

Глава 2. (часть 2).

**Вредные и опасные  
факторы.**

**Средства уменьшения их  
влияния.**

# Содержание

- 2.9. Электромагнитные излучения радиочастот
- 2.10. Световые излучения
- 2.11. Улучшение светового режима
- 2.12. Расчёты освещения
- 2.13. Ионизирующие излучения
- 2.14. Защита от электромагнитных излучений
- 2.15. Анализ поражения электрическим током

# 2.9. Электромагнитные излучения радиочастот

## Общие сведения

### Природные источники электромагнитных полей (ЭМП):

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

### Техногенные источники ЭМП:

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

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  $E = 377H$ .

Квантовой моделью описывается процесс поглощения излучений.

# Общие сведения по электромагнитным излучениям (продолжение)

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

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

Направление движения потока энергии определяется вектором Умова-Пойтинга -  $\Pi$ :

$$\vec{\Pi} = \vec{E} \cdot \vec{H}$$

Спектр электромагнитных колебаний делят на три участка:

Радиоизлучения	Оптические	Ионизирующие
$10^5$	$10^{12}$	$10^{16}$
		$10^{21}$

f, Гц

# Характеристики радиоизлучений

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

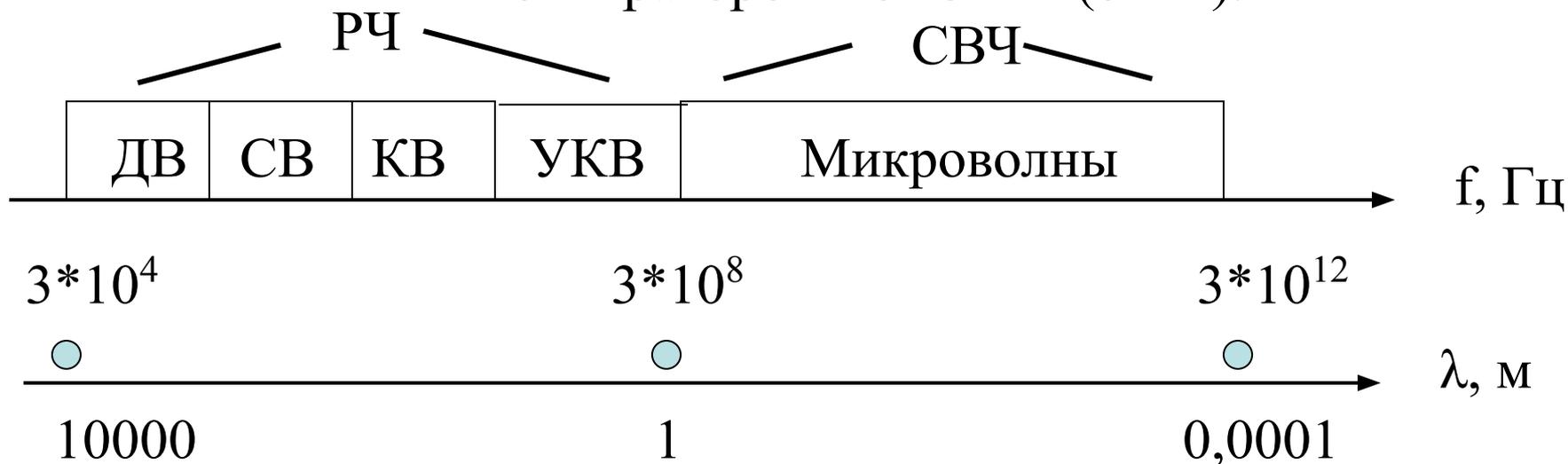
Радиочастоты подразделяют на поддиапазоны:

Длинные волны (ДВ).

Средние волны (СВ).

Короткие волны (КВ).

Ультракороткие волны (УКВ).



# Характеристики радиоизлучений (продолжение)

В районе источника ЭМП выделяют ближнюю зону (индукции) и дальнюю зону (волновую).

Зона индукции находится на расстоянии  $R < \lambda/6$ , а волновая зона - на расстоянии  $R > \lambda/6$  (м).

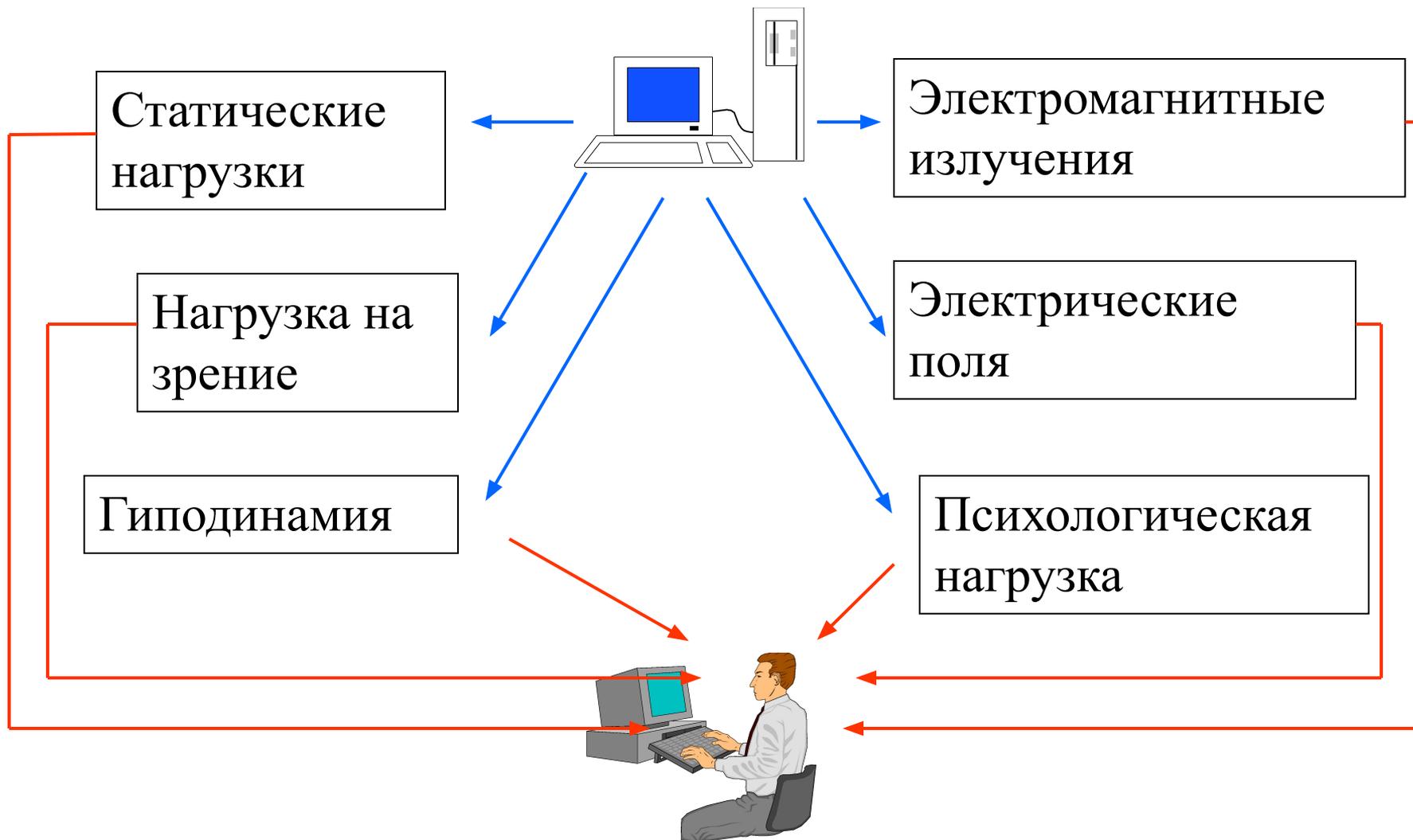
В ближней зоне бегущая волна ещё не сформировалась, а ЭМП характеризуется векторами **E** и **H**.

В волновой зоне ЭМП характеризуется интенсивностью **I** (вт/м<sup>2</sup>), которая численно равна величине **P**.

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>**.

# Факторы отрицательного воздействия компьютера на человека



# Последствия регулярной длительной работы на ПК без ограничения по времени и перерывов

1. Заболевания органов зрения - 60 %
2. Болезни сердечно-сосудистой системы - 60%
3. Заболевания желудка - 40%
4. Кожные заболевания - 10%
5. Компьютерная болезнь (синдром стресса оператора) - 30%.

Минимальное расстояние от глаз до экрана - не менее 50см

Санитарные нормы СанПин 2.2.2. 542-96 устанавливают предельные значения напряжённости электрического и магнитного поля при работе на ПК.

Длительность работы на ПК без перерыва - не более 2 часов.

Длительность работы на ПК преподавателей - не более 4 часов в день.

Длительность работы на ПК студентов - не более 3 часов в день.

В перерывах - упражнения для глаз и физкультпауза.

# 2.10. Световые излучения.

## Воздействие на человека

### Светотехнические величины

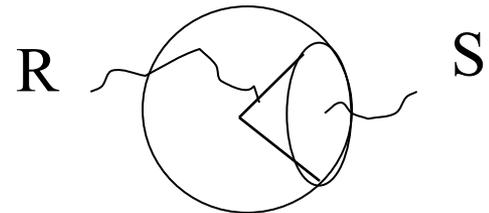
Световые излучения входят в оптическую часть спектра электромагнитных колебаний.

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

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

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

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



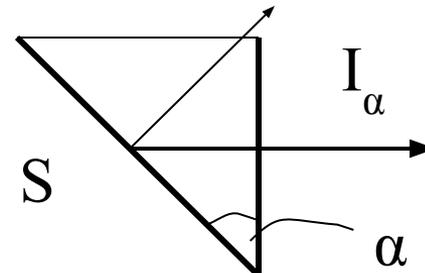
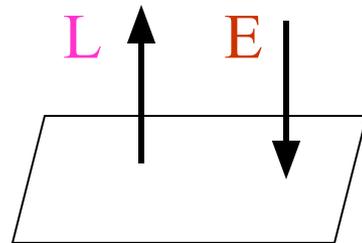
## Светотехнические величины (продолжение)

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

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

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

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



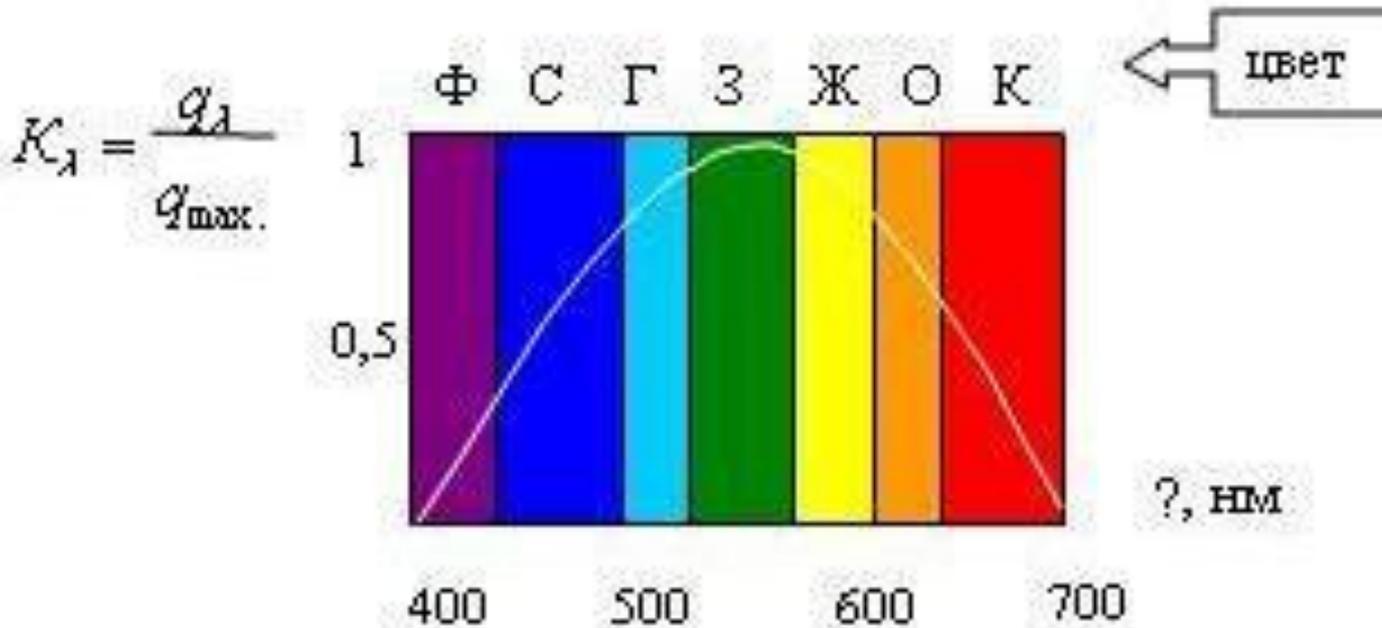
# Зрительный анализатор

Человеческий глаз преобразует энергию оптических излучений в зрительное ощущение. Воспринимается видимая часть оптического участка спектра электромагнитных колебаний с длиной волны 380 -780 нм. 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**.

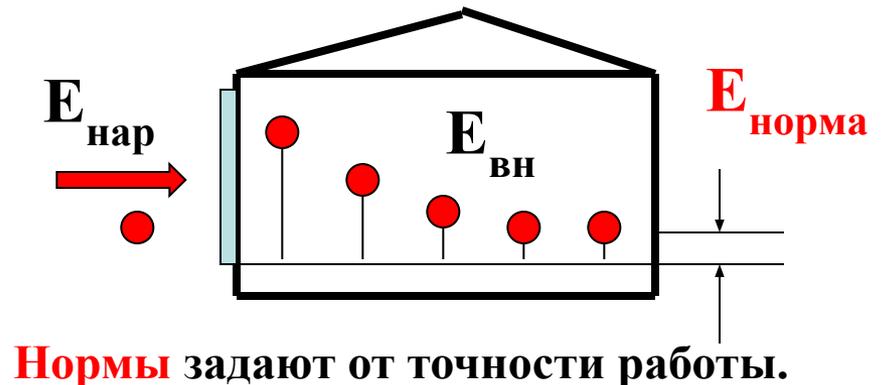
# Оценка и нормирование естественного освещения

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.



# 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.

# 2.11. 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.

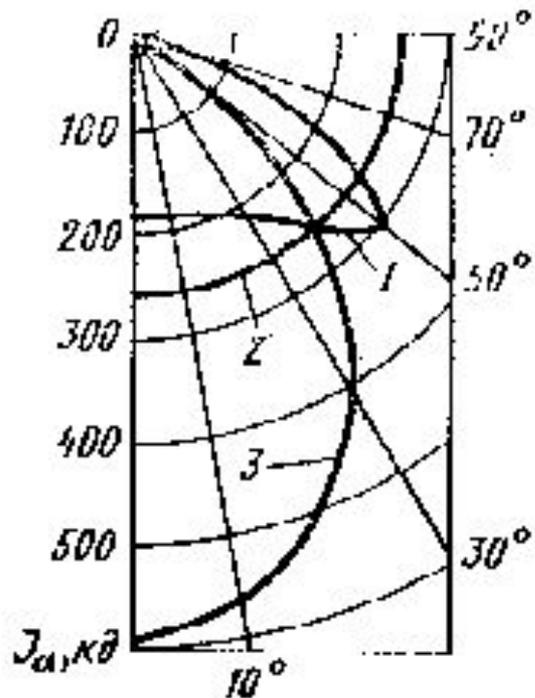
Характеристики светильников: 1 - кривые распределения силы света; 2 - защитный угол (от ослепления), 3 - КПД светильника, как отношение светового потока светильника к световому потоку источника света.

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.

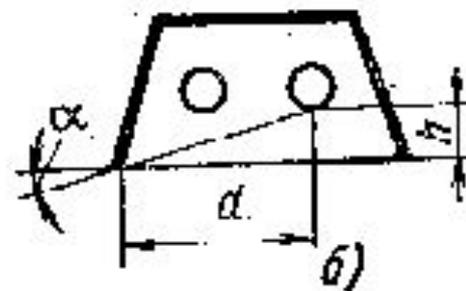
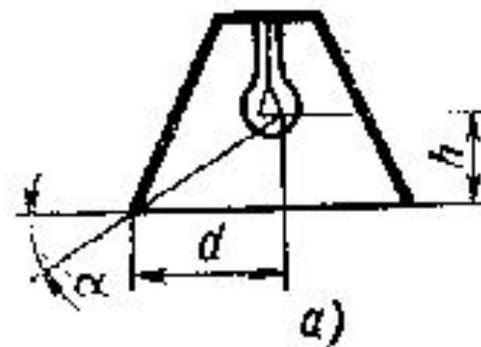


Кривые силы света  
светильника

1 - широкая;

2 - равномерная;

3 - глубокая.



Защитный угол светильника

а - с лампой накаливания

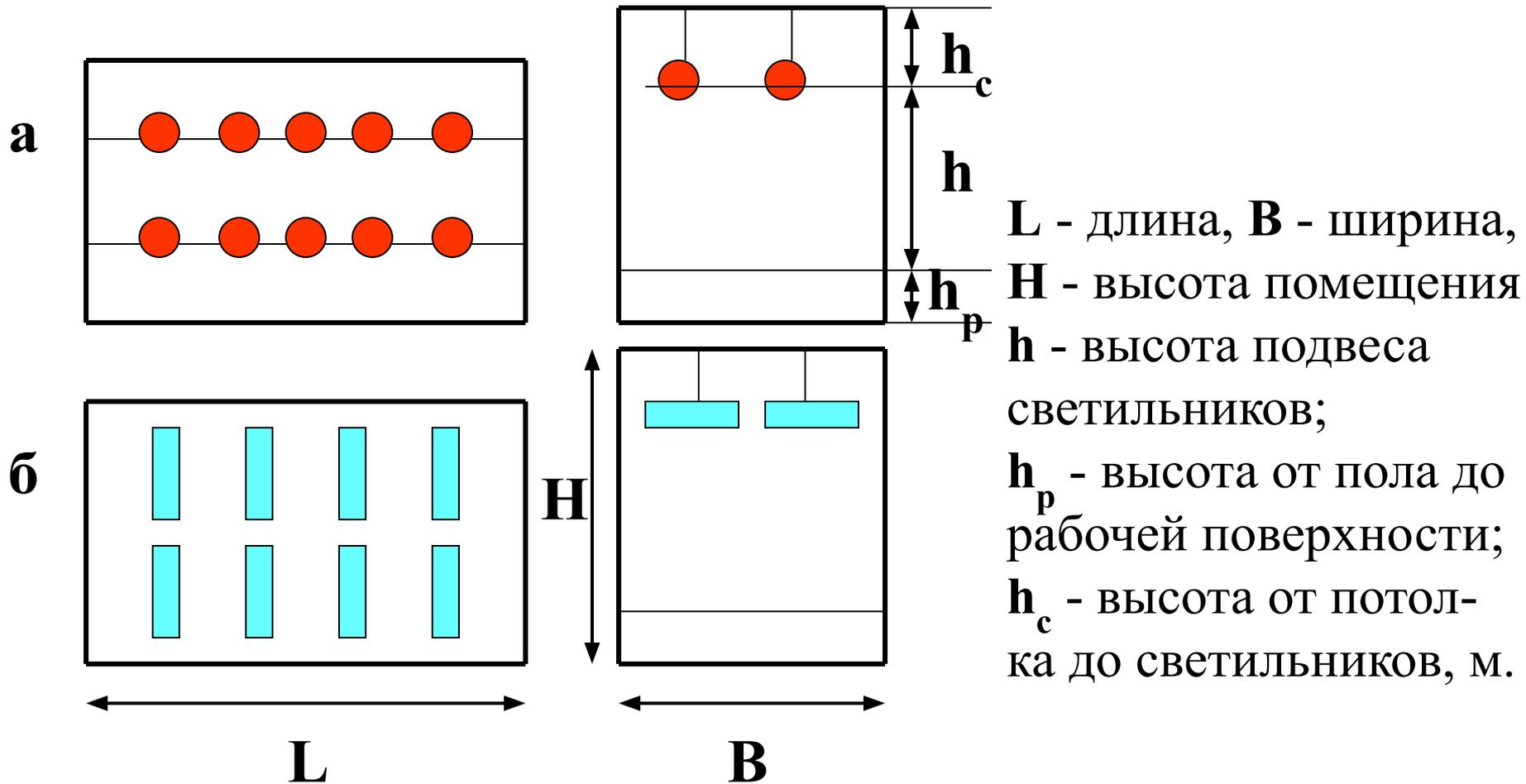
б - с люминесцентными  
лампами.

## 2.12. 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  $n$ .

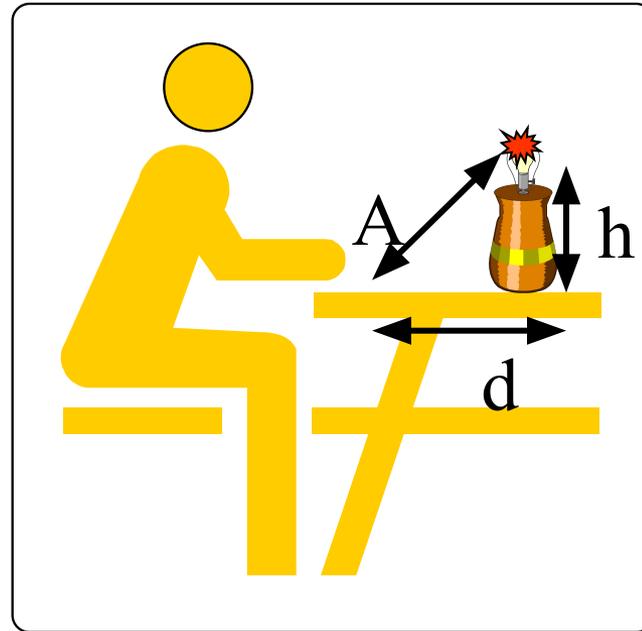


Схема для расчёта местного освещения точечным  
МЕТОДОМ

**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)

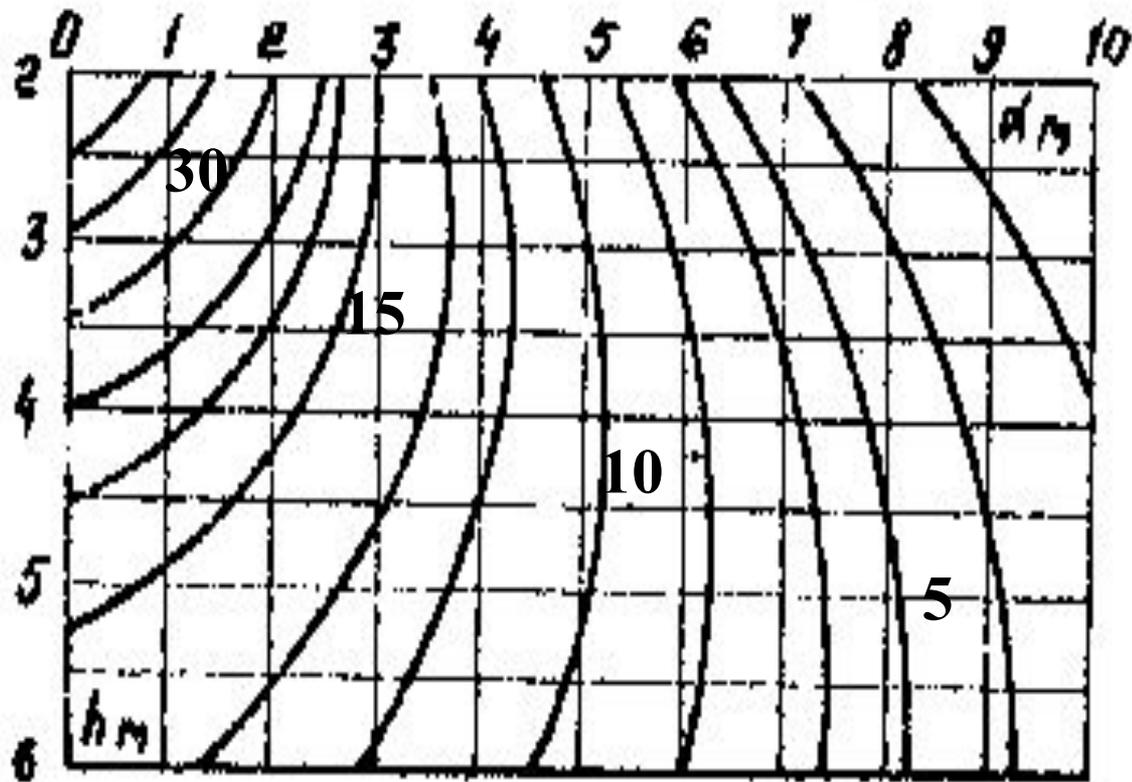
$$\Phi = \frac{\mu \sum E_{\text{усл}}}{1000 K^3 E_{\text{ноб}}}$$

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.

# График пространственных изолюкс



## 2.13. Ионизирующие излучения. Действие на человека

Человек подвергается воздействию ионизирующих излучений (ИИ) при работе с радиоактивными веществами (РВ), при авариях на АЭС, ядерных взрывах, на промышленных и транспортных объектах, при влиянии техногенного фона.

Ионизирующие излучения, взаимодействуя с веществом, создают в нём положительно и отрицательно заряженные атомы - ионы. В результате этого свойства вещества в значительной степени изменяются.

Основная характеристика РВ это **активность А** - число самопроизвольных ядерных превращений  $dN$  за малый промежуток времени  $dt$ .

$$A = \frac{dN}{dt}$$

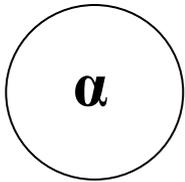
где  $A$  - активность, измеряемая в беккерелях(БК);  
1 **БК** равен одному ядерному превращению в секунду . Внесистемная единица **Кюри (Ки)**.

# Виды ионизирующих излучений

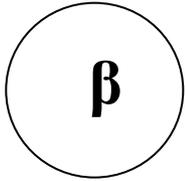
1. Жёсткие электромагнитные рентгеновские  $R$  и гамма  $\gamma$  излучения.

Эти излучения имеют большую проникающую способность.

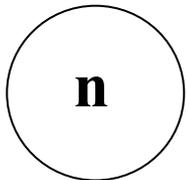
2. Корпускулярные (неэлектромагнитные) излучения.



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.

# 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 (продолжение 1)

**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 (продолжение 2)

**3. Эквивалентная доза Н (Зиверт, Зв)** учитывает разный биологический эффект ионизирующих излучений. Она характеризуется произведением поглощённой дозы **D** на коэффициент относительной биологической активности (коэффициент качества излучения **K**).

$$H = D K$$

Внесистемная единица эквивалентной дозы - **бэр** (биологический эквивалент рада).

$$1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$$

Коэффициент качества излучения равен для гамма- и бета-излучения - **1**, нейтронного излучения - **10**, альфа-частиц - **20**.

**Для гамма-излучения эквивалентная доза равна поглощённой.**

# 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.

# 2.14. Защита от электромагнитных излучений

## Классификация средств защиты

1. Профессиональный медицинский отбор. К работе с установками электромагнитных излучений не допускаются лица моложе 18 лет, а также с заболеваниями крови, сердечно-сосудистой системы, глаз.
2. Организационные меры: защита временем и расстоянием; знаки безопасности.
3. Технические средства, направленные на снижение уровня ЭМП до допустимых значений (экраны отражающие и поглощающие, плоские, сетчатые, оболочковые).
4. Средства индивидуальной защиты (комбинезоны, капюшоны, халаты из металлизированной ткани, специальные очки со стёклами, покрытыми полупроводниковым оловом).

# Защита от электромагнитных излучений диапазонов РЧ и СВЧ

1. Интенсивность электромагнитных излучений  $I$  (Вт/м<sup>2</sup>) от источника мощностью  $P_{ист}$  (Вт) уменьшается с увеличением расстояния  $R$  по зависимости:

$$I = \frac{P_{ист}}{4\pi R^2}$$

Поэтому рабочее место оператора должно быть максимально удалено от источника.

2. **Отражающие экраны** изготавливают из хорошо проводящих металлов: меди, алюминия, латуни, стали. ЭМП создаёт в экране токи Фуко, которые наводят в нём вторичное поле, препятствующее проникновению в материал экрана первичного поля. **Эффективность экранирования  $L$  (дБ) определяется**

**:**

$$L = 10 \lg(I / I_1),$$

где  $I, I_1$  - интенсивность ЭМП без экрана и с экраном;  **$L = 50 - 100$  дБ.**

# Защита от электромагнитных излучений диапазонов РЧ и СВЧ (продолжение)

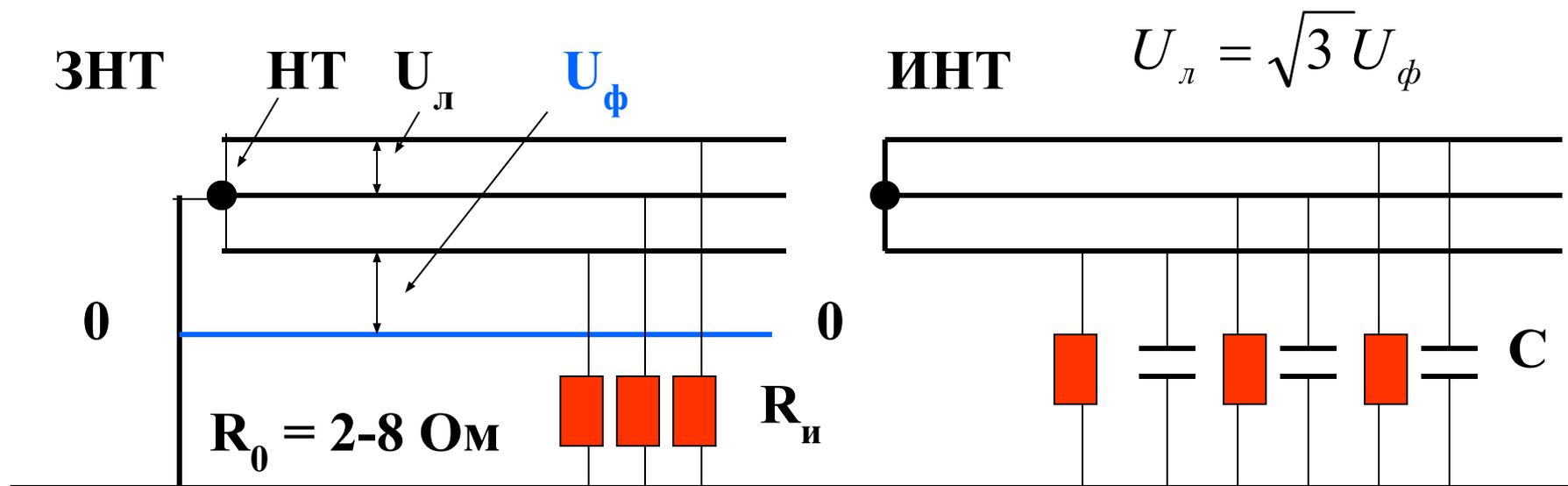
3. Иногда для экранирования ЭМП применяют металлические сетки. Сетчатые экраны имеют меньшую эффективность, чем сплошные. Их используют, когда требуется уменьшить интенсивность (плотность потока мощности) на **20 - 30 дБ** (в 100 - 1000 раз).

4. Поглощающие экраны выполняют из радиопоглощающих материалов (резина, поролон, волокнистая древесина).

5. Многослойные экраны состоят из последовательно чередующихся немагнитных и магнитных слоёв. В результате осуществляется многократное отражение волн, что обуславливает высокую эффективность экранирования.

# 2.15. Анализ опасности поражения электрическим током

## Схемы электрических сетей



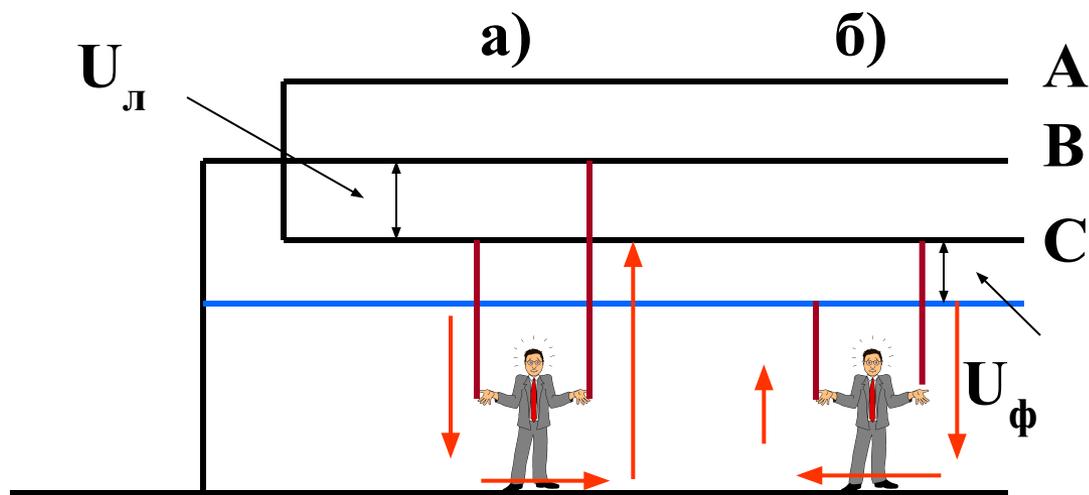
**ЗНТ** - сеть с заземлённой нейтральной точкой трансформатора;  
**ИНТ** - сеть с изолированной нейтральной точкой (ИТ);  
**(0 - 0)** - нулевой защитный проводник;  $R_0$  - рабочее заземление ИТ;  
 $R_{и}$  - сопротивление изоляции фазы относительно земли; **C** - ёмкость;  
 $U_{л}$  - линейное напряжение (380В);  $U_{\phi}$  - фазное напряжение (220В).

# Опасные ситуации поражения током

1. Случайное двухфазное или однофазное прикосновение к токоведущим частям.
2. Приближение человека на опасное расстояние к шинам высокого напряжения (по нормативам минимальное расстояние - 0,7 м.)
3. Прикосновение к металлическим нетоковедущим частям оборудования, которые могут оказаться под напряжением, из-за повреждения изоляции или ошибочных действий персонала.
4. Попадание под шаговое напряжение при передвижении человека по зоне растекания тока от упавшего на землю провода или замыкания токоведущих частей на землю.

# Двухфазное прикосновение к ТОКОВЕДУЩИМ ЧАСТЯМ

Наиболее опасным случаем является прикосновение к двум фазным проводам (а) и к фазному и нулевому проводу (б).



Ток  $I_{\text{ч}}$ , проходящий через человека, и напряжение прикосновения  $U_{\text{пр}}$  (В) при сопротивлении человека  $R_{\text{ч}}$  (Ом):

Путь тока - «рука-рука»

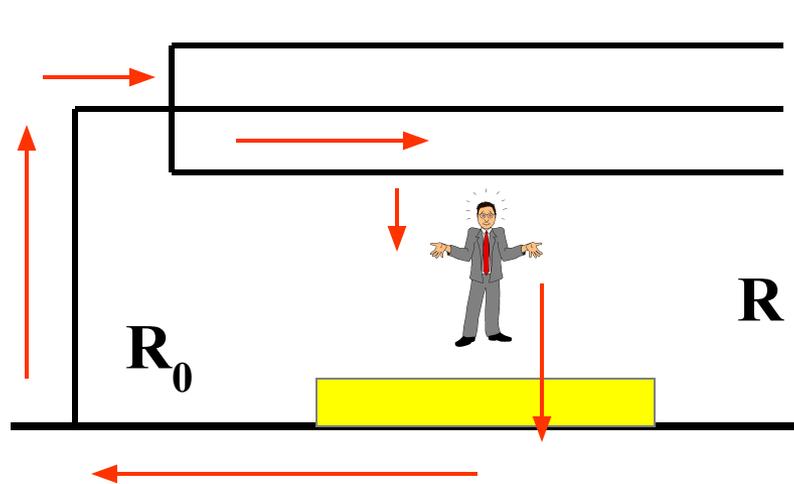
$$\text{а) } I_{\text{ч}} = U_{\text{л}} / R_{\text{ч}} , U_{\text{пр}} = I_{\text{ч}} \cdot R_{\text{ч}} = U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$$

$$\text{б) } I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / R_{\text{ч}} , U_{\text{пр}} = I_{\text{ч}} \cdot R_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$$

Напряжение прикосновения - это разность потенциалов двух точек цепи, которых касается человек поверхностью кожи.

# Однофазное прикосновение к сети с ЗНТ

Этот случай менее опасен, чем двухфазное прикосновение, так как в *цепь поражения* включается сопротивление обуви  $R_{об}$  и пола  $R_{п}$ .



A  
B  
C

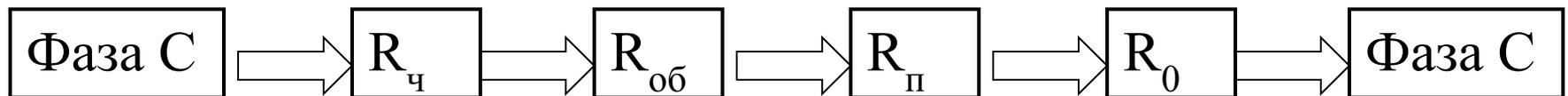
$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R} = \frac{U_{\phi}}{R}$$

$$U_{пр} = \frac{U_{\phi} \cdot R_{ч}}{R}$$

$$R = R_{ч} + R_{об} + R_{п}$$

Путь тока - «рука-нога»

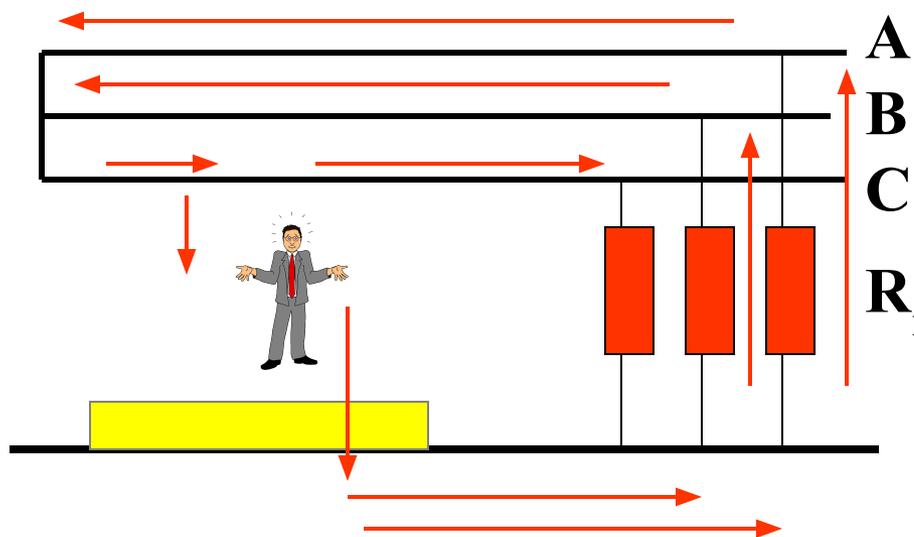
Цепь поражения:



Сети с **ЗНТ** применяются на предприятиях, в городах, в сельской местности.

# Однофазное прикосновение к сети с ИНТ

Этот случай менее опасен, чем для сети с ЗИТ при нормальном сопротивлении изоляции  $R_{и}$  (Ом), но опасность для сети большой протяжённости может возрасти из-за наличия ёмкостного тока.



При одинаковом  $R_{и}$  каждой фазы суммарное сопротивление изоляции равно:

$$\sum R_{и} = R_{и} / 3,$$

Путь тока - «рука-нога»

т. к.  $1 / R_{и} = 1 / R_{иA} + 1 / R_{иB} + 1 / R_{иC}$

$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R + R_{и} / 3}$$

Сети с ИНТ применяют при небольшой протяжённости линий, **на судах**. Они требуют постоянного контроля  $R_{и}$ .