощенная мощность проникающего излучения:

$$SAR = d(SA)/dt, \quad (\text{Вт/кг})$$

# Общие сведения по электромагнитным излучениям (продолжение)

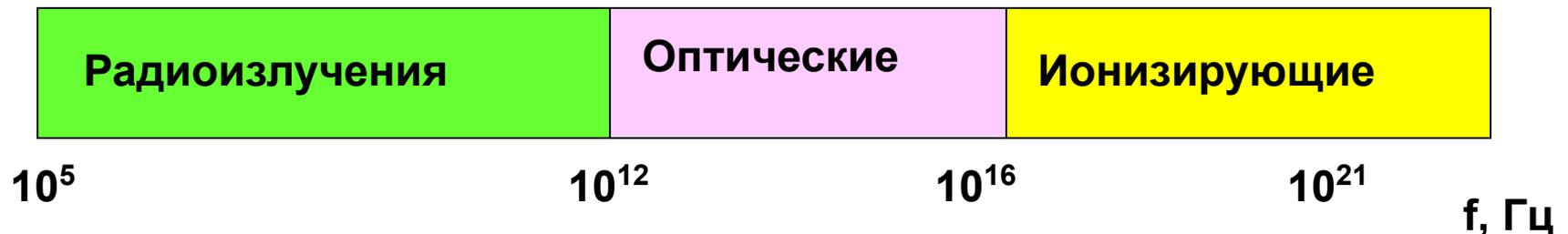
Длина волны  $\lambda$  (м) связана со скоростью распространения колебаний  $c$  (м/с) и частотой  $f$  (Гц) соотношением:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad \text{где } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с - скорость распространения электромагнитных волн в воздухе.}$$

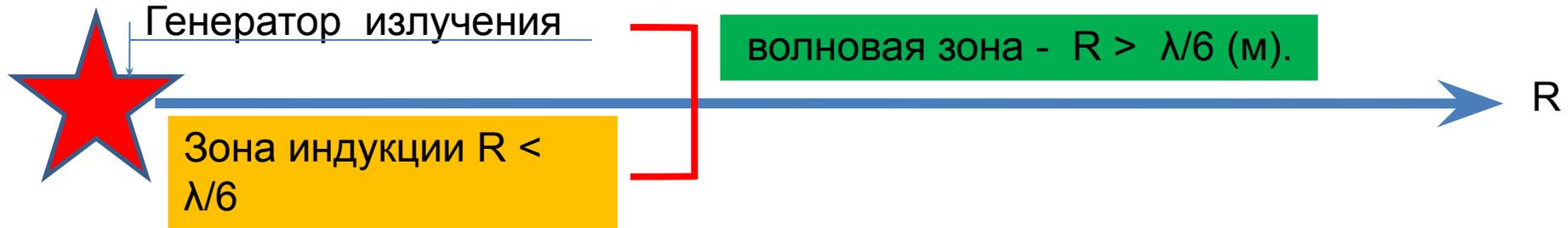
Интенсивность потока энергии определяется вектором Умова-Пойтинга -  $\mathbf{P}$ :

$$\mathbf{P} = \mathbf{E} \cdot \mathbf{H}$$

Спектр электромагнитных колебаний делят на три участка:



# Характеристики радиоизлучений



В ближней зоне ( зоне индукции) бегущая волна ещё не сформировалась, а ЭМП характеризуется векторами **E** и **H**.

В волновой зоне ЭМП характеризуется интенсивностью **J** (**Вт/м<sup>2</sup>**), которая численно равна величине **П**.

Например. в диапазоне РЧ при длине волны 6м граница зон лежит на расстоянии 1м от источника ЭМП, а в диапазоне СВЧ при длине волны 0,6м - на расстоянии 0,1м от источника.

Интенсивность ЭМП убывает обратно пропорционально **R<sup>2</sup>**:  
Для точечного источника мощностью **W** (Вт):

$$J = W/4\pi R^2, \quad (\text{Вт/м}^2)$$

## Воздействие ЭМП (продолжение)

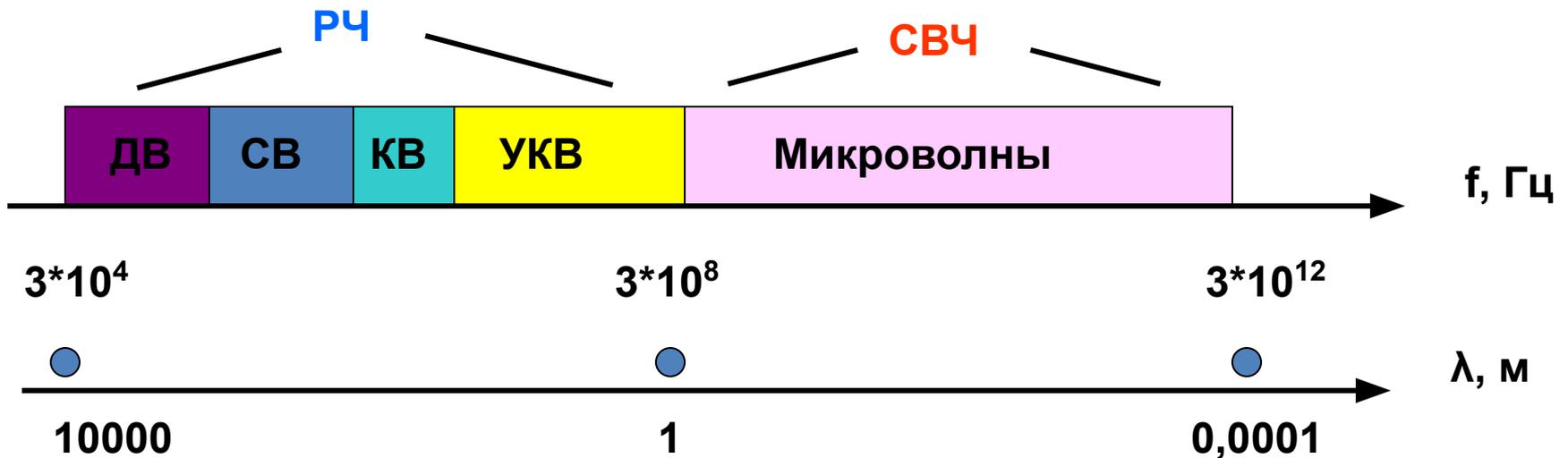
Название ЭМП		Диапазон частот, Гц	Длина волны, м
Статические магнитные и электрические поля		0	0
Низкочастотные (электроустановки), электроприборы, линии электропередач Радиочастотные (радиостанции, локаторы, СВЧ-оборудование, индукционные печи, ультразвуковые установки, нагрев плазмы др.)	Крайне и сверхнизкие	3х(10-10 <sup>2</sup> )	10 <sup>8</sup> -10 <sup>6</sup>
	Очень низкие и низкие	3х(10 <sup>2</sup> -10 <sup>4</sup> )	10 <sup>6</sup> -10 <sup>4</sup>
	Длинные волны (ДВ)	3х(10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup> )	10 <sup>4</sup> -10 <sup>3</sup>
	Средние волны (СВ)	3х(10 <sup>5</sup> -10 <sup>6</sup> )	10 <sup>3</sup> -10 <sup>2</sup>
	Короткие волны (КВ)	3х(10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup> )	10 <sup>2</sup> -10
	Ультракороткие волны	3х(10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup> )	10 <sup>1</sup> -10 <sup>0</sup>
	Микроволны (СВЧ)	3х(10 <sup>8</sup> -10 <sup>11</sup> )	10 <sup>0</sup> -10 <sup>-3</sup>
Оптические (светотехнические установки и устройства)	Инфракрасные (тепло)	3х(10 <sup>12</sup> -10 <sup>14</sup> )	10 <sup>-4</sup> -10 <sup>-6</sup>
	Видимые (свет)	3х(10 <sup>14</sup> )	(0,4-0,8)10 <sup>-6</sup>
	Ультрафиолетовые (УФЛ)	3х(10 <sup>14</sup> -10 <sup>15</sup> )	10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-8</sup>
Ионизирующее излучение (рентгеновские установки, гамма-излучатели, ядерные установки)	Рентгеновские	3х(10 <sup>17</sup> -10 <sup>19</sup> )	10 <sup>-9</sup> -10 <sup>-11</sup>
	Гамма-излучатели	3х(10 <sup>20</sup> -10 <sup>22</sup> )	10 <sup>-12</sup> -10 <sup>-14</sup>

# Характеристики радиоизлучений

Диапазон электромагнитных колебаний - радиоизлучений делят на радиочастоты (РЧ) и сверхвысокие частоты (СВЧ).

Радиочастоты подразделяют на поддиапазоны:

Длинные волны (ДВ).  
Средние волны (СВ).  
Короткие волны (КВ).  
Ультракороткие волны (УКВ).



# Влияние ЭМП на организм

Вид ЭМП	Влияние на организм	Пороговое значение ЭМП
Статические поля	<ol style="list-style-type: none"><li>1) В электрическом поле происходит ориентация молекул (образование диполей), протекают биотоки в межклеточной жидкости, изменяется электропроводность тканей</li><li>2) В магнитном поле происходит пространственная переориентация молекул, магнитные эффекты в биохимических реакциях</li></ol>	<p><math>E &lt; 130</math> в/м</p> <p><math>H &lt; 0,025-0,04</math> кА/м</p>
Переменные ЭМП	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Ткани теряют свойства диэлектриков и становятся проводниками (неравномерно)</li><li>2) Происходит нагрев тканей как за счет переменной поляризации молекул, так и за счет наведенных токов проводимости</li><li>3) Происходит гидролиз в проводящих</li></ol>	Тепловой эффект при интенсивности ЭМП более 100 Вт/м <sup>2</sup>

# Влияние ЭМП на организм

Вид ЭМП	Наиболее опасный фактор	Реакция организма
Статическое электрическое поле, слабый ток	Воздействие электрического тока	Нарушения сердечно-сосудистой, (ССС), нервной (ЦНС) систем: нарушения сна, раздражительность, головная боль, изменения ритма сердца
Магнитное статическое поле	Воздействие магнитных сил	Нарушения ЦНС, ССС : зуд, бледность, головная боль, одышка, изменение состава крови, риск гинекологических заболеваний
Низкочастотные (промышленные частоты)	Проявление электромагнитных явлений	Нарушения ЦНС, ССС: головная боль, вялость, расстройство сна, снижение памяти, нарушение сердечного ритма, изменение состава крови
Радиочастотный диапазон	Тепловой эффект (токи проводимости) Поляризация молекул	Расстройство ЦНС, нарушения обмена веществ, изменение состава крови, выпадение волос, поражение глаз, почек, мозга, желчного и мочевого пузырей
Световое излучение	Яркость, световые пульсации	Ожоги глаз, утомляемость, головная боль
Ультрафиолетовое, лазерное излучения	Яркость, тепловой эффект	Ожоги глаз, воспаление кожи, озноб, головная боль

# Нормирование ЭМП и защита от воздействия

## Нормативы:

Устанавливаются предельно допустимые уровни (ПДУ):

- Напряженности электрического поля  $E^*$ , в/м
- Напряженности (индукции) магнитного поля  $H^*$ , а/м
- Плотности потока энергии  $S$ , Вт/м<sup>2</sup>
- Экспозиционной энергетической дозы  $D S$ , Дж/м<sup>2</sup>кг
- Удельной поглощенной энергии  $sA$ , Дж/кг

Нормативы устанавливаются:

- Для персонала установок ЭМП
- Для населения, проживающего в районе ЛЭП

Санитарно-защитные зоны ЛЭП:

- До 20 кВ-до 10 м
- До 1150 Кв-до 300 м

При проектировании зданий в районе ЛЭП,  $E^*$  (кВ/м):

- Внутри жилых зданий-0,5
- В районе жилой застройки-1,0
- Населенная местность вне жилой застройки-5.0
- В труднодоступной местности-20.0

Допустимые уровни воздействия ЭМП для терминалов ПЭВМ:

- $E^*$  на расстоянии 0,5 м- не более 10 В/м
- $H^*$  на расстоянии 0,5 м- не более 0,3 А/м

## Защита от ЭМП:

- 1) Создание санитарно-защитных зон
- 2) Экранирование источников  
Экраны:
  - Поглощающие (пенопласт, резина, поролон, древесина, ферромагнитные материалы)
  - Отражающие (материалы с низким электрическим сопротивлением : фольга, сетки, ферромагнитные пленки, краски)
- 3) Защита временем
- 4) Применение средств индивидуальной защиты

Род тока и частота источника ЭМП	Нормируемые параметры ЭМП	Напряженность электрического поля, E (В/м)	Напряженность магнитного поля, H (А/м)	Индукция магнитного поля, мкТ	Плотность потока энергии, ППЭ (Вт/м <sup>2</sup> )
Электростатическое, постоянный ток	E, H	1000x60/(τ)1/2	8000	-	-
Переменный ток частотой 50 Гц	E, H	Для персонала: 1000x50/(τ+2) Для населения: 500	Локальное: 800-8 часов 1600-4 часа 3200-2 часа 6400-1 час Общее: 80-8 часов 400-4 часа 800-2 часа 1600-1 час	Локальное: 1000-8 часов 2000-4 часа 8000-1 час  Общее: 100-8 часов 500-4 часа 2000-1 час	-
Переменный ток радиочастот					
30-300 кГц	E	50(30)	-		
60-1500 кГц	H	-			
0,3-3 МГц	E	50 (10)	5		
3-30 МГц	E	20 (4)	-		
30-50 МГц	E, H	10 (2)	0,3		
50-300 МГц	E	5 (2)	-		
0.3-300 ГГц	S	-	-		2/Т(персонал

# Предельные значения энергетической нагрузки (ЭН) и ПДУ для короткого промежутка времени

Параметр	Диапазоны частот ЭМП, МГц		
	0,06-3	3-30	30-300
ЭНЕ, В <sup>2</sup> ч/м <sup>2</sup>	20000	7000	800
ЭН Н, А <sup>2</sup> ч/м <sup>2</sup>	200	-	-
Е*, в/м	500	300	80
Н*, А/м	50	-	-

## Документы:

1. ГОСТ 12.1.002-84 «ЭМП промышленной частоты. Допустимые уровни напряжения и требования к контролю на рабочих местах»
2. ГОСТ 12.1.006-84 «ЭМП радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
3. Сан и Пин 2971-84 «Правила и нормы защиты населения от воздействия эл. Поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты»
4. Сан и Пин 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, ПЭВМ и организации работ»

# Бытовая техника

Источник ЭМИ	Показатели излучения, мкТл	Превышение, раз
Компьютер	1–100	5–500
Холодильник	1	5
Кофеварка	10	50
Печь СВЧ	8–100	40–500
Электробритва и фен	15–17	75–85
Провод от лампы	0,7	3,5
Трамвай, троллейбус	150	750
Метро	300	1500
Сотовый телефон	40	200

Предельно допустимая норма для человека — 0,2 мкТл.

# ПДУ ЭМП для бытовой техники

Источник	Диапазон частот	Значение ПДУ	Примечание
Индукционные печи	20-22кГц	E=500 В/м H=4А/м	Расстояние 0.3 м от корпуса
СВЧ-печи	2,45 ГГц	ППЭ=10мкВт/см <sup>2</sup>	Расстояние 0.5 м от любой точки при нагрузке 1 л воды
Видеодисплейный терминал ПЭВМ	5 Гц-2кГц	E=25 В/м B=250 нТл	Расстояние 0,5 м вокруг монитора
	2-400кГц	E=2,5В/м B=25нТл	
	Поверхностный электростатический потенциал	V=500 В	Расстояние 0,1 м от экрана
Прочая продукция	50Гц	E=500В/м	Расстояние 0,5 м от корпуса
	0,3-300 кГц	E=25В/м	
	0,3-3МГц	E=15 В/м	
	3-30 МГц	E=10В/м	
	30-300 МГц	E=3В/м	
	0,3-30ГГц	ППЭ=10мкВт/см <sup>2</sup>	

# Основы светотехники

*Видимое излучение оптического спектра – электромагнитное излучение с длиной волны 380 – 780 нм. В этом диапазоне волны определенной длины (монохроматический свет) вызывают цветное ощущение.*

**Освещение характеризуют следующие величины:**

**Световой поток  $\Phi$**  – количество световой энергии, проходящее от источника в единицу времени (мощность источника)

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

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

$$I = d\Phi / d\omega$$

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  $S$ , вырезаемой им из сферы произвольного радиуса  $r$  к квадрату последнего.

$$\omega = S/r^2$$

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 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

$$L = dI / dS \cdot \cos \alpha$$

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

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 кд.** Яркость является величиной, непосредственно воспринимаемой глазом. При постоянстве освещенности яркость предмета тем больше, чем больше его отражательная способность, т.е. светлота.

## Основные характеристики освещения (продолжение )

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

$$P=(S-1)*100$$

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

- **Коэффициент пульсации освещенности  $K_{\text{п}}$ , %** – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, выражающийся формулой

$$K_{\text{п}} = (E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}) / 2 E_{\text{ср}} * 100\%$$

где  $E_{\text{макс}}$  и  $E_{\text{мин}}$  – 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

$$M = L_{\text{с}} \omega^{0,5} / \varphi_{\theta} * L_{\text{ад}}^{0,5}$$

где  $L_{\text{с}}$  – 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>.

# Световые излучения. Воздействие на человека

## Светотехнические величины

Световые излучения входят в оптическую часть спектра электромагнитных колебаний (длина волны 380 – 780 нм).

1. Световым потоком  $\Phi$  (люмен, лм) называется мощность лучистой энергии, воспринимаемая как свет, оцениваемая по действию на средний человеческий глаз.

$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}$$

Один люмен равен световому потоку, испускаемому точечным изотропным источником, с силой света, равной одной канделе. Один люмен равен световому потоку, испускаемому точечным изотропным источником, с силой света, равной одной канделе.

2. Сила света  $I$  (кандела, кд) это пространственная плотность светового потока, заключенного в телесном угле  $\Omega$ , который конической поверхностью ограничивает часть пространства.

Один люмен равен световому потоку, испускаемому точечным изотропным источником, с силой света, равной одной канделе, в телесный угол величиной в один стерадиан.  $1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \times \text{ср}$  ( $\text{ср} = 1 \text{ лк} \times \text{м}^2$ ). Полный световой поток, испускаемый точечным изотропным источником, с силой света одна кандела, равен 4π лм.

1 кд- сила света, испускаемая в перпендикулярном направлении элементом поверхности черного тела, площадью 1:600000 м<sup>2</sup> при температуре затвердевания платины.

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$



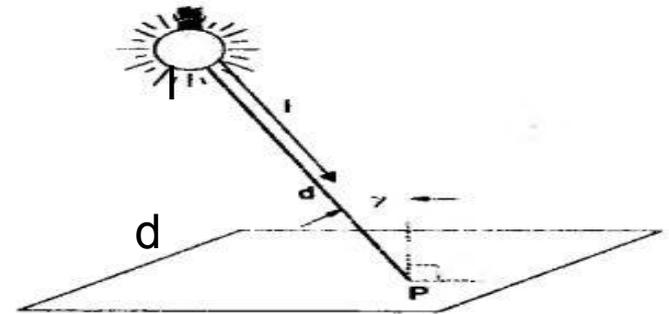
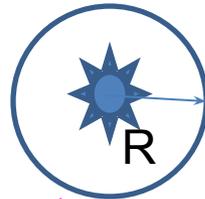
# Типичные световые величины источников света:

Типы ламп	Электрическая энергия, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача лм/Вт
Лампа накаливания	100 Вт	1360 лм	13,6 лм/Вт
Люминесцентная лампа	58 Вт	5400 лм	93 лм/Вт
Натриевая лампа высокого давления	100 Вт	10000 лм	100 лм/Вт
Натриевая лампа низкого давления	180 Вт	33000 лм	183 лм/Вт
Ртутная лампа высокого давления	1000 Вт	58000 лм	58 лм/Вт
Металлогалогенная лампа	2000 Вт	190000 лм	95 лм/Вт

# Светотехнические величины (продолжение)

3. **Освещённость  $E$**  (люкс, лк) - это поверхностная плотность светового потока, отнесённая к площади  $S$ , на которую он распределяется. **Величина освещённости нормируется**

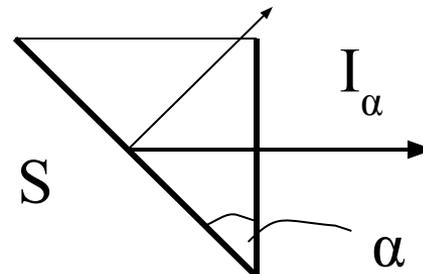
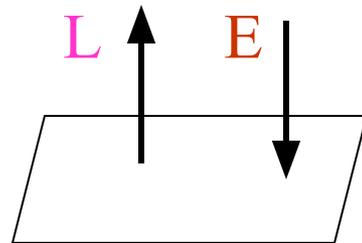
$$E = \frac{\Phi}{S} \quad E_p = I \cdot \cos \gamma \frac{1}{d^2} \quad E = I / R^2$$



4. **Яркость поверхности ( $L$ , кд/м<sup>2</sup>)** - это отношение силы света, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную направлению распространения света.

*Это световой поток, испускаемый с единицы площади видимой поверхности внутри единичного телесного угла*

$$L = \frac{I_\alpha}{S \cdot \cos \alpha}$$



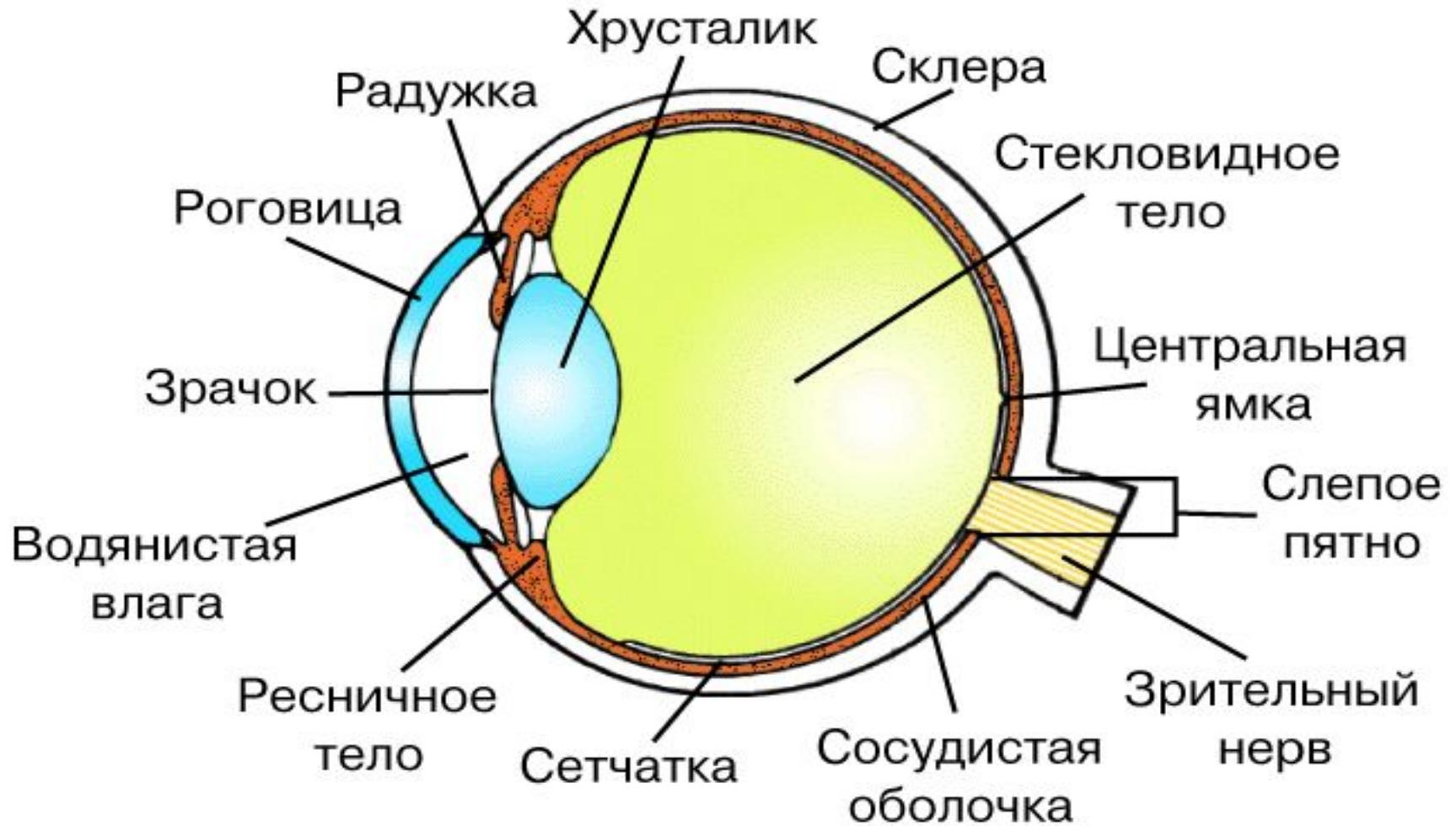
# Освещенность в окружающей среде

Площадка, работы	Е, люкс
Солнечный свет в полдень	100000
Пасмурный день	1000
В светлой комнате	100
На столе (точные работы)	100-200
Чтение	30-50
Ночью при Луне	0,2

Яркость источников света (кд/м<sup>2</sup>)

Источник света	Яркость, кд/м <sup>2</sup>
Солнце	$1,5 \times 10^9$
Угольная дуга	$1,5 \times 10^8$
Лампа накаливания	$2 \times 10^6$
Стеариновая свеча	$0,5 \times 10^4$
Наименьшая различимая яркость	$10^{-6}$

# Органы зрения



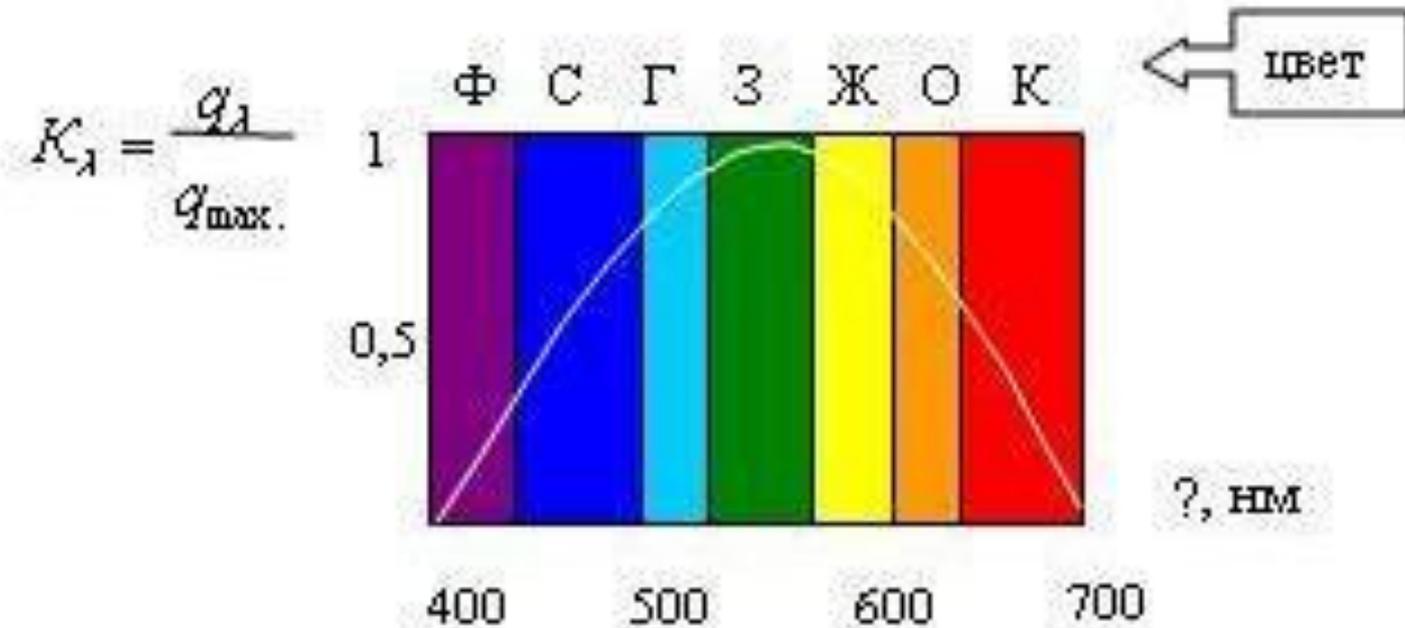
# Зрительный анализатор

Человеческий глаз преобразует энергию оптических излучений в зрительное ощущение. *Воспринимается видимая часть оптического участка спектра электромагнитных колебаний с длиной волны 380-780нм.* Глаз непосредственно реагирует на яркость и избирательно на спектральный состав падающего потока излучения. *Равные по световой мощности лучистые потоки, различающиеся друг от друга длиной волны излучения (цветом), вызывают в глазу неодинаковые по интенсивности излучения*, что характеризуется **кривой видности** света.

**Относительная спектральная чувствительность глаза  $K$**  равна отношению чувствительности глаза к однородному излучению с длиной волны  $q$  к максимальному её значению для излучения с длиной волны 555 нм при жёлто-зелёном излучении.

$$K_i = q_\lambda / q_{\max}$$

# Кривая видности света



Из рисунка видно, что по мере приближения к границам видимого спектра чувствительность глаза падает, а наиболее видимым при дневном зрении является зелёное излучение.

# Действие световых излучений

1. Свет обеспечивает связь организма с окружающей средой, передачу **80%** информации, обладает высоким биологическим и тонизирующим действием. **Наиболее благоприятен для человека естественный свет**, причём в отличие от искусственного, он содержит гораздо большую долю ультрафиолетовых лучей.

2. При недостаточной освещённости у человека появляется ощущение дискомфорта, снижается активность функций ЦНС, повышается **утомляемость**. При недостаточной освещённости развивается **близорукость**, ухудшается процесс аккомодации. При чрезмерной яркости светящейся поверхности может наступить снижение видимости объектов различения из-за **слепящего эффекта**.

# Производственное освещение

## 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.

**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.**

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

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.

# Классификация зрительной работы

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

1. **работы**, при выполнении которых не требуется использование оптических приборов. При этом объект различения может находиться как близко, так и далеко от глаз.
2. **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.
3. **работы**, связанные с восприятием информации с экрана, при которых имеются особые требования к организации производственного освещения.

**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

Контраст объекта различения с фоном считается: **большим** – значение  $K$  более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости); **средним** – значение  $K$  находится в промежутке от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости); **малым** – значение  $K$  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  $\rho < 0,2$ .

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.

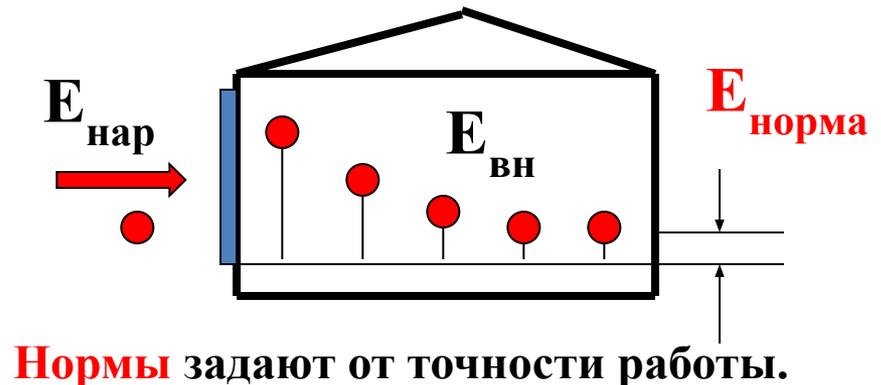
# Оценка и нормирование естественного освещения

Естественное освещение непостоянно в течение суток и поэтому его оценивают относительной величиной - коэффициентом естественной освещённости **КЕО** в %.

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

где  $E_{вн}$  - освещённость в данной точке помещения, лк;  
 $E_{нар}$  - одновременная освещённость от небосвода, лк.

Величина **КЕО** измеряется в нескольких точках по продольному разрезу помещения и с нормой сравнивается минимальная величина.



# Искусственное освещение

## Системы искусственного освещения (светильники)

- Прямого света
- Отраженного света
- Рассеянного света

### Требования к искусственному освещению:

- Яркость рабочей поверхности
- Равномерность распределения яркости
- Экономичность

Нормирование-Е мин (8 разрядов работы)

## Основные светотехнические характеристики светильников:

- Установленная мощность  $P$ , Вт
- Кривая распределения силы света
- Светоотдача  $\eta = \Phi/P$ , лм/Вт
- Коэффициент полезного действия (КПД) :  

$$\eta_n = \Phi_c / \Phi_n, \%$$
 где  
 $\Phi_c$  - световой поток, излучаемый светильником,  
 $\Phi_n$  - световой поток источника света
- Защитный угол (0-90)-мера защиты яркости источника от глаз наблюдателя

Тип светильника	Светоотдача, лм/Вт	Срок службы, час	КПД, %	Достоинства	Недостатки
Лампа накаливания	7-20	800-1000	10-13	Простота, низкая стоимость	Не экономичность Слепящее действие Инфракрасное излучение (60%)
Газоразрядные лампы: • Люминисцентные (НД) • Дуговые ртутные (ВД) • Ксеноновые • металлогалогеновые	30-100	До 10000	До 60	Экономичность, благоприятный спектр	Сложная аппаратура, стробоскопический эффект
Светодиодные лампы	До 100		До 90	Экономичность, благоприятный спектр	Высокая стоимость

# Нормирование искусственного освещения

Глаз человека воспринимает яркость, но нормы задаются по освещённости, так как нормирование по яркости каждой, одновременно видимой поверхности, затруднительно.

Нормируемым параметром является **допустимая минимальная освещённость E (лк)**, которая устанавливается в зависимости от следующих факторов:

1. Характеристика зрительной работы (работы по точности делят на 8 разрядов).
2. Контраст объекта с фоном различения **K**, который определяется отношением абсолютной разности между яркостью объекта  $L_o$  и фона  $L_\phi$  к яркости фона.

$$K = \left| L_o - L_\phi \right| / L_\phi$$

Различают контраст: **большой**,  
средний, малый.

# Нормирование искусственного освещения (продолжение)

3. Характеристика фона, которая задаётся в зависимости от коэффициента отражения света  $\rho$  (различают фон светлый, средний, **тёмный**).

4. Вида освещения (общее или комбинированное).

5. Тип источника света: лампы накаливания или газоразрядные (для газоразрядных ламп нормы освещённости задаются выше, так как световая отдача этих ламп больше и нет смысла задавать меньшую нормативную освещённость).

## Примеры нормирования освещённости

Механический цех: местное в составе комбинированного при газоразрядных лампах - **1800** лк.; общее в составе комбинированного - **200** лк.; одно общее - **500** лк; при лампах накаливания - **1350** лк, **150** лк, **300** лк соответственно.

# Нормы освещенности для образовательных учреждений (СанПиН)

Помещение	КЕО при боковом освещении, %	Искусственное освещение, Е <sub>min</sub> ,лк		
		Комбинированное освещение		Общее освещение
		всего	От общего	
Классы, кабинеты, аудитории	1,5	-	-	300 (оптимально 500)
Кабинеты с компьютерами	1.2	-	-	400
Лаборатории	1,2	1000	200	300 оптимально 500)
Преподавательские	1,0	-	-	300

# Улучшение светового режима

## Классификация систем освещения

Искусственное освещение по виду делят:



По функциональному назначению:



По источнику  
света



# Источники света

## Основные характеристики

1. Рабочее напряжение  $U$  (В) и электрическая мощность  $N$ (Вт).
2. Световой поток лампы  $\Phi$  (лм).
3. Характеристика спектра излучения.
4. Срок службы лампы  $t$ , час.
5. Конструктивные параметры (форма колбы лампы, тела накала; наличие и состав газа, заполняющего колбу).
6. Световая отдача или экономичность  $\varphi$  (лм/Вт), то есть отношение светового потока к мощности лампы.

$$\varphi = \frac{\Phi}{N}$$

# Источники света (продолжение 1)

## 1. Лампы накаливания (ЛН)

Свечение возникает в результате нагрева вольфрамовой нити до высокой температуры.

**Типы ламп:** **НВ** - накаливания вакуумная.

**НГ** накаливания газонаполненная.

**НБ** - накаливания биспиральная.

**Преимущества ЛН:** малые габариты, простота включения, нечувствительность к внешней температуре.

**Недостатки ЛН:** низкая световая отдача ( 7-20 лм/Вт), небольшой срок службы (1000ч), восприимчивость к изменению напряжения, преобладание в спектре излучения красно-жёлтых тонов.

# Источники света (продолжение 2)

## 2. Галогенные лампы накаливания

Наличие в колбе паров йода повышает температуру накала спирали; образующиеся пары вольфрама соединяются с йодом и вновь оседают на вольфрамовую спираль, препятствуя распылению вольфрамовой нити.

**Преимущества** галогенных ламп: более высокая, чем у ламп накаливания световая отдача (до 40 лм/Вт), срок службы 3000ч, спектр излучения близок к естественному.

## 3. Газоразрядные лампы

Излучают свет в результате электрических разрядов в парах газов. Слой люминофора преобразует электрические разряды в видимый свет. Различают газоразрядные лампы низкого (люминесцентные) и высокого давления.

# Источники света (продолжение 3)

## Люминесцентные лампы (ЛЛ)

Марки ламп: **ЛБ** - лампа белого света, **ЛД** - лампа дневного света, **ЛТБ** - лампа тёпло-белого света, **ЛХБ** - лампа холодного света, **ЛДЦ** - лампа с улучшенной цветопередачей.

**Преимущества** ЛЛ: значительная световая отдача (40-80 лм/Вт), большой срок службы (8000ч), спектр излучения близок к естественному свету.

**Недостатки** ЛЛ: большие габариты, чувствительность к низкой температуре, пульсация светового потока, высокая стоимость.

## Газоразрядные лампы высокого давления

Марки ламп: **ДРЛ** - дуговая ртутная люминесцентная, **ДКсТ** - дуговая ксеноновая трубчатая, **ДНаТ** - дуговая натриевая трубчатая.

**Преимущества**: эти лампы работают при любой температуре.

**Применение**: для открытых площадок и в высоких помещениях.

# Осветительные приборы

Осветительные приборы включают источник света и арматуру. Их делят на светильники и прожекторы.

Характеристики светильников: 1 - кривые распределения силы света; 2 - защитный угол (от ослепления), 3 - КПД светильника, как отношение светового потока светильника к световому потоку источника света.

По распределению светового потока светильники делят:

- прямого света;
- преимущественно прямого света;
- рассеянного света;
- отражённого света.

По исполнению светильники делят:

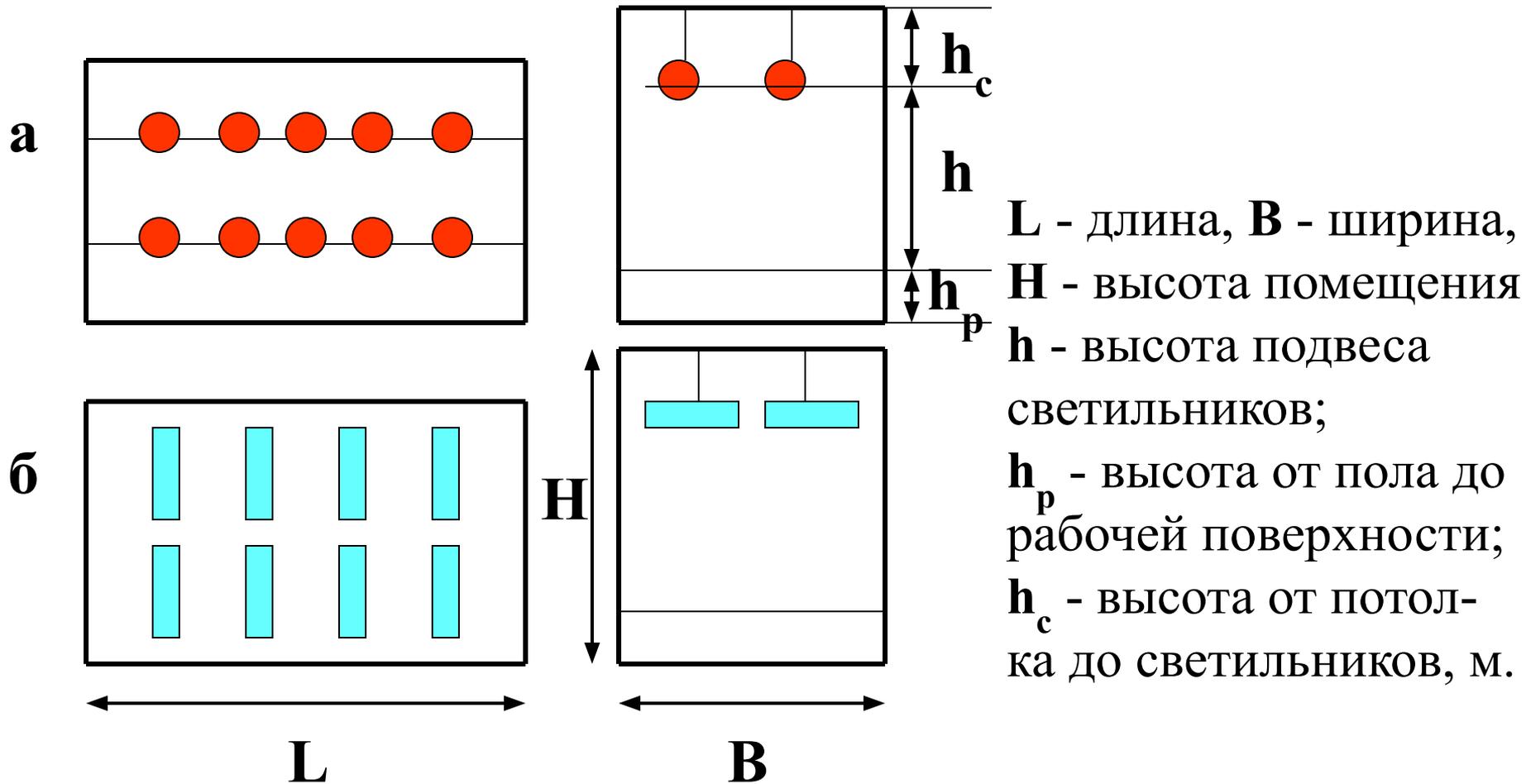
- открытые;
- защищённые;
- брызгозащищённые;
- взрывозащищённые и др.

# Расчёты освещения

Проектируя осветительную установку, необходимо решать следующие вопросы:

1. Выбор типа источника света. Рекомендуется применять газоразрядные лампы, а для помещений, где температура воздуха может быть менее  $+10$  °С, следует отдавать предпочтение лампам накаливания.
2. Выбор системы освещения. Более экономичной является система комбинированного освещения, но в гигиеническом отношении система общего освещения более совершенна.
3. Выбор типа светильника с учётом загрязнённости воздушной среды, распределения яркостей и с требованиями взрыво- и пожаробезопасности.

Для расчёта освещения применяют метод коэффициента использования светового потока и точечный метод.



Расчётная схема при проектировании системы общего освещения методом коэффициента использования светового потока

а - лампы накаливания; б - люминесцентные лампы.

# 1. Метод коэффициента использования светового потока

Метод применяется для расчёта общего освещения.

При установке ламп накаливания определяют требуемый световой поток  $\Phi$  (лм) лампы, чтобы обеспечить норму  $E_{\text{нор}}$  (лк).

$$\Phi = \frac{Z K_3 S E_{\text{нор}}}{n \eta},$$

где  $Z$  - коэффициент неравномерности освещения (1,1-1,2);

$K_3$  - коэффициент запаса, который учитывает старение лампы и запылённость (1,3-1,5);

$S$  - площадь освещаемой поверхности, м<sup>2</sup>;

$n$  - количество ламп, которое задаётся;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока равный отношению полезного светового потока к суммарному ; зависит от индекса помещения, коэффициентов отражения света и от типа светильника.

При люминесцентных лампах по этой формуле находят  $n$ .

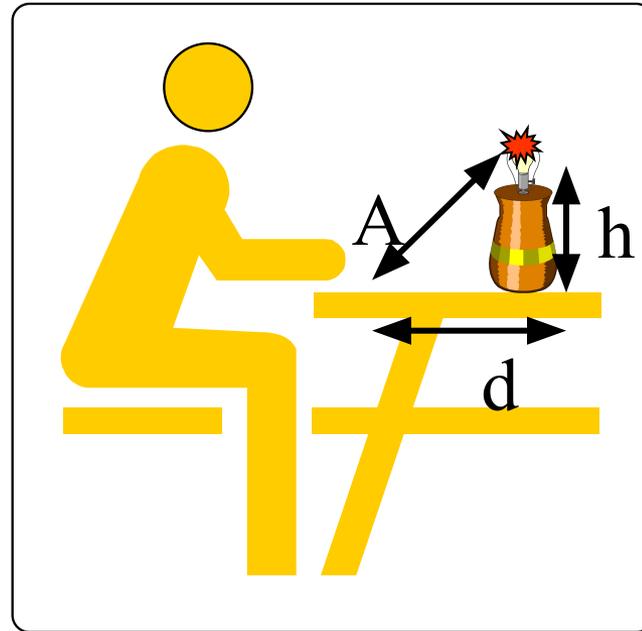


Схема для расчёта местного освещения точечным  
МЕТОДОМ

**A** - расчётная точка;

**d** - размер по горизонтали, м;

**h** - размер по вертикали, м.

## 2. Точечный метод расчёта освещения

Метод применяют для расчёта местного освещения, освещения наклонных поверхностей, наружного освещения. Он также может быть использован для расчёта общего освещения, особенно при светильниках прямого света.

Необходимый световой поток лампы  $\Phi$  (лм)

$$\Phi = \frac{\mu \sum E_{\text{усл}}}{1000 K^3 E_{\text{ноб}}}$$

где  $\mu$  - коэффициент по учёту отражённого света (1,1);

$\sum E_{\text{усл}}$  - суммарная условная освещённость

Условной освещённостью называется освещённость, создаваемая светильником с лампой  $\Phi = 1000$  лм.

Условная освещённость для светильников определяется по графикам пространственных изолюкс.

# О С В Е Щ Е Н И Е

- оптимальное по величине;
- равномерно распределено по площади;
- спектр должен быть приближен к солнечному;
- отсутствие пульсации величины освещенности во времени



1ЛК – Люкс – это освещенность, создаваемая световым потоком в 1Люмен, приходящимся на 1кв.м площади.

Световой поток (Вт/кв.м) - мощность излучения, приходящаяся на единицу площади.

## О С В Е Щ Е Н И Е



## И С Т О Ч Н И К И О С В Е Щ Е Н И Я



# Ионизирующие излучения (ИИ).

## Радиационная безопасность

**ИИ- излучение**, при котором происходит ионизация среды, т.е. молекулы вещества распадаются на ионы и электроны

**Радиоактивность**- самопроизвольное превращение неустойчивого атома

Изотоп-атом одного и того же элемента, отличающийся массой

**Излучения:**

1)Квантовое (электромагнитное):

- Ультрафиолетовое (фотоэффект, люминесценция):  $10 < \lambda < 380 \text{ нм}$  ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ )
- Рентгеновское (торможение электронов, характеристическое при взаимодействии заряженных частиц с веществом):  $0,001 < \lambda < 100 \text{ нм}$
- $\gamma$ -излучение (при радиоактивных превращениях и ядерных реакциях)  $\lambda < 0,1 \text{ нм}$

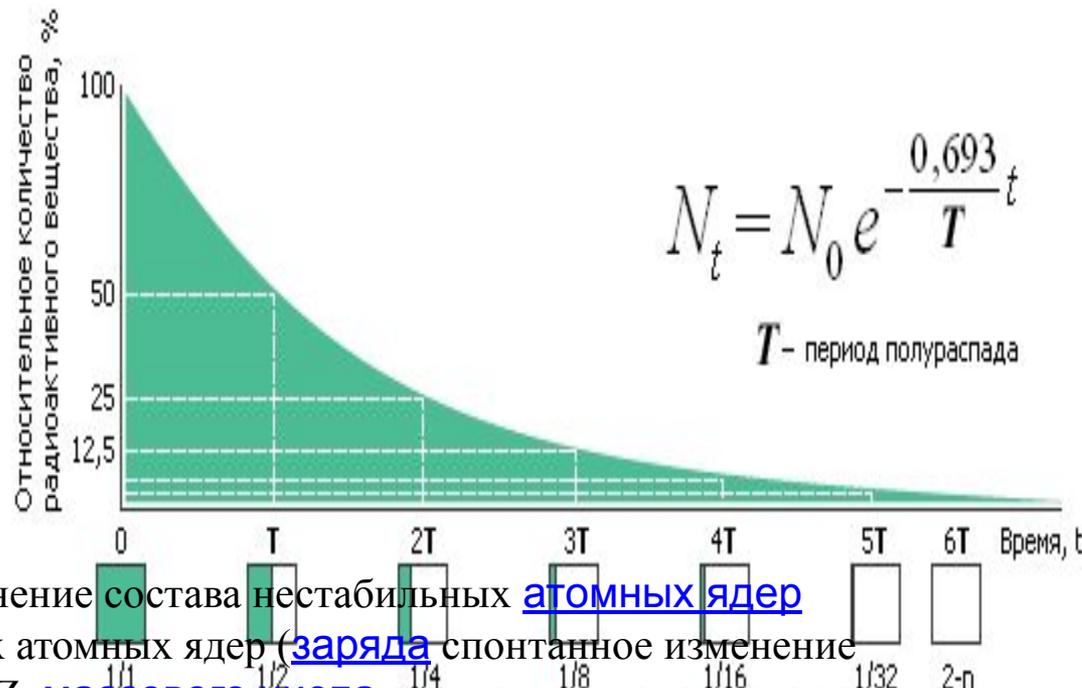
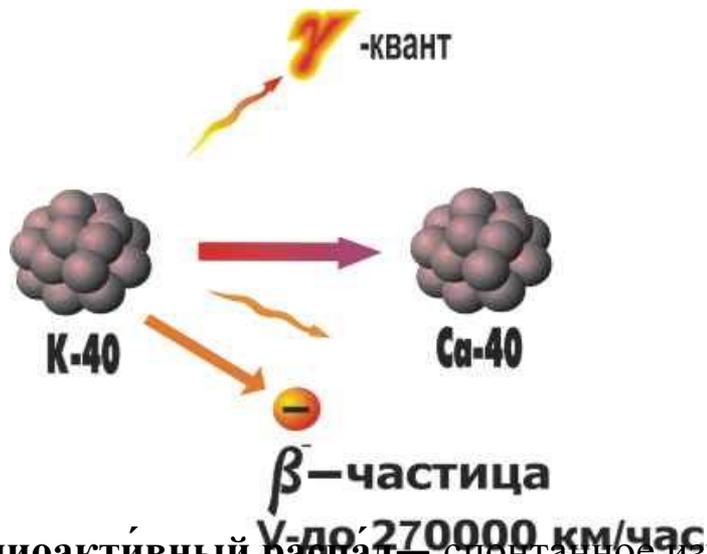
2) Корпускулярное

- $\alpha$ - излучение (излучение ядер гелия при распаде радионуклидов)
- $\beta$  - излучение (электроны или позитроны при распаде ядер)
- $n$ - излучение (нейтроны при ядерной реакции)

**Характеристики излучений:**

Вид излучения	Ионизирующая способность	Длина пробега (в вакууме)	Энергия, МэВ
$\alpha$	20-60 тыс. пар на 1 см пути	<10 см	2-8
$\beta$	100 пар на 1 см пути	< 10 м	3-3,5
$\beta$	наименьшая	наибольшая	До 1,0
$n$ -	низкая	высокая	0,5-20

# Радиация



**Радиоактивный распад** — спонтанное изменение состава нестабильных атомных ядер спонтанное изменение состава нестабильных атомных ядер (заряда спонтанное изменение состава нестабильных атомных ядер (заряда  $Z$ , массового числа спонтанное изменение состава нестабильных атомных ядер (заряда  $Z$ , массового числа  $A$ ) путём испускания элементарных частиц. Процесс радиоактивного распада также называют **радиоактивностью**, а соответствующие элементы радиоактивными.

Радиоактивными называют также вещества, содержащие радиоактивные ядра. радиоактивны Радиоактивными называют также вещества, содержащие радиоактивные ядра. радиоактивны все химические элементы с порядковым номером Радиоактивными называют также вещества, содержащие радиоактивные ядра. радиоактивны все химические элементы с порядковым номером, большим 82 (то есть начиная с висмута), и некоторые более лёгкие элементы.

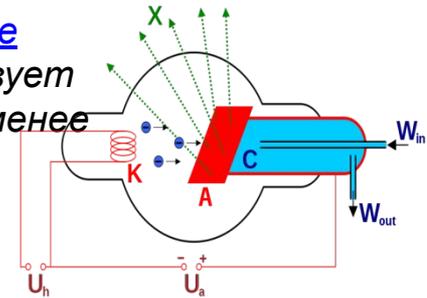
*Естественная радиоактивность* — самопроизвольный распад ядер элементов, встречающихся в природе.

# Виды ионизирующих излучений

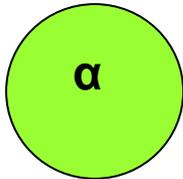
## 1. Жёсткие электромагнитные рентгеновские Р и гамма $\gamma$ излучения.

Электромагнитные волны Электромагнитные волны, энергия фотонов Электромагнитные волны, энергия фотонов которых лежит на шкале электромагнитных волн за ультрафиолетовым излучением и что соответствует длинам волн от  $10^{-12}$  до  $10^{-8}$  м (Р- обусловленное торможением электронов) и менее  $2 \cdot 10^{-10}$  м (гамма-излучение, вызванное изменением состояния атомного ядра).

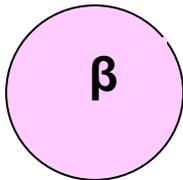
Обладают высокой проникающей способностью



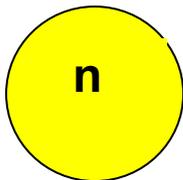
## 2. Корпускулярные (неэлектромагнитные) излучения.



Поток ядер гелия, заряд (+), малая проникающая способность, высокая степень ионизации.

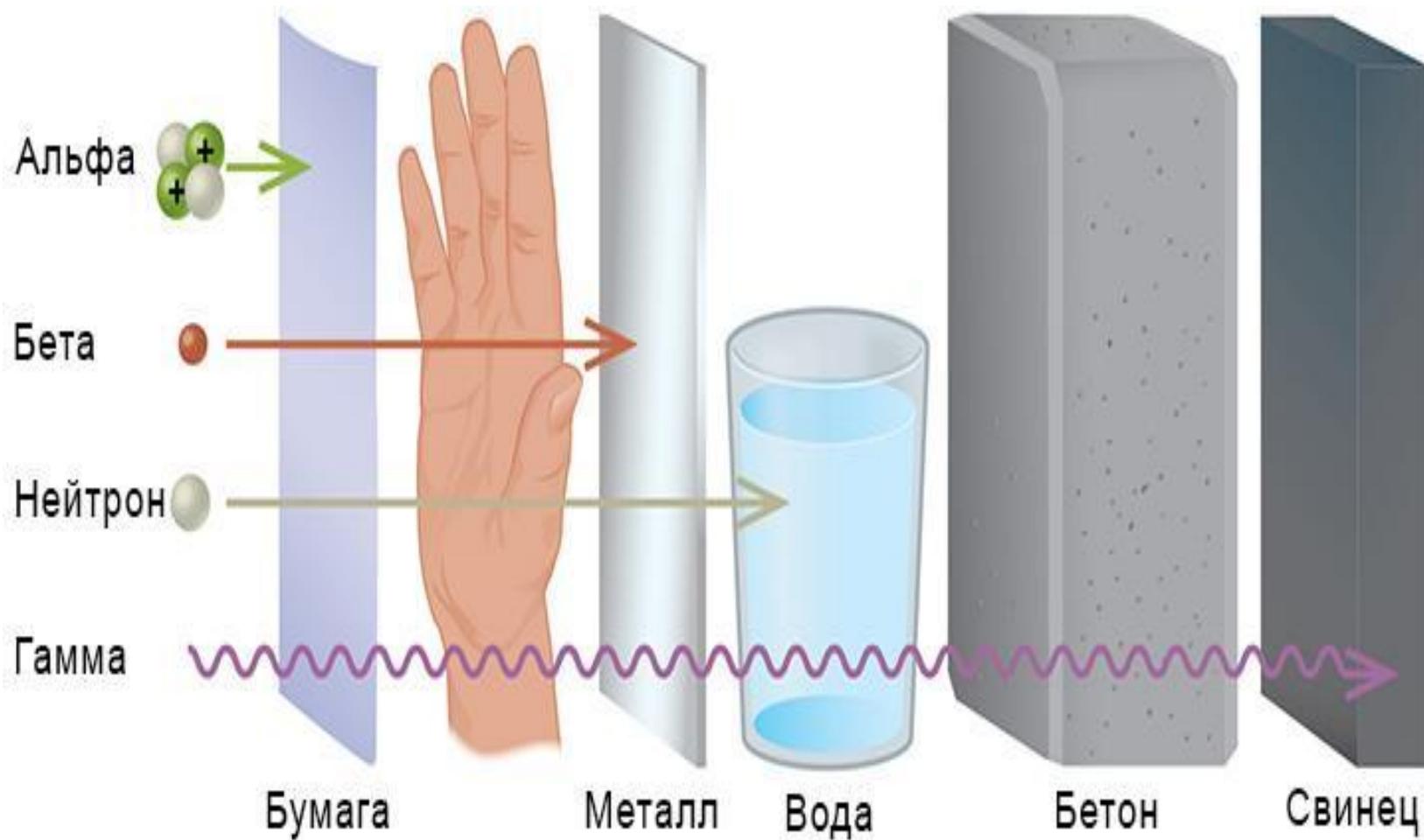


Поток электронов, заряд (-), ионизирующая способность бета-излучения ниже, а проникающая способность выше, чем альфа-частиц.



Нейтронное излучение является потоком электронейтральных частиц ядра - нейтронов. Имеет значительную проникающую способность и создаёт высокую степень ионизации.

# Проникающая способность ионизирующих излучений



# Источники радиации и воздействие на организм

## Источники:

- Природные радиоактивные элементы (изотопы):  
долгоживущие (уран, торий),  
короткоживущие (радий, радон),  
нестабильные (калий-40),  
космического происхождения (углерод-14)
- Искусственные (в результате ядерных реакций-трансурановые элементы)

## Радиоактивные зоны:

- Залежи природных радионуклидов
- Радоноопасные территории
- Места глобальных выпадений
- Места загрязнений в результате аварий
- Места дислокации предприятий ЯТЦ и АЭС
- Промзоны ТЭС (отходящие газы, золы)
- Радиационные установки

## Воздействие радиации на организм и способы защиты:

### Излучение:

#### 1) Физические и химические процессы :

- Ионизация молекул
- Электролиз (радиолиз ) в проводящих жидкостях с образованием свободных радикалов, что приводит к ускорению биохимических реакций и образованию несвойственных организму соединений

#### 2) Биологические процессы:

В клетках и органах возникают необратимые изменения, активизируется рост несвойственных организму клеток (раковых)

#### Лучевая болезнь:

- Острая
- Хроническая

Особая опасность- изменяется генетическая структура (код) клетки

#### Защита от радиации:

- Защита временем
- Защита расстоянием
- Защита экранированием
- Применение СИЗ

# Характеристики и единицы измерения ионизирующих излучений

Характеристика ИИ	Название и обозначение в системе СИ	Название ед. измерения в практической системе	Соотношения ед. измерения
Активность*, А (мера радиоактивности)	БЕККЕРЕЛЬ, Бк	Кюри, Ки	1Бк=1распад/с 1Ки=3,7 10 <sup>10</sup> Бк
Удельная активность	Бк/кг, Бк/м <sup>3</sup> , Бк/м <sup>2</sup>	Ки/кг, Ки/л, Ки/см <sup>2</sup>	
Экспозиционная доза** (мера ионизации воздуха)	Кулон/кг, Кл/кг	Рентген, Р	1Р=2,58 10 <sup>4</sup> Кл/кг
Поглощенная доза *** Д=dE/dm Характеризует воздействие ИИ на вещество	Грей, Гр	Рад, р	1Гр=1 Дж/кг 1 рад=1 эрг/г 1Гр=100 рад
Эквивалентная доза****, Н <sub>i</sub> =D <sub>i</sub> ×W	Зиверт, Зв	бэр	1Зв=1Дж/кг 1Зв=100 бэр

\***Активность**-число радиоактивных распадов в единицу времени  $A=dN/dt$ , (Бк)

\*\***Экспозиционная доза-доза** ионизирующих излучений, характеризующаяся мощностью рентгеновского излучения, измеряемого количеством электростатической энергии, выделенной в результате ионизации из одной массы (кг) воздуха, в котором излучение наблюдается.

\*\*\***Поглощенная доза**- количество энергии излучения, поглощенной телом

\*\*\*\***Эквивалентная доза**-доза ИИ, оценивающая эквивалентное биологическое действие различных видов излучений, которые учитываются взвешивающим коэффициентом (W) для данного вида излучений

Вид излучения	W
Фотоны любых энергий	1
Электроны любых энергий	1
Нейтроны с энергией : менее 10 КЭВ	5
От 10 до 100 КЭВ и от 2 до 20 МЭВ	10
от 100 КЭВ до 2 МЭВ	20
Протоны с энергией более 2 МЭВ	5
Тяжелые ядра	20

# Характеристики и единицы измерения ИИ (продолжение)

При одновременном действии различных ИИ:

$$H = \sum H_i \times W_i$$

5. Эффективная эквивалентная доза (учитывает радиочувствительность органов):

$$H_{эфф} = \sum H_i \times W_T$$

Органы различно воспринимают дозу: если поглощенная доза равна 1, то (см. таблицу)

Орган или ткань организма	Взвешивающий коэффициент $W_T$
Гонады	0,2
Костный мозг	0,12
Толстый кишечник	0,12
печень	0,05
Щитовидная железа	0,05
кожа	0,01

*Единицы эффективной эквивалентной 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*

**При экспозиционной дозе в 1Р эквивалентную дозу принимают равной 0,013 Зв**

## Дозовые характеристики

1. Экспозиционная доза  $X$  (Кл/кг) оценивает эффект ионизации воздуха рентгеновским и гамма-излучением:

$$X = \frac{Q}{m},$$

где  $Q$  - сумма электрических зарядов ионов одного знака, Кл;  
 $m$  - объём воздуха массой 1 кг.

Внесистемная единица экспозиционной дозы - 1 рентген.

Мощность экспозиционной дозы  $P$  (Р/ч, мР/ч, мкР/ч):

$$P = \frac{X}{t}$$

Эта величина для природного фона составляет:

10 - 20 мкР/ч

# Дозовые характеристики

**2. Поглощённая доза  $D$**  - это отношение энергии ионизирующего излучения  $E$  (Дж) к массе вещества  $m_v$  (кг):

$$D = \frac{E}{m_v}$$

Единица поглощённой дозы - **1 Грей (Гр)** = 1 Дж/кг = 100 рад, где рад - внесистемная единица.

Для биологической ткани:

$$1 \text{ Р} = 0,95 \text{ рад}$$

# Дозовые характеристики

**2. Поглощённая доза  $D$**  - это отношение энергии ионизирующего излучения  $E$  (Дж) к массе вещества  $m_v$  (кг):

$$D = \frac{E}{m_v}$$

Единица поглощённой дозы - **1 Грей (Гр)** = 1 Дж/кг = 100 рад, где рад - внесистемная единица. Для биологической ткани:

$$1 \text{ Р} = 0,95 \text{ рад}$$

*Экспозиционную дозу в рентгенах и поглощённую дозу в ткани в радах можно считать совпадающими.*

# Дозовые характеристики

Биологический эффект облучения зависит от суммарной поглощенной энергии и вида (качества) излучения.

**3. Эквивалентная доза** - доза ИИ, оценивающая эквивалентное биологическое действие различных видов излучений, которые учитываются взвешивающим коэффициентом ( $W_i$ ) для данного вида излучений

$$H_i = D_i \times W_i$$

Единица эквивалентной дозы в СИ - *зиверт* (Зв).

**Зиверт** равен эквивалентной дозе, при которой произведение поглощенной дозы в биологической ткани стандартного состава на взвешивающий коэффициент  $w_i$  равно 1 Дж/кг.

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} / w_i .$$

Внесистемная единицей эквивалентной дозы - *бэр* (бэр).

$$1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв} = 1 \text{ рад} / w_i .$$

# Дозовые характеристики

Разные органы или ткани человека могут облучаться неравномерно, причем они имеют разную чувствительность к облучению (радиочувствительность).

**4. Эффективная доза ионизирующего излучения** - сумма произведений эквивалентной дозы  $H_{Tt}$  в органе или ткани  $T$  за время  $t$  на соответствующий взвешивающий коэффициент  $w_T$  для данного органа или ткани:

$$E = \sum_T w_T \cdot H_{Tt}$$

( величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности)

*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:*

$$w_T = r_T / \sum_T r_T$$

# Нормативы допустимого уровня воздействия ИИ (НОРМЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НРБ-99)

## 1) Основные пределы доз (ПД)

Нормируемые величины	Персонал (группа А)	Население
Эффективная эквивалентная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последние 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последние 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год:		
• В хрусталике глаза	150 мЗв	15 мЗв
• В коже	500 мЗв	50 мЗв
• В кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв
<p>2) <b>Пределы годового поступления</b> (допустимые среднегодовые уровни поступления в виде радиоизотопов, удельные активности поверхностей и тп)</p>		

## 3) Контрольные уровни (дозы, активности и тп.)

\*Для персонала группы Б все нормативы принимаются равными ¼ от нормативов группы А

**\*\* Смертельная эквивалентная эффективная доза 5000 мЗв (500 бэр)**

1Зв-такое количество энергии любого вида ИИ, поглощенного 1 кг массы биологической ткани, при котором наблюдается тот же эффект, что и при поглощенной дозе в 1 Грей образцового рентгеновского или гамма-излучения

# Лучевая болезнь

- 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 ( $D = 1 \div 2$  Гр) смертельный эффект отсутствует.
  - II – средняя ( $D = 2 \div 4$  Гр) через  $2 \div 6$  недель после облучения смертельный исход возможен в 20% случаев.
  - III – тяжелая ( $D = 4 \div 6$  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).

# Воздействие ионизирующих излучений на человека

Разнообразные проявления поражающего действия ионизирующих излучений на человека называют **лучевой болезнью**. Ионизация живой ткани приводит к разрыву молекулярных связей и изменению химической структуры соединений. Нарушаются биохимические процессы и обмен веществ. Тормозятся функции кроветворных органов, происходит увеличение числа белых кровяных телец (лейкоцитов), расстройство деятельности желудочно-кишечного тракта, истощение организма.

**Облучение 0,25-0,5 Зв (25-50Р для гамма-излучения) - незначительные изменения состава крови.**

**0,8 - 1 Зв (80-100Р) - начало развития лучевой болезни.**

**2,7 - 3,0 Зв (270-300Р) - острая лучевая болезнь.**

**5,5 - 7,0 Зв (550-700Р) - летальный исход.**

# Нормирование ионизирующих излучений

Допустимые дозы ионизирующих излучений регламентируются **Нормами радиационной безопасности (НРБ)**.

Установлены три категории облучаемых лиц и три группы критических органов.

**Категория А - персонал радиационных объектов.**

**Категория Б - ограниченная часть населения, которая может подвергаться ионизирующим излучениям.**

**Категория В - остальное население (не нормируется).**

1 группа критических органов - всё тело, красный костный мозг;  
2 группа - мышцы, щитовидная железа и др.; 3 - костная ткань и др.

**Например**, при общем облучении для группы А норма 50 мЗв/год (5Р/год);

для группы Б норма 10 мЗв/год (1Р/год); для группы В - 0,5Р/год.

## Средние значения годовой дозы облучения от некоторых источников

Источник облучения	Доза, мкЗв/год
Медицинские процедуры	400-700 (в России-1500)
Проживание вблизи ТЭС (20 км)	5,3
Проживание вблизи АЭС (10 км)	1, 36
Радиоактивные осадки	75-200
Телевизоры, дисплеи	4-5 при расстоянии 2 м
Керамика, стекло	10

### *Вклад различных источников в эквивалентную дозу(%) для организма*

<b>Медицинское облучение</b>	<b>51.5</b>
Природный радиационный фон	43.4
Радиационное загрязнение	2.5
Строительные материалы	2.0
Полеты в авиолайнерах	0.3
Телевизоры. мониторы	0.3
Атомная энергетика	0.1

# Дозовые пороги возникновения некоторых эффектов облучения

Состояние	Дозовые пороги	
	При кратковременном облучении, Зв	При хроническом многолетнем облучении, Зв/год
Легкое нарушение кроветворения (нарушение иммунитета)	0,15	0,4
Временная стерильность мужчин	0,15	0,4
Постоянная стерильность мужчин	3,5-6,0	2,0
Постоянная стерильность женщин	2,5-6,0	0,2
Ухудшение зрения (катаракта)	5,0	0,5

# Средства и методы защиты от ионизирующих излучений

*Защита обеспечивается:*

- Выполнением и соблюдением норм и правил
- Ограничением по полу, возрасту, состоянию здоровья и уровню предыдущего облучения допуска к работе с источниками
- Созданию условий труда в соответствии с НРБ-99 и ОСПОРБ-99
- Достаточностью защитных барьеров при работе с источниками
- Осуществлением радиационного контроля
- Применением средств индивидуальной защиты
- Эффективностью профилактической работы, планированием и проведением мероприятий по радиационной защите

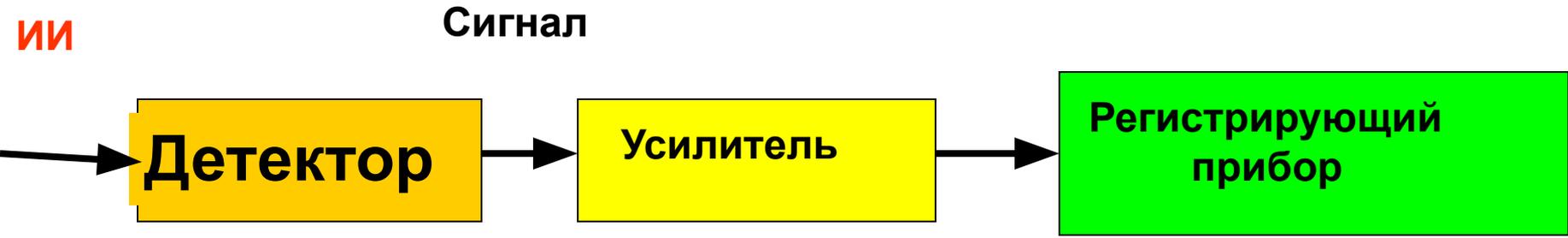
*Защитные барьеры:*

- Временем (контроль и учет полученных доз, ограничение пребывания на рабочем месте, знаки)
- Расстоянием (санитарно-защитные зоны, нормирование предельно допустимого воздействия)
- Экранированием (защитные экраны, манипуляторы, герметичность оборудования)

Категория	Возможные последствия аварии при работе
I	Воздействие на население с последующими мерами защиты
II	Воздействие ограничено размерами санитарно –защитной зоны
III	Воздействие ограничено территорией объекта
IV	Воздействие ограничено размерами помещения, где работают с ИИ

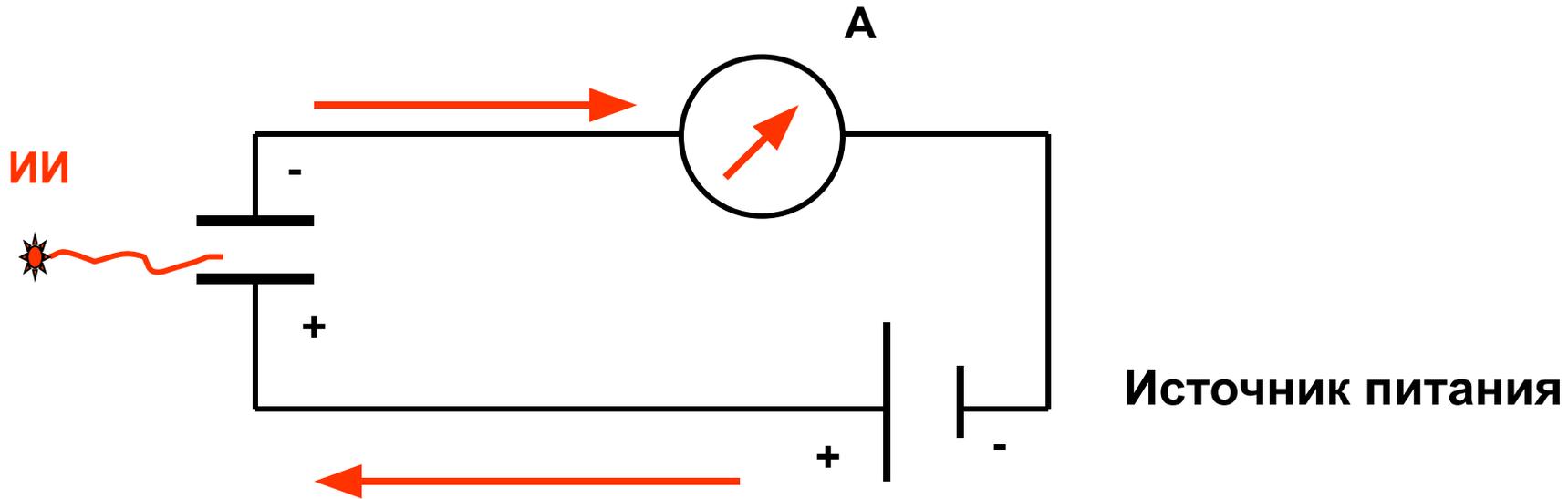
# Измерение ионизирующих излучений

Основа регистрации ионизирующего излучения (**ИИ**) - его взаимодействие с веществом детектора, который вместе с усилителем сигнала и регистрирующим прибором составляет блок-схему для измерений.



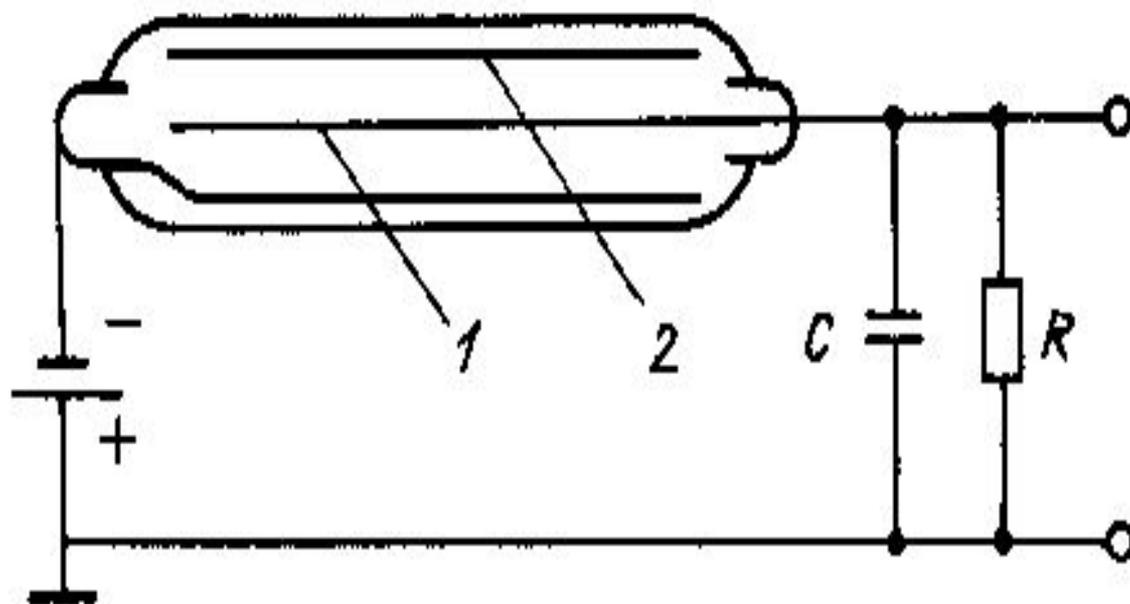
- В зависимости от типа детектора сигналами могут быть:
1. Вспышки света - сцинтилляционный детектор.
  2. Сила или импульсы тока - ионизационный детектор.
- Этот способ регистрации ионизирующих излучений наиболее распространён.

# Схема ионизационной камеры



Ионизационная камера представляет собой конденсатор, между пластинами которого находится газ. При отсутствии **ИИ** ионизация в камере не происходит и амперметр тока не фиксирует. Под действием **ИИ** в газе камеры возникают положительные и отрицательные ионы и в цепи появится ток, сила которого будет пропорциональна интенсивности излучения. Если увеличить напряжение - возникает импульсный ток. Такие устройства называются импульсные газоразрядные счётчики.

## Схема газоразрядного счётчика



1 - анод;  
2 - катод.

# Дозиметрические приборы

1. Дозиметры бытовые и профессиональные предназначены для обнаружения источников гамма-излучения и измерения мощности эквивалентной дозы. Работают в режимах «Поиск» и «Измерение».

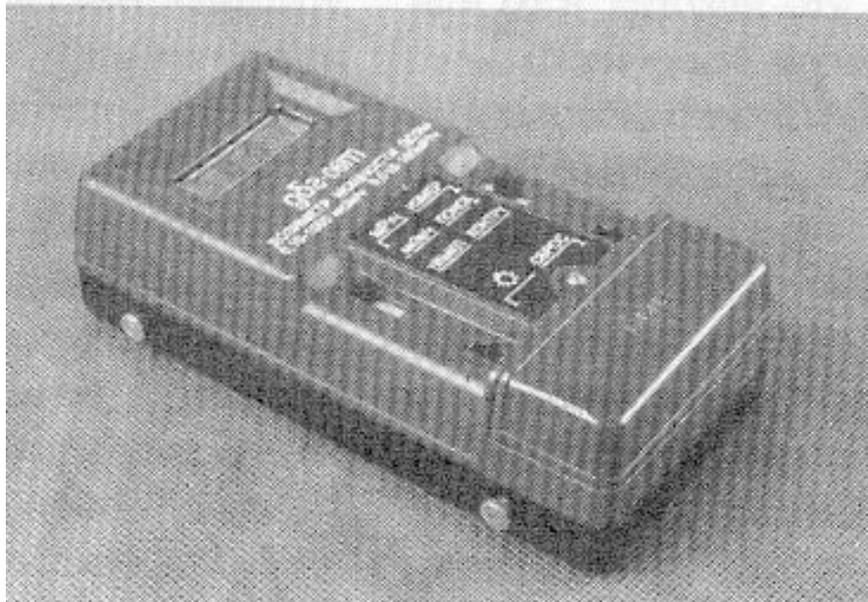
**ДРГ - 01Т1.** Диапазон измерений 0,01 - 10 мР/ч

**ДБГ - 06Т.** Диапазон измерений 0,01 - 10000 мР/ч.

Дозиметры бытовые **«Белла», РКСБ - 104** (20 - 9999 мкР/ч).

С помощью бытового дозиметра можно определить уровень радиоактивного загрязнения продуктов. Если показания прибора над фоном увеличатся на 0,15 мкЗв/ч (15 мкР/ч), то уровень радиоактивного загрязнения допустим (4 кБк/кг(л)), а если увеличение составит 100 мкР/ч, то употребление таких продуктов недопустимо. Выпускаются также специальные приборы для этих целей («Квартекс РД 8901»).

а)



## Дозиметрические приборы

б)

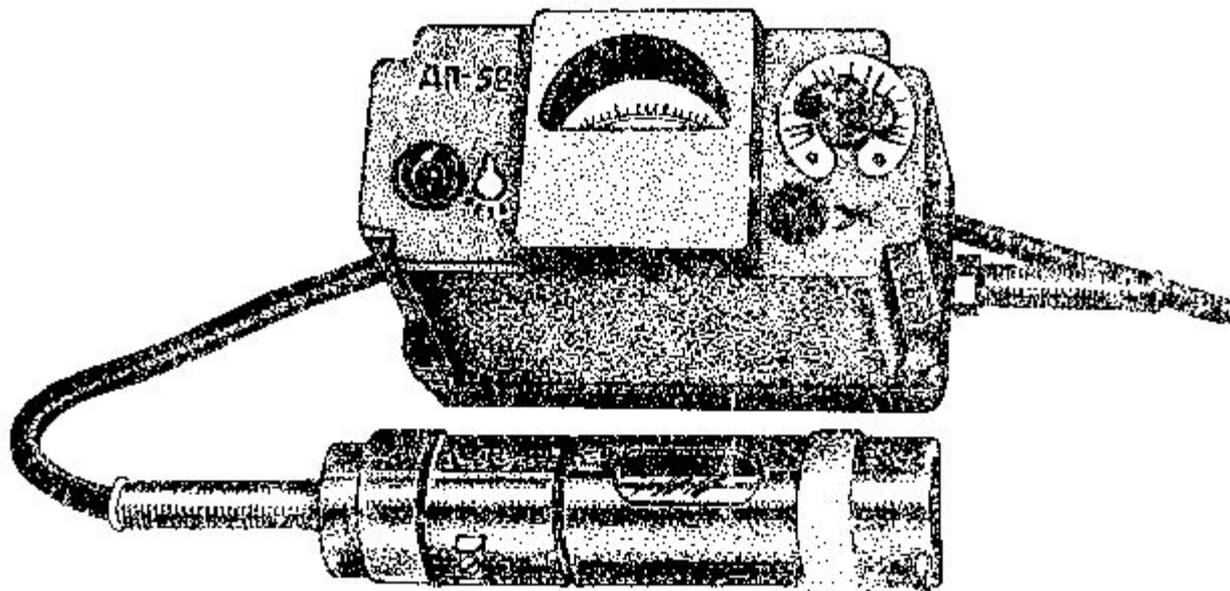


а) - ДБГ-06Т;  
б) - МКГ;

# 6 Дозиметрические приборы (продолжение 1)

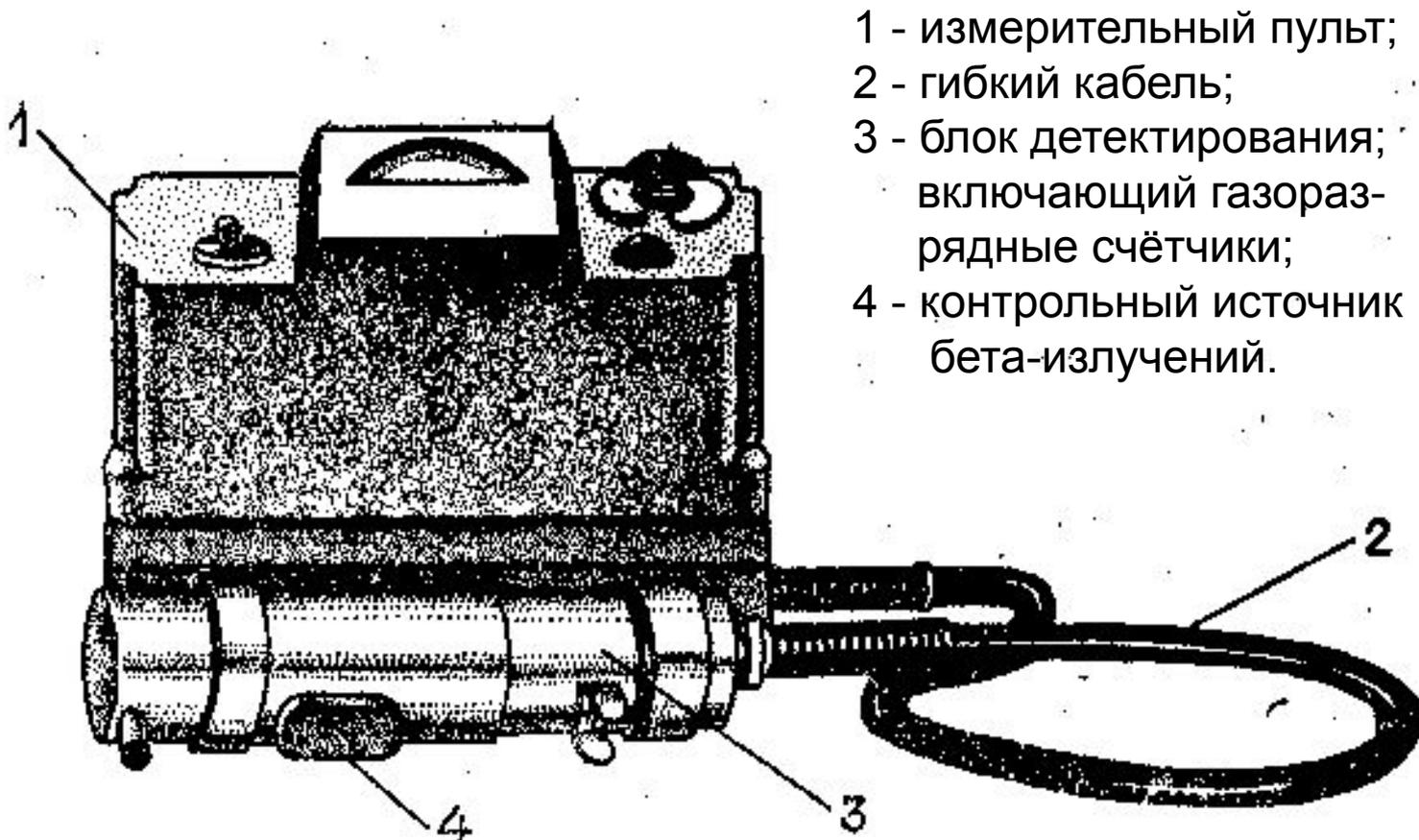
2. Измерители мощности дозы излучения техногенного характера и для работы в зоне радиоактивного заражения.

Измеритель мощности дозы ДП-5В - предназначен для измерения гамма-излучения. Диапазон измерений от 50 мкР/ч до 200 Р/ч. Возможно обнаружение бета-излучений.

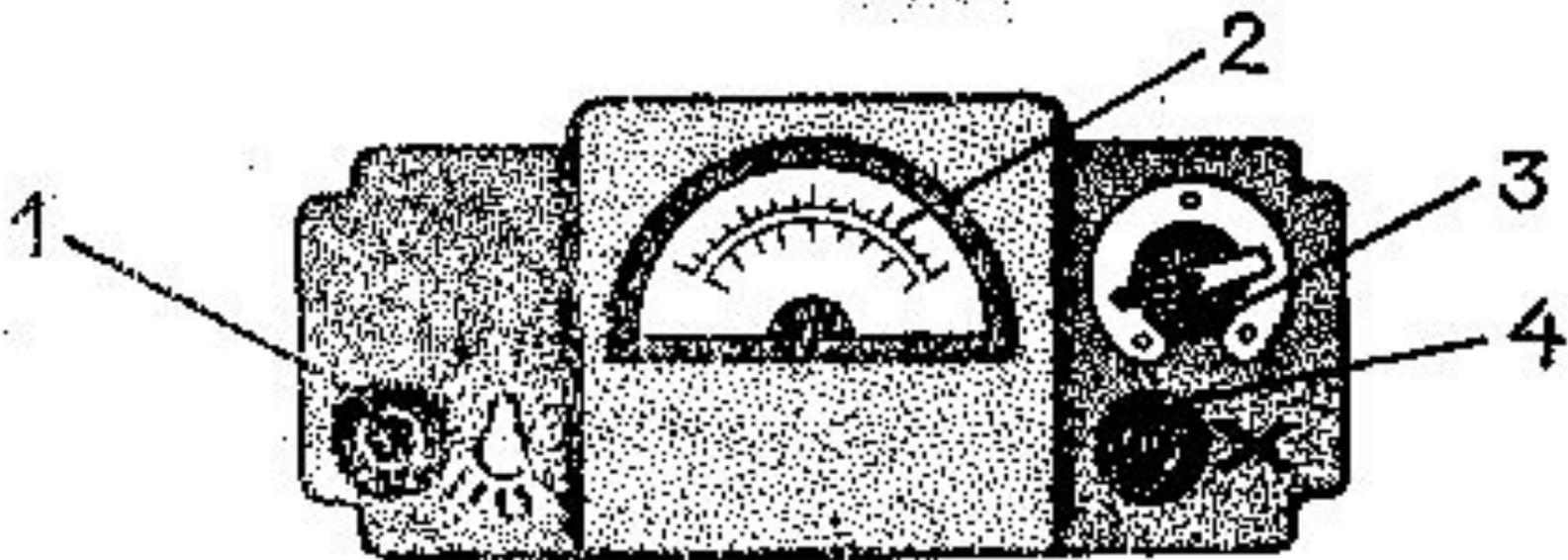


Измеритель мощности дозы ДП-5В

# 7 Дозиметрические приборы (продолжение 2)



Основные элементы прибора ДП-5В



**Вид прибора ДП-5В спереди**

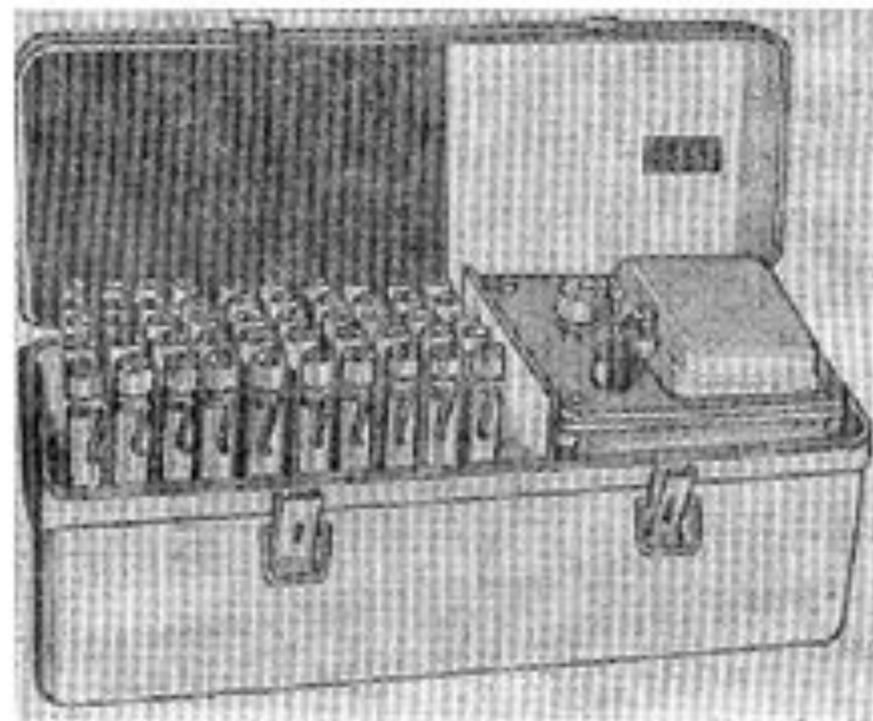
1 - тумблер подсвета шкалы; 2 - шкала микроамперметра;  
 2 - переключатель поддиапазонов; 4 - кнопка сброса.

Блок детектирования имеет кольцевой поворотный экран с маркировкой: **К** - калибровка (щелчки в телефоне и отклонение стрелки; **Г** - измерение гамма-излучений; **Б** - открывается окно и производится измерение суммы бета и гамма-излучений.

# Измеритель мощности дозы



**Диапазон измерений: 10 мкрад/ч - 1000 рад/ч**



В состав прибора входят индивидуальные дозиметры с ионизационной камерой и зарядное устройство.

Измеряется доза от 0 до 50 Р. Перед началом измерений дозиметр вставляют в зарядное устройство, нажимают на него и поворотом ручки потенциометра устанавливают «0» шкалы. Полученная доза фиксируется при выходе из зоны радиоактивного заражения.

**Рис. 61 Измеритель полученной дозы ДП-22-В (ДП-24)**