

2.10. Световые излучения. Воздействие на человека

Светотехнические величины

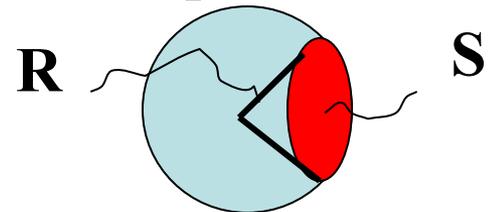
Световые излучения входят в оптическую часть спектра электромагнитных колебаний.

1. Световым потоком Φ (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 Ω , который конической поверхностью ограничивает часть пространства.

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

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



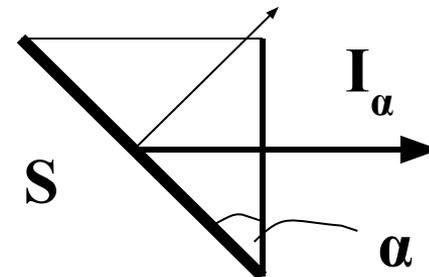
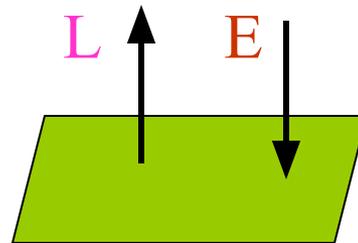
Светотехнические величины (продолжение)

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/м²) - это отношение силы света, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную направлению распространения света.

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



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**.

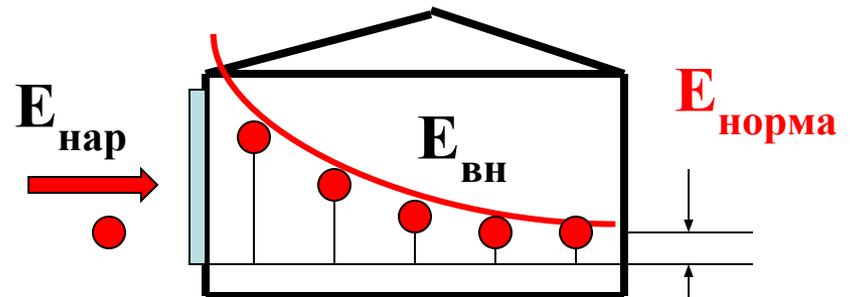
Оценка и нормирование естественного освещения

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

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

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.



Нормы задают от точности работы.

5 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_ϕ к яркости фона.

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

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

6 Нормирование искусственного освещения (продолжение)

3. Характеристика фона, которая задаётся в зависимости от коэффициента отражения света ρ (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

2.11. Улучшение светового режима

Классификация систем освещения

Искусственное освещение по виду делят:

Общее равномерное

Общее локализованное

Комбинированное =

Общее +

Местное

По функциональному назначению:

Рабочее

Дежурное

Аварийное

Совмещённое освещение

Естественное

+

Искусственное

Источники света

Основные характеристики

1. Рабочее напряжение U (В) и электрическая мощность N (Вт).
2. Световой поток лампы Φ (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 φ (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.

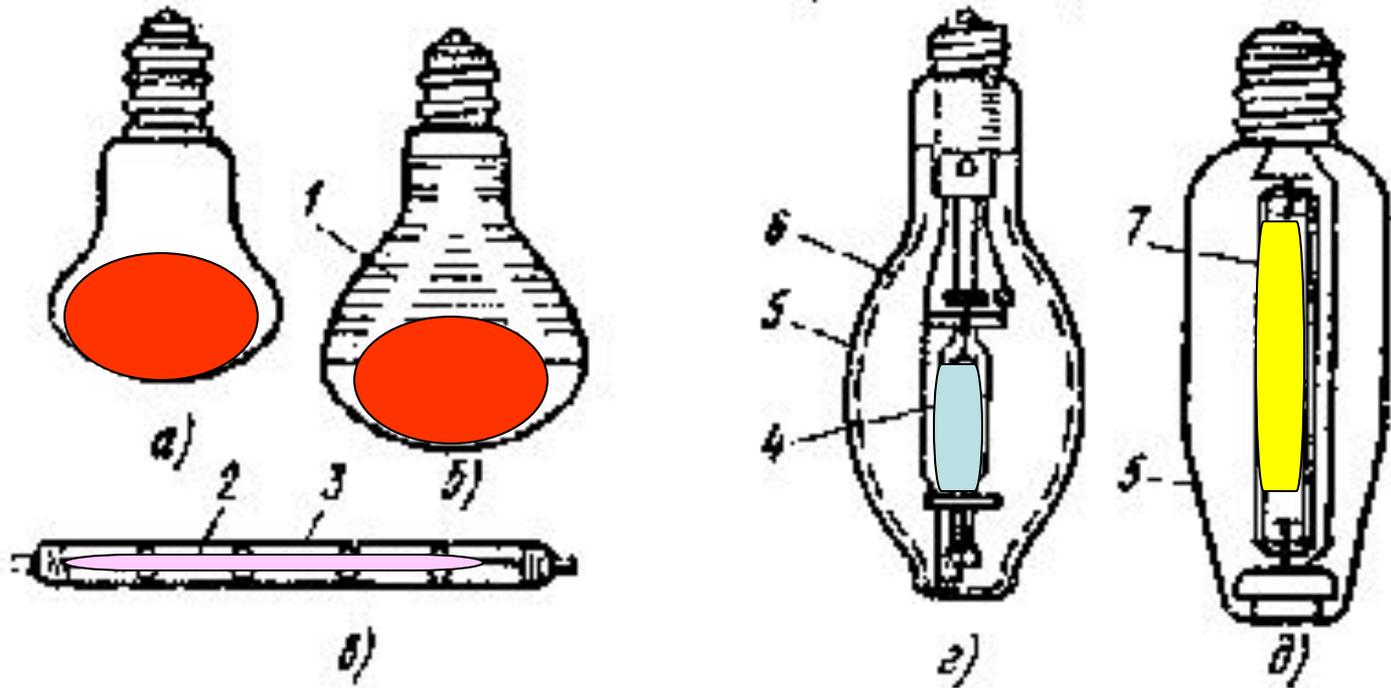


Рис. 33 Некоторые типы ламп (масштабы разные)

а - криптоновая; б - зеркальная; в - галогенная; г - ДРЛ; д - ДНаТ;
 1 - отражающий слой; 2 - нить накала; 3 - кварцевая колба; 4 - ртут-
 ная кварцевая лампа; 5 - внешняя стеклянная колба; 6 - люминофор;
 7 - горелка, заполненная парами натрия.

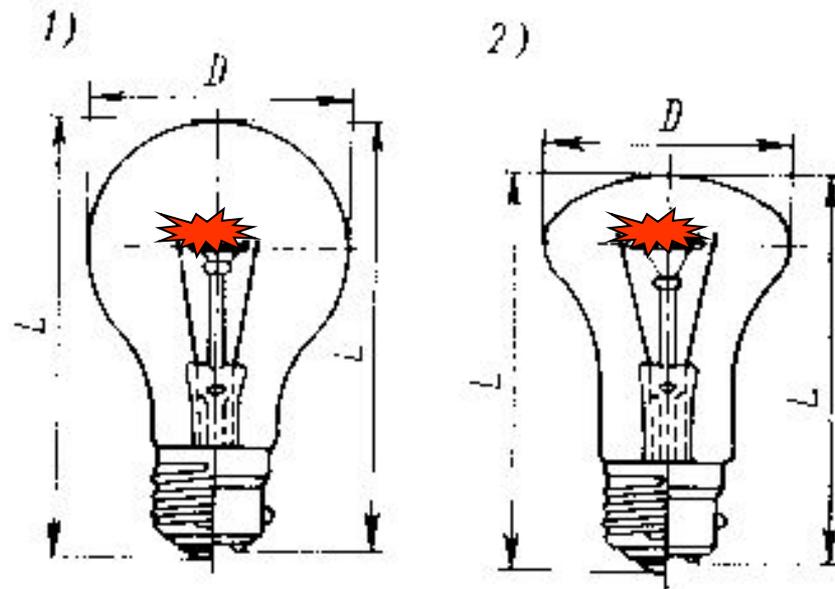


Рис. 34 Лампы накаливания общего назначения

1. **НБ 220 - 100** - накаливания биспиральная, световой поток - 1240 лм, световая отдача - 12,4 лм/Вт;
2. **НБК 220 -100** - накаливания биспиральная криптоновая, световой поток - 1380 лм; световая отдача - 13,8 лм/Вт.



Осветительные приборы

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

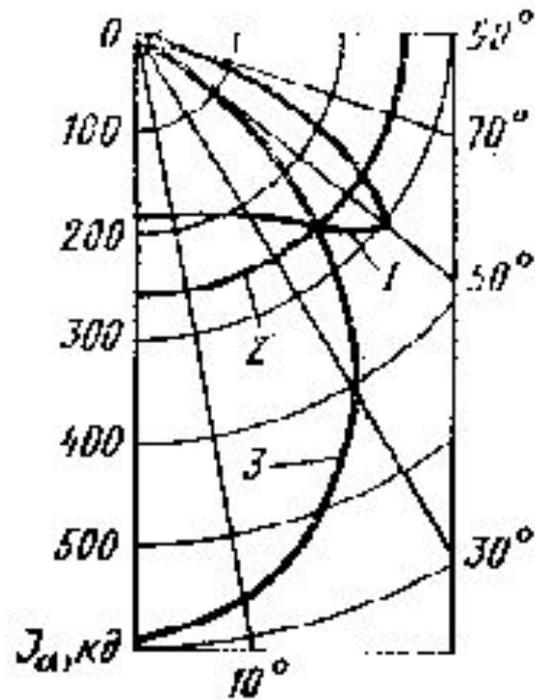
Характеристики светильников: 1 - кривые распределения силы света; 2 - защитный угол (от ослепления), 3 - КПД светильника, как отношение светового потока светильника к световому потоку источника света.

По распределению светового потока светильники делят:

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

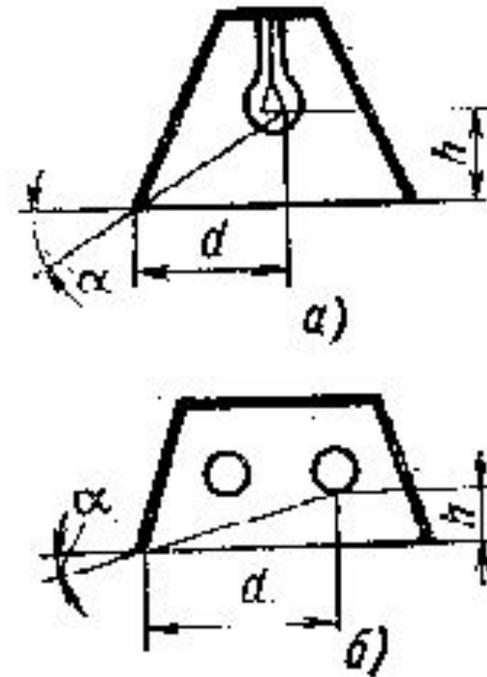
По исполнению светильники делят:

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



**Рис. 35 Кривые силы
света светильника**

- 1 - широкая;
- 2 - равномерная;
- 3 - глубокая.



**Рис. 36 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.

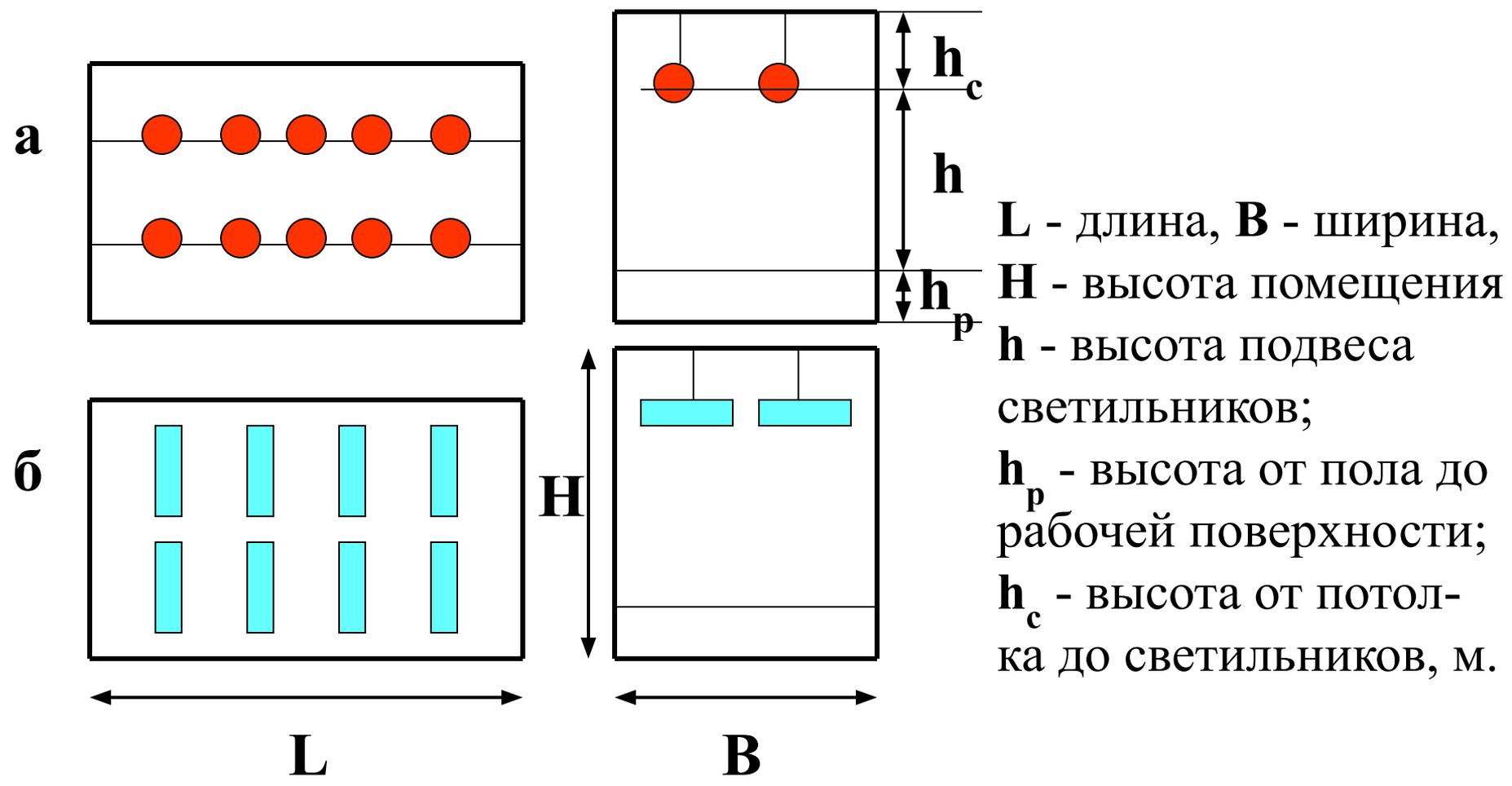


Рис. 37 Расчётная схема при проектировании системы общего освещения методом коэффициента использования светового потока

а - лампы накаливания; б - люминесцентные лампы.

3 1. Метод коэффициента использования светового потока

Метод применяется для расчёта общего освещения.

При установке ламп накаливания определяют требуемый световой поток Φ (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, м²;

n - количество ламп, которое задаётся;

η - 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 .

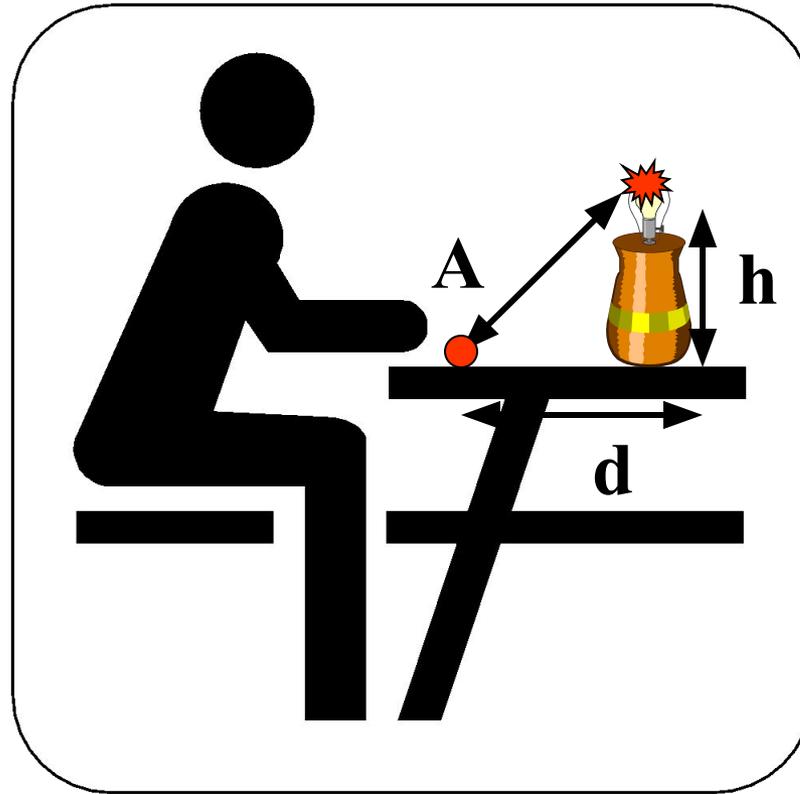


Рис. 38 Схема для расчёта местного освещения точечным методом

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 **Φ** (лм)

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

где μ - коэффициент по учёту отражённого света (1,1); $\sum E_{\text{усл}}$ - суммарная условная освещённость

Условной освещённостью называется освещённость, создаваемая светильником с лампой **Φ** = 1000 лм.

Условная освещённость для светильников определяется по графикам пространственных изолюкс (рис. 39).

График пространственных изолюкс

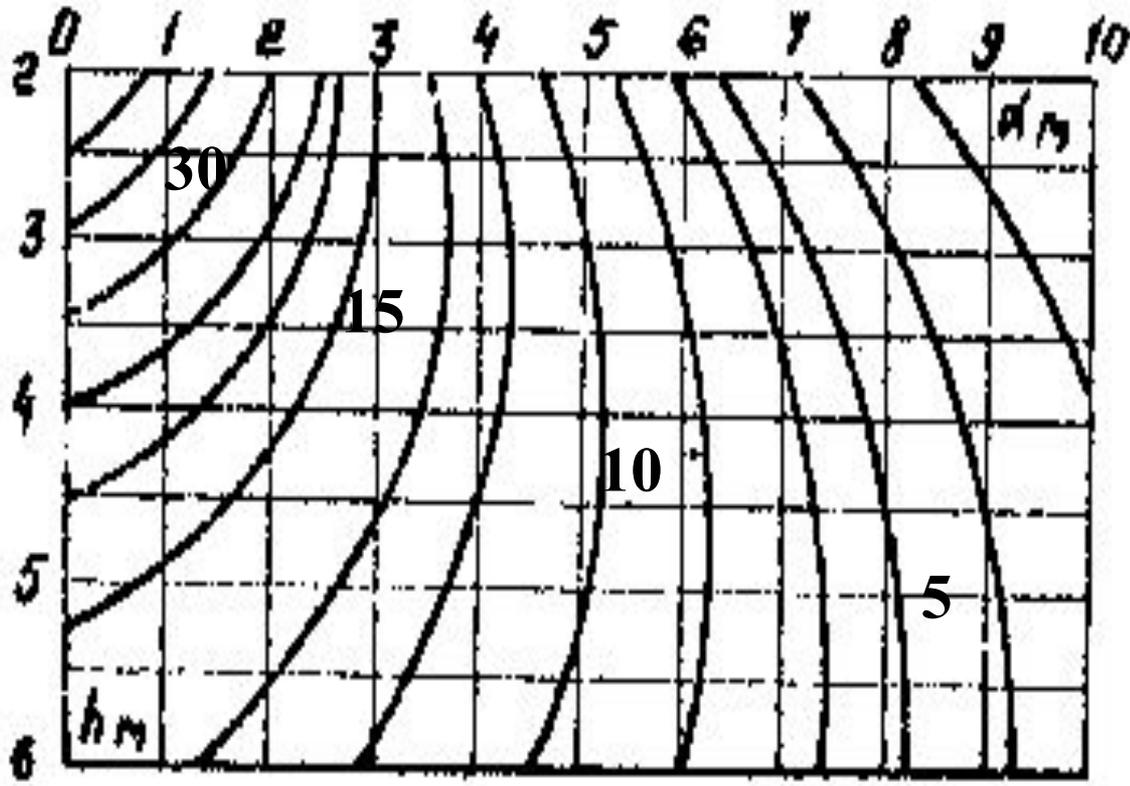


Рис.39

2.13. Ионизирующие излучения



2.13. Ионизирующие излучения. Действие на человека

1 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 .

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

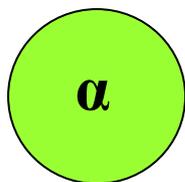
где **А** - активность, измеряемая в беккерелях (**Бк**); **1 Бк** равен одному ядерному превращению в секунду. Внесистемная единица **Кюри (Ки)**.

Виды ионизирующих излучений

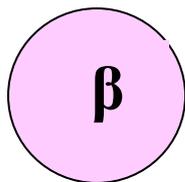
1. Жёсткие электромагнитные рентгеновские Р и гамма γ излучения.

Эти излучения имеют большую проникающую способность.

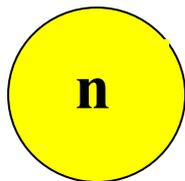
2. Корпускулярные (неэлектромагнитные) излучения.



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 H (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.

6 **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](#)

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/м²) 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.**

3 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.

Защита от ионизирующих излучений

Различают внешнее и внутреннее облучение.

1. Защита от внешнего облучения осуществляется установкой стационарных или переносных экранов, применением защитных сейфов, боксов. Для сооружения стационарных средств защиты используют бетон, кирпич. В переносных или передвижных экранах в основном используется свинец, сталь, вольфрам, чугун.

2. Очень опасным является внутреннее облучение альфа- и бета-частицами, проникающими в организм с радиоактивной пылью. Для защиты используют следующие меры: работа с радиоактивными веществами осуществляется в вытяжных шкафах или боксах с усиленной вентиляцией, применяются СИЗ (респираторы, противогазы, резиновые перчатки), выполняется постоянный дозиметрический контроль, а также дезактивация одежды и поверхности тела.

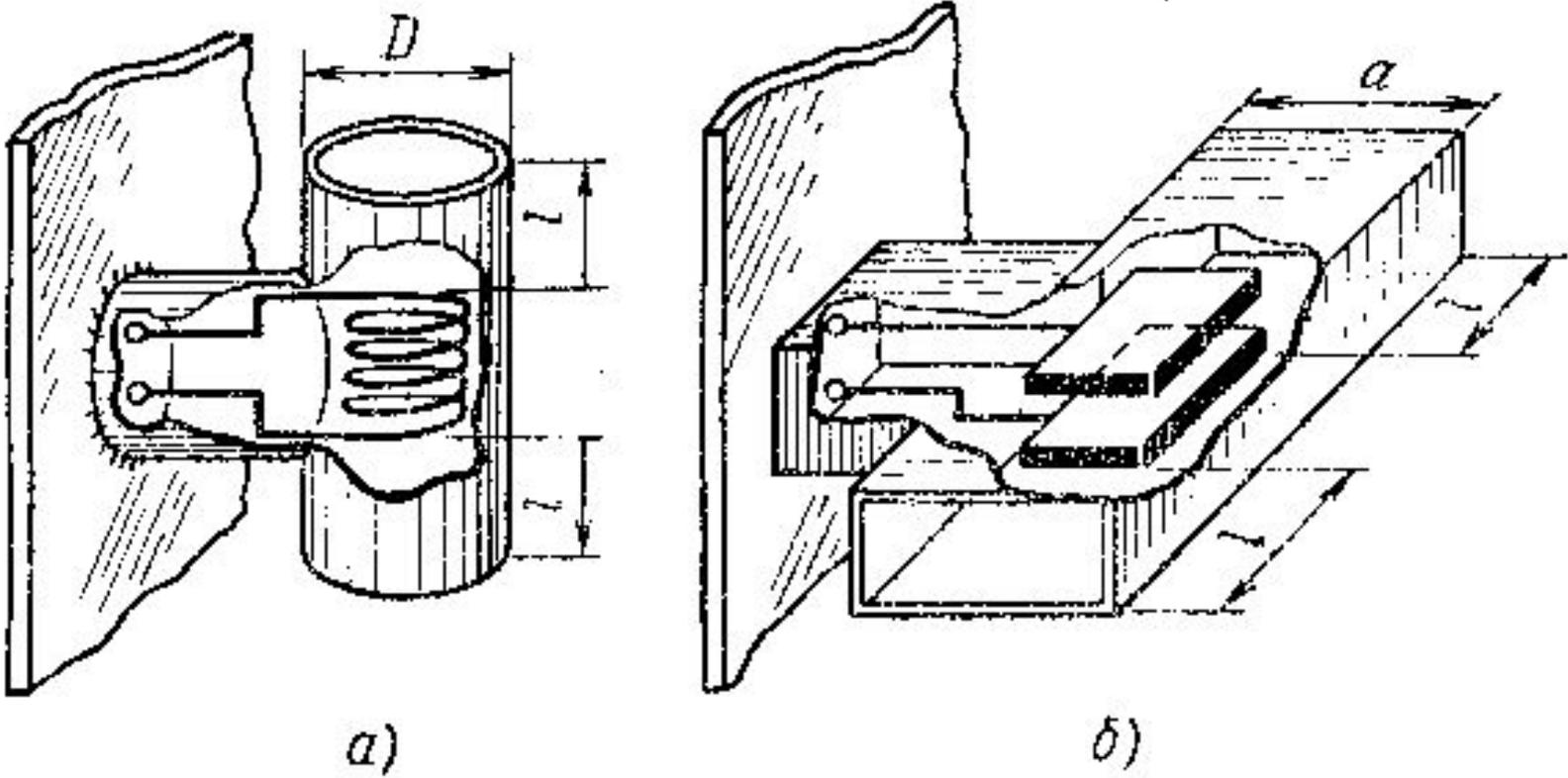
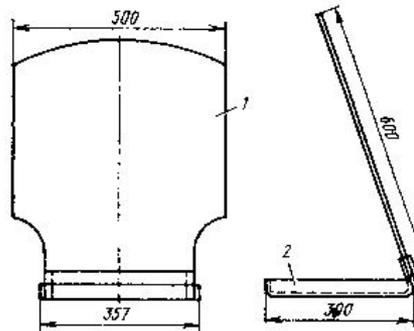


Рис. 40 Экранирование источников электромагнитных излучений.

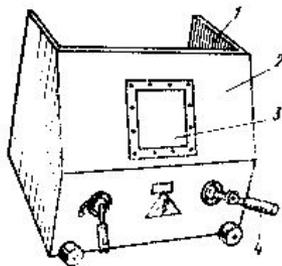
а - индуктора; б - конденсатора

а)

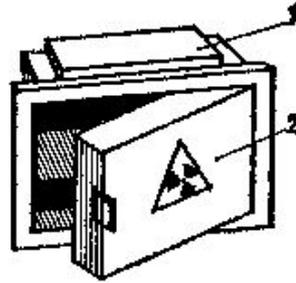
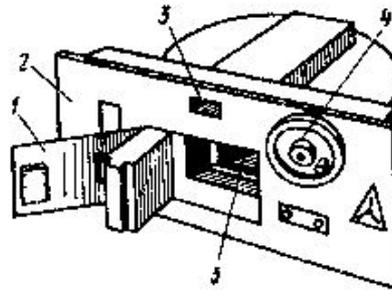
Экран из органического стекла



1 — смотровое окно; 2 — подставка

Экран настольный передвижной
двумя захватами1 — боковые стенки; 2 — передняя
стенка; 3 — смотровое окно; 4 — за-
хваты типа 2РЗС-1

б)

Сейф стационарный стенной
защитный1 — стальной шкаф;
2 — свинцовая дверь с замкомСейф стационарный стенной
защитный поворотный1 — дверца с замком; 2 — ко-
жух; 3 — указатель; 4 — ма-
ховик; 5 — барабан

в)

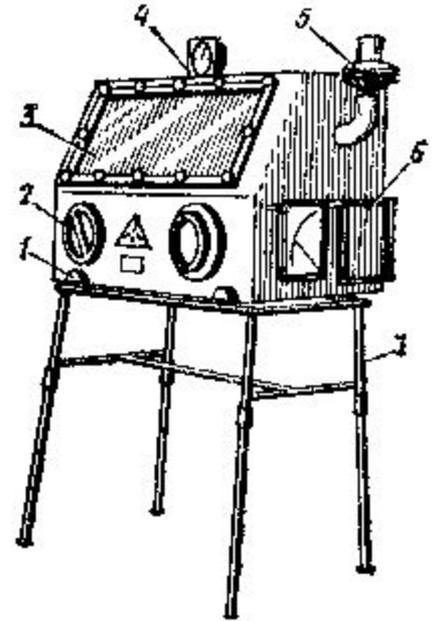
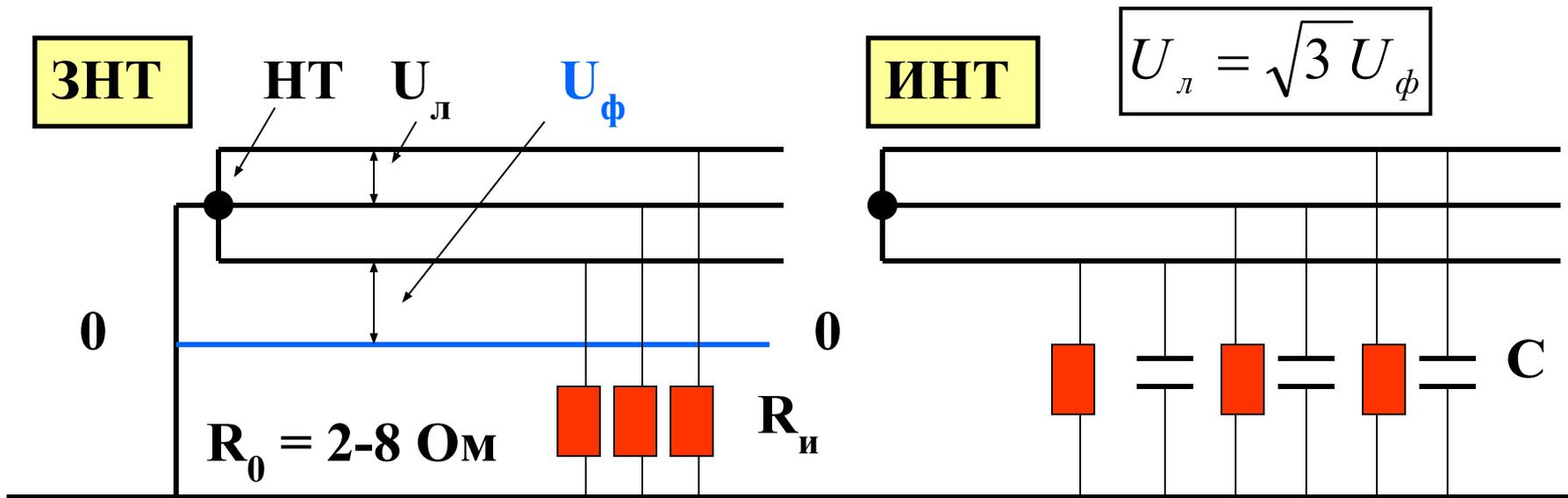
Бокс защитный перчаточный
на одно рабочее место1 — корпус бокса; 2 — перчат-
ки; 3 — смотровое окно;
4 — тягонапоромер; 5 — вы-
тяжной фильтр; 6 — форкаме-
ра; 7 — подставка

Рис. 41 Средства защиты от ионизирующих излучений
а - экраны; б - защитные сейфы; в - бокс.

2.15. Анализ опасности поражения электрическим током

Схемы электрических сетей



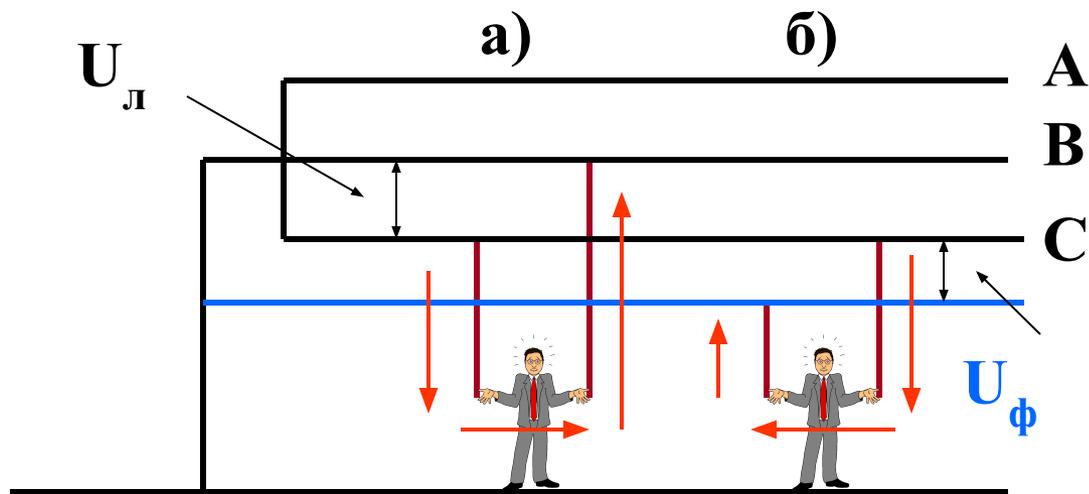
ЗНТ - сеть с заземлённой нейтральной точкой трансформатора;
ИНТ - сеть с изолированной нейтральной точкой (НТ);
(0 - 0) - нулевой защитный проводник; R_0 - рабочее заземление НТ;
 $R_{и}$ - сопротивление изоляции фазы относительно земли; C - ёмкость;
 $U_{л}$ - линейное напряжение (380В); U_{ϕ} - фазное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

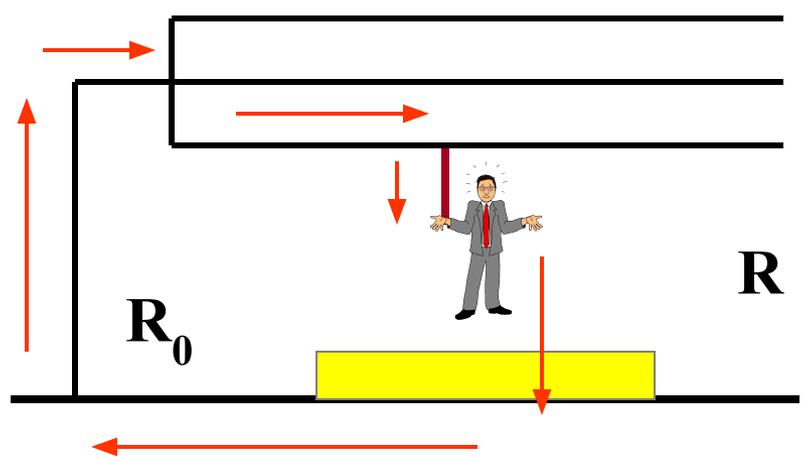
$$\text{а) } I_{\text{ч}} = U_{\text{л}} / R_{\text{ч}} , U_{\text{пр}} = I_{\text{ч}} \cdot R_{\text{ч}} = U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$$

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

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

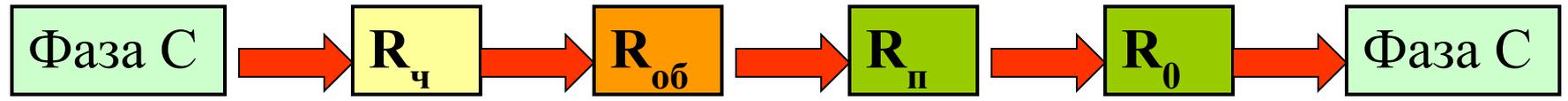
$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R} = \frac{U_{\phi}}{R}$$

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

$$R = R_{ч} + R_{об} + R_{п}$$

Путь тока - «рука-нога»

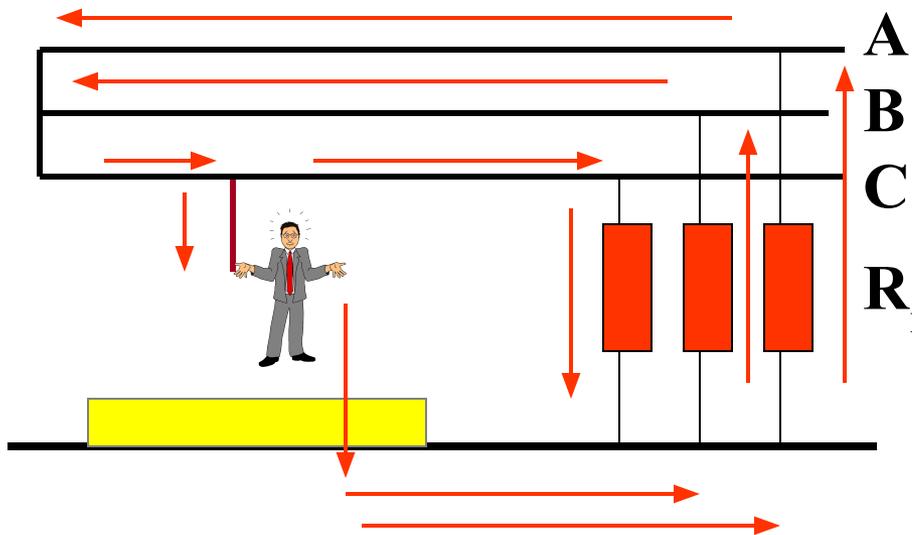
Цепь поражения:



Сети с ЗНТ применяются на предприятиях, в городах, на селе.

Однофазное прикосновение к сети с ИИТ

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

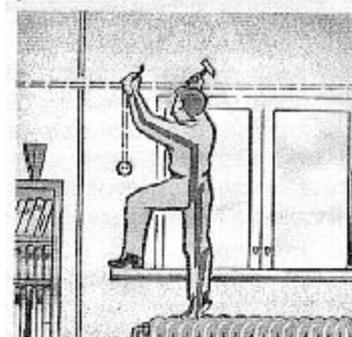
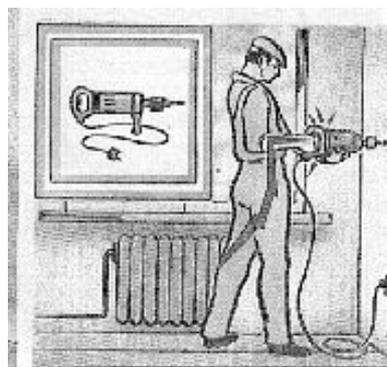
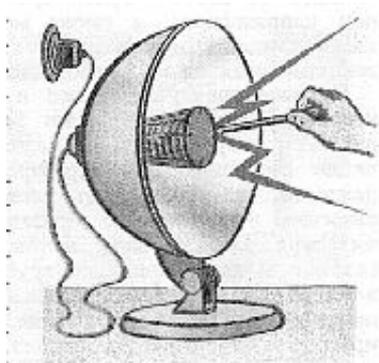
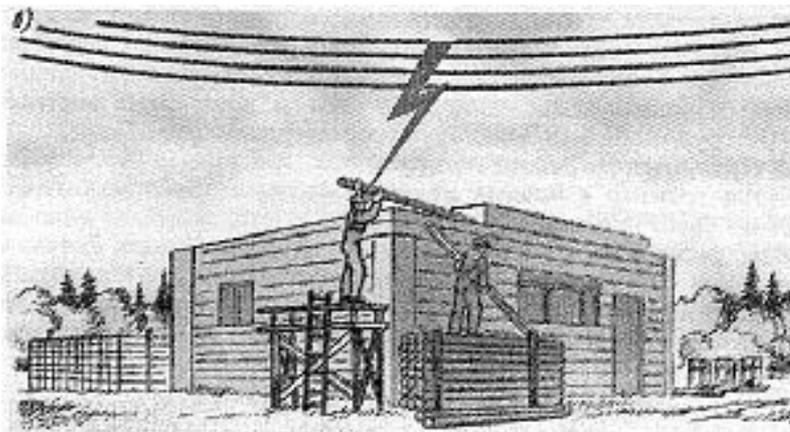


Рис. 42 Опасные ситуации поражения током в бытовой сфере.

1

2.16. Воздействие тока на человека

Электрические травмы

1. Ожоги - токовые и дуговые.
2. Электрические знаки - это метки тока, возникающие в месте входа тока или по пути прохождения тока (разводы и тёмные пятна)
3. Металлизация кожи - это проникновение брызг расплавленного металла от дуги в кожу.
4. Механические повреждения от судорожных сокращений мышц.
5. Электроофтальмия - это повреждение роговицы глаз от электрической дуги (например, при сварке).

Электрические удары

При включении человека в электрическую сеть образуется замкнутая **«цепь поражения»** и ток, проходящий через человека $I_{\text{ч}}$ (А), будет определять степень опасности.

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{пр}}}{R_{\text{ч}}},$$

где $U_{\text{пр}}$ - напряжение прикосновения, В;
 $R_{\text{ч}}$ - сопротивление тела человека, Ом.

Электрические удары имеют разные последствия:

1. Человек может самостоятельно оторваться от проводника, жизнедеятельность сохраняется, но затем могут быть неблагоприятные отклонения в состоянии здоровья.
2. Человек не может самостоятельно оторваться от проводника и длительное время находится под действием тока. В результате этого возможно шоковое состояние, паралич органов дыхания, фибрилляция сердца (беспорядочное сокращение волокон сердечной мышцы, что часто приводит к летальному исходу).

Факторы, влияющие на опасность поражения током

- 1. Сила тока, время и путь его прохождения через человека (наиболее опасные пути - «рука-рука», «рука- нога», «левая рука-ноги»).
- 2. Род и частота тока (переменный ток считается более опасным, чем постоянный, причем с повышением частоты опасность тока снижается.)
- 3. Вид электрической сети (обычно сети с ЗНТ более опасны, чем сети с ИНТ).
- 4. Сопротивление тела человека, которое лежит в пределах 0,3 -100 кОм, но обычно составляет 2000 - 10000 Ом, причём сопротивление внутренних органов человека равно 300 - 500 Ом. При расчётах сопротивление человека $R_{ч}$ принимается **1000 Ом**.

$R_{ч}$ зависит от:

состояния кожи (сухая, влажная, повреждённая);
 состояния здоровья, психофизиологических особенностей, фактора «внимания».

Пороговые значения силы тока. Предельный ток

Для переменного тока частотой 50 Гц установлены пороги:

Ощутимый ток (1 - 3 мА)

Неотпускающий ток (10 - 15 мА).

Ток, вызывающий паралич дыхательных мышц (60 - 80 мА).

Фибрилляционный (смертельный) ток (100 мА при $t > 0,5$ с).

Безопасная для человека сила тока составляет **0,3 мА**.

Предельная сила тока при времени воздействия 1 секунда составляет **50 мА**, а при времени 3 с. - **6 мА**.

2.17. Средства электробезопасности

Средства электробезопасности делят на технические и защитные.

Технические средства электробезопасности

1. Выбор электрооборудования соответствующего исполнения в зависимости от условий эксплуатации (защищённое, брызгозащищённое, взрывозащищённое и др.)
2. Изоляция токоведущих частей, которая является первой и основной ступенью защиты. Допустимое сопротивление изоляции для отдельных участков сети составляет 0,3 - 1 МОм. Изоляцию делят на рабочую, двойную и усиленную.
3. Защита от случайного прикосновения к токоведущим частям:
 - ограждения, блокировки;
 - расположение токоведущих частей на недоступной высоте;
 - защитное отключение, реагирующее на прикосновение человека к токоведущим частям.

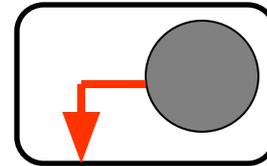
Технические средства электробезопасности (продолжение)

4. Применение малых напряжений (**12 - 42 В**) в особо опасных помещениях.

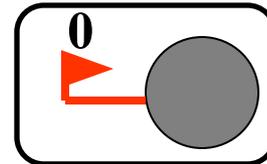
5. Средства уменьшения ёмкостного тока: включение индуктивной катушки между нейтральной точкой и землёй, разделение протяжённых сетей на отдельные участки с меньшей ёмкостью.

6. Средства защиты от пробоя фазы на корпус оборудования:

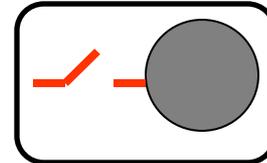
Защитное заземление



Зануление

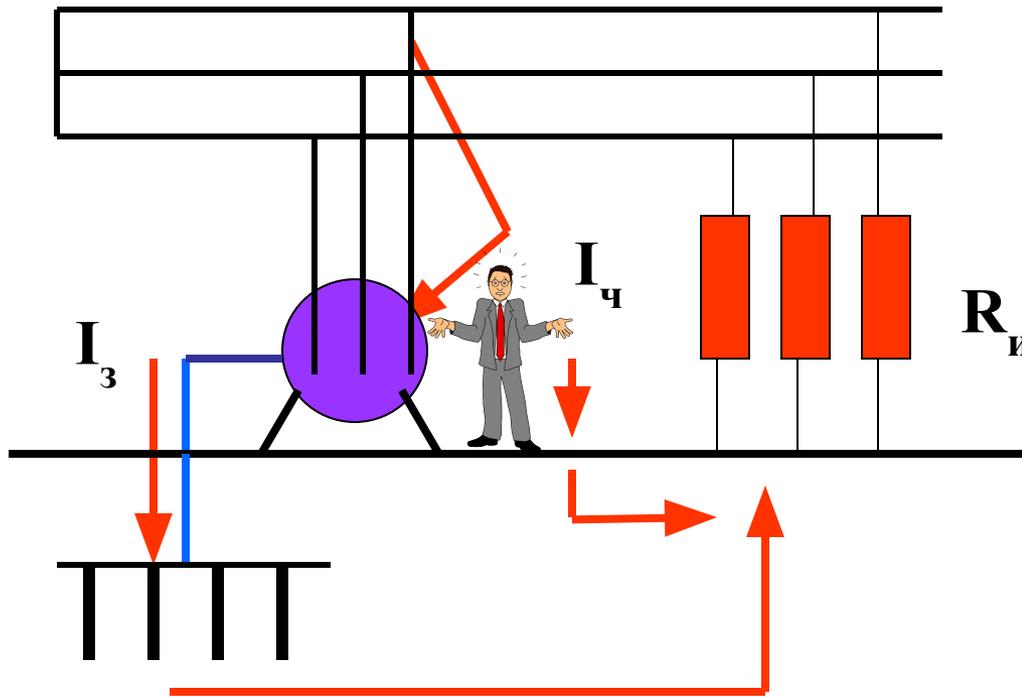


Защитное отключение



Защитное заземление

Защитное заземление - это соединение корпуса оборудования с землёй через малое по величине сопротивление (4 - 10 Ом). При пробое фазы на корпус сравниваются потенциалы оборудования $\varphi_{об}$ и основания $\varphi_{осн}$, а $U_{пр}$ и ток через человека становятся меньше. Применяется в основном в сетях с **ИНТ** до 1000 В.



$$U_{пр} = \varphi_{об} - \varphi_{осн}$$

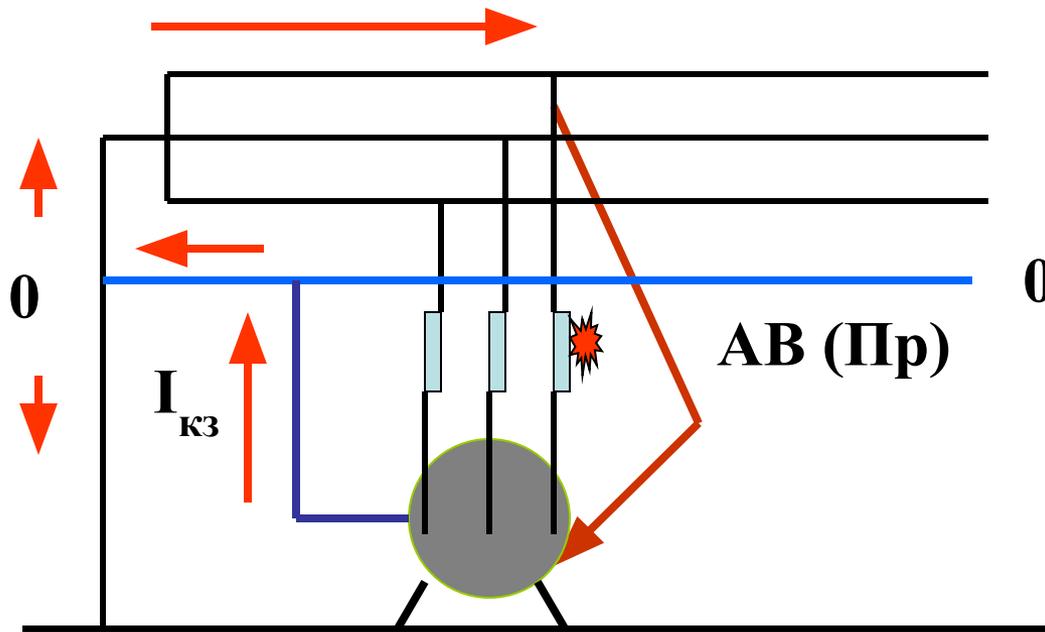
В параллельных ветвях токи обратно пропорциональны сопротивлениям.

$$I_{ч} = I_{з} \cdot \frac{R_{з}}{R},$$

где R - суммарное сопротивление человека, обуви и пола, Ом.

Зануление

Зануление - это соединение корпуса оборудования с нулевым защитным проводником. При пробое фазы на корпус возникает большой ток короткого замыкания, срабатывают автоматические выключатели (АВ) или сгорают плавкие вставки предохранителей (ПР) и установка отключается. Применяется в сетях с ЗНТ до 1000В



Условие срабатывания защиты:

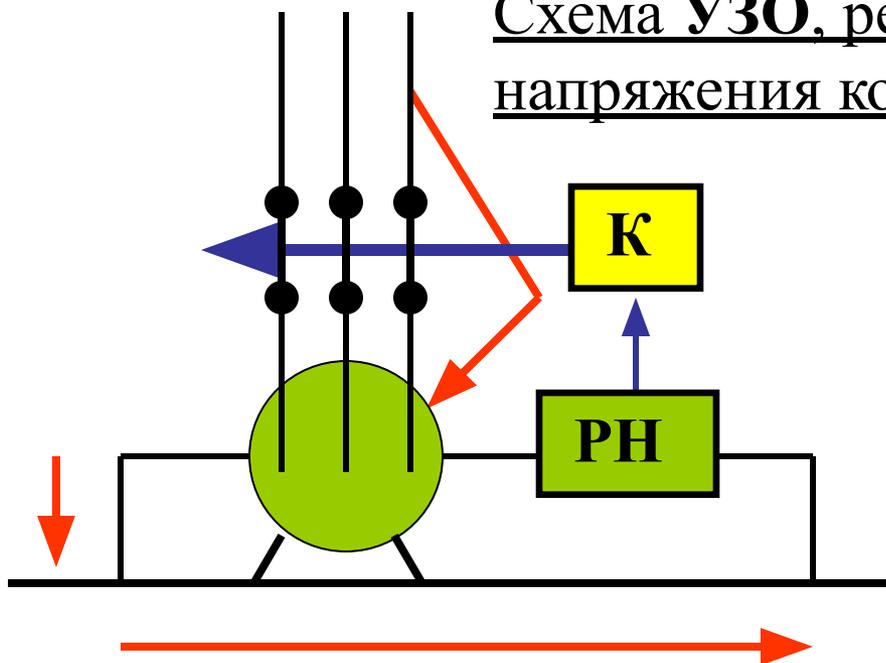
$$I_{кз} \geq I_{ном} \cdot K ,$$

где $I_{ном}$ - номинальный ток срабатывания защиты; K - коэффициент кратности тока.

Устройство защитного отключения (УЗО)

УЗО - это быстродействующая защита, реагирующая на замыкание фазы на корпус, на землю, на прикосновение человека. Характеристики **УЗО**: уставка и время срабатывания (0,05 - 0,2 с.). Применяется как самостоятельное средство защиты и в комплексе с заземлением или занулением.

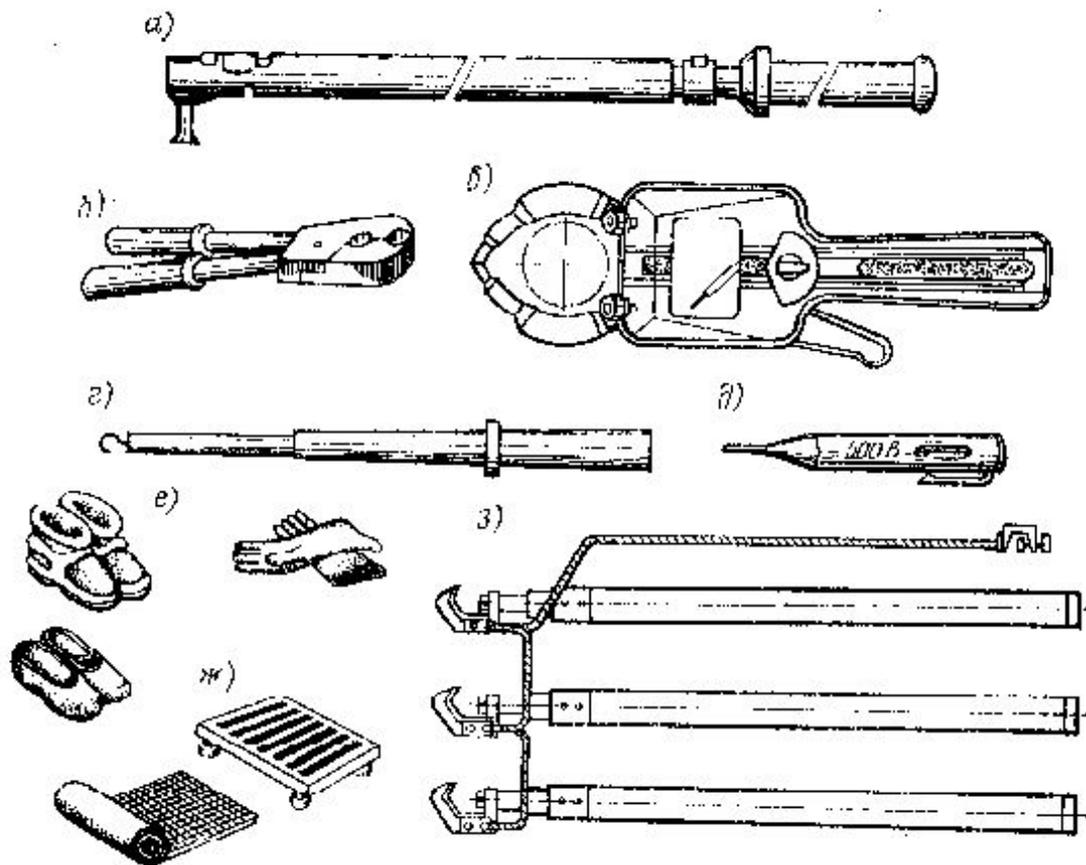
Схема УЗО, реагирующая на изменение напряжения корпуса относительно земли



При пробое фазы на корпус срабатывает реле напряжения (РН), настроенное на определённую уставку, и установка отключается контактором (К).

6 Электрозащитные средства

Их делят на **основные** (позволяют работать на токоведущих частях) и **дополнительные** (усиливают действие основных).



- а** - изолирующая штанга;
- б** - изолирующие клещи;
- в** - измерительные клещи;
- г** - измеритель напряжения > 1000 В;
- д** - то же < 1000 В;
- е** - диэлектрические перчатки, галоши;
- ж** - коврики, подставки
- з** - переносное заземление.

Рис. 43

1 2.18. Первая помощь пострадавшим от электрического тока

Освобождение пострадавшего от тока

Главное это быстрота действий, так как, чем больше времени человек находится под током, тем меньше шансов на его спасение.

Прежде всего необходимо отключить установку с помощью рубильника, штепсельного разъёма или вывернуть пробку.

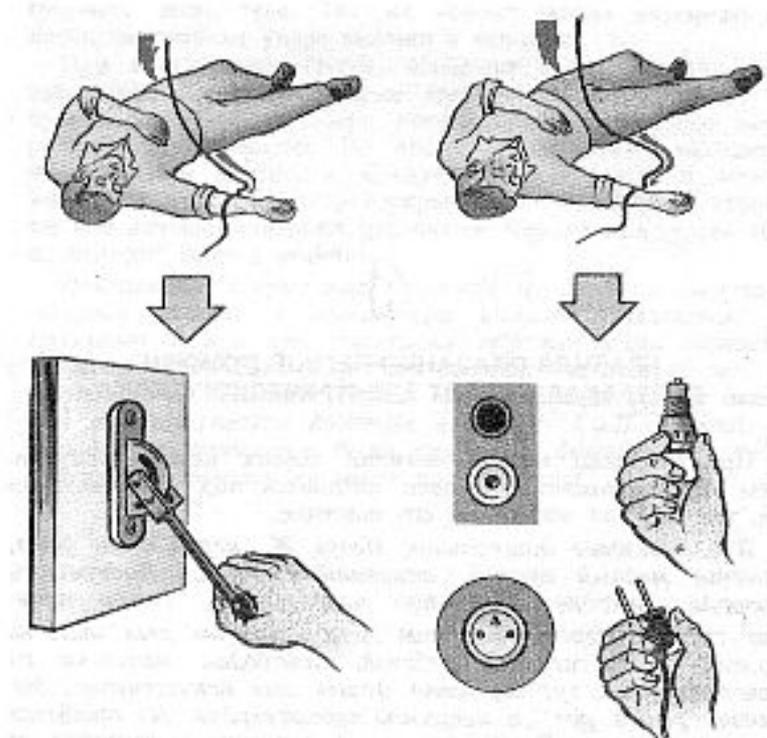


Рис. 44

Освобождение пострадавшего от тока (продолжение 1)

Если отключить электропитание нет возможности, действия по спасению человека должны выбираться в зависимости от напряжения: обычные сети (до 1000 В) или высоковольтные сети (более 1000 В).

Сети до 1000 В

Для отделения пострадавшего от провода можно использовать одежду, канат, палку, доску. Эти предметы должны быть обязательно сухими. Не следует прикасаться к ногам пострадавшего, так как обувь может быть сырой. Для изоляции рук спасающего используют резиновые перчатки, шарф, рукав, сухую материю. Можно встать на сухую доску или подстилку. Для прерывания тока необходимо подсунуть под пострадавшего сухую доску, перерубить провод топором с деревянной сухой ручкой.

Освобождение пострадавшего от тока (продолжение 2)

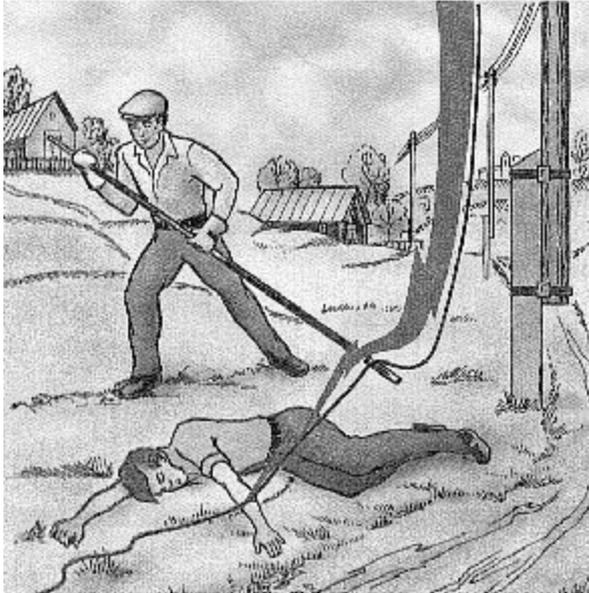
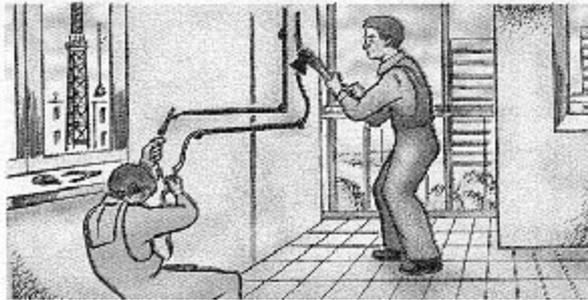


Рис. 45

Освобождение пострадавшего от тока (продолжение 3)

Сети более 1000 В

В таких сетях для отделения пострадавшего от тока необходимо обязательно использовать электрозащитные средства: изолирующие боты, диэлектрические перчатки, а действовать надо изолирующей штангой.

Определение состояния пострадавшего

1. Немедленно уложить пострадавшего на спину.
2. Расстегнуть стесняющую дыхание одежду.
3. Проверить по движению грудной клетки наличие дыхания.
4. Проверить наличие пульса.
5. Проверить состояние зрачка (узкий или широкий).
6. Обеспечить покой пострадавшему до прибытия врача.

В случае редкого дыхания или при отсутствии признаков жизни необходимо делать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.

1

2. 19. Процессы горения. Опасности пожара

Процессы горения

Пожар - неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб и способное вызвать травмы и гибель людей.

Горение - это быстрое окисление, при котором горящее вещество соединяется с кислородом, при этом выделяется энергия в виде тепла и света. Вещества могут гореть только в газообразном состоянии.

Твёрдые и жидкие вещества в совокупности с кислородом - неоднородные (гетерогенные) системы. При их нагревании скорость движения молекул повышается, образуются пары, которые окисляются и начинают гореть. Смеси горючих газов однородные (гомогенные) системы и они горят в виде взрыва.

Процессы горения (продолжение 1)

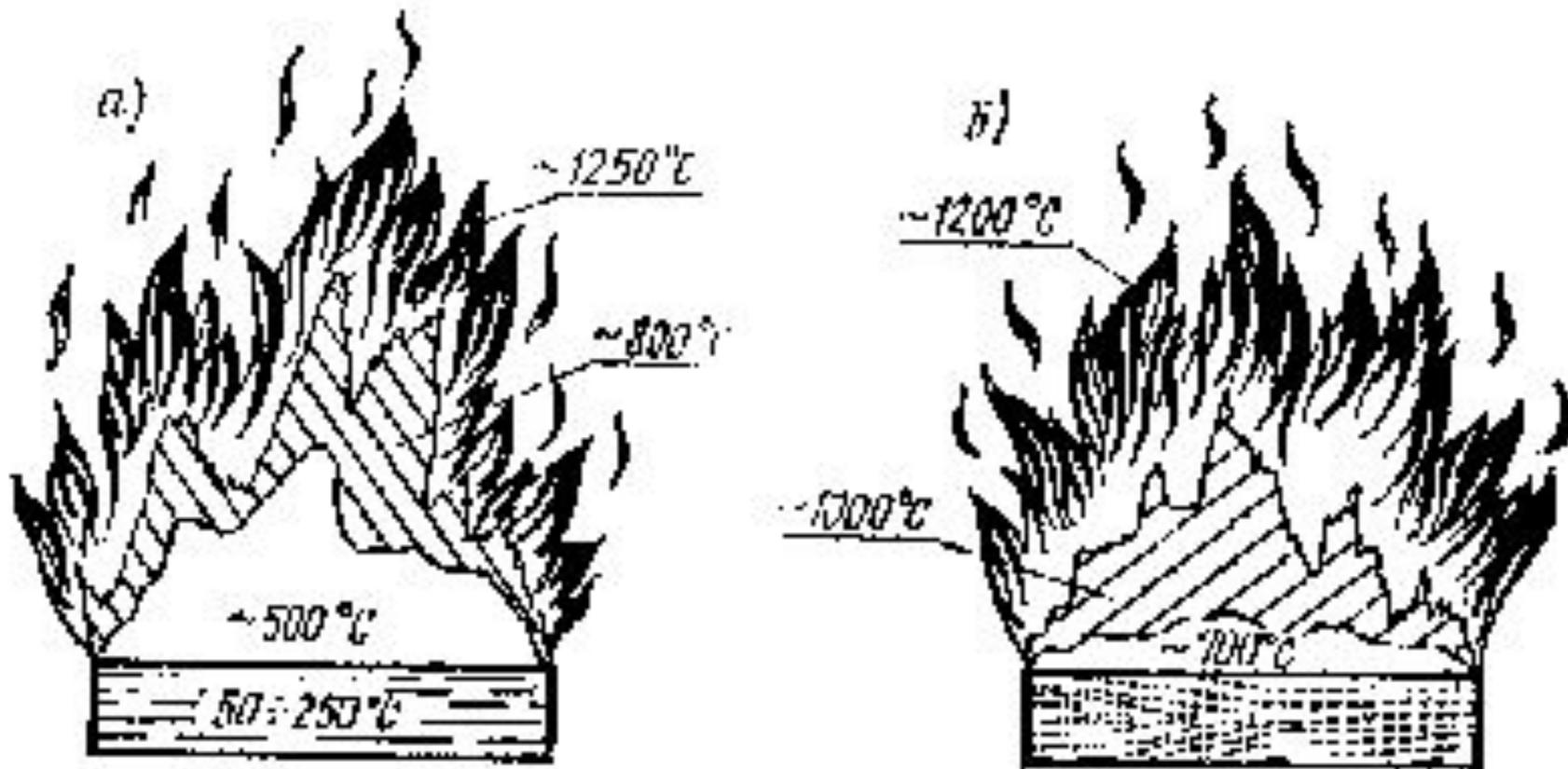


Рис. 46 Распространение температур в пламени при горении жидкостей (а) и твёрдых материалов (б)

Процессы горения (продолжение 2)

Горение усиливается за счёт **цепной реакции** - теплота воспламеняет всё большее количество паров, при горении выделяется большее количество теплоты и т.д.

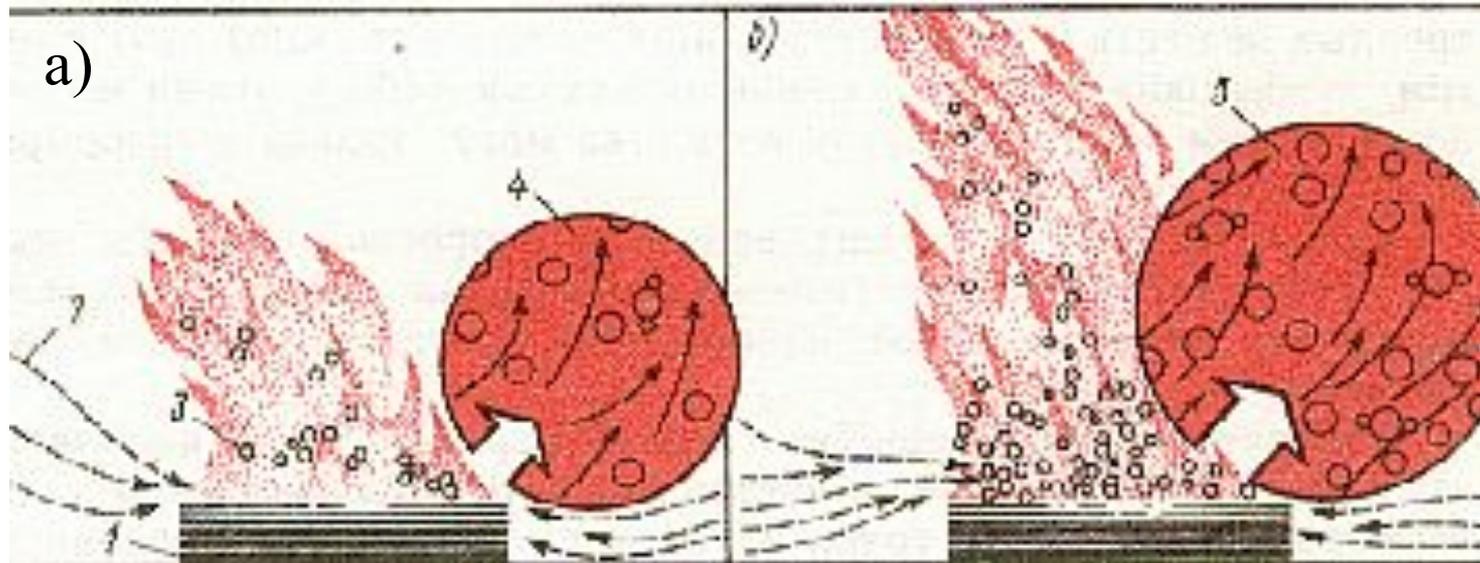
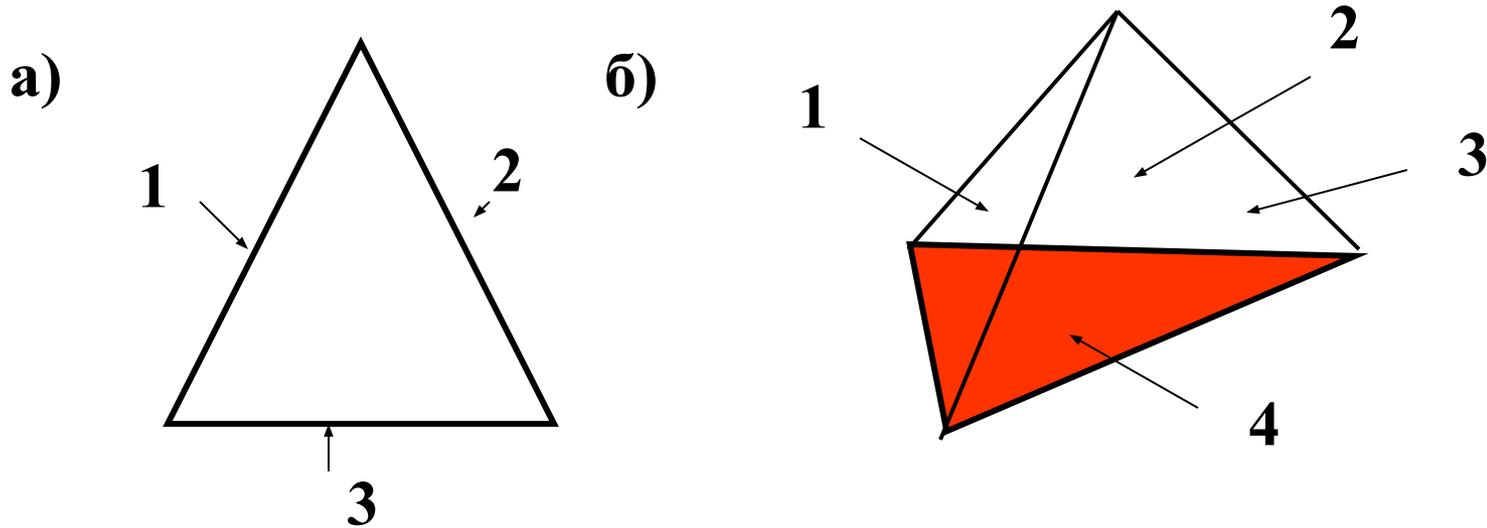


Рис. 47 Цепная реакция при горении: а - начало; б - развитие
1 - горючее вещество; 2 - кислород; 3 - пары; 4 - количество молекул
в начале цепной реакции; 5 - то же на дальнейшей стадии развития.

Процессы горения (продолжение 3)

Для осуществления горения необходимо три элемента: **горючее вещество (1), кислород (2), теплота (3)**, а для поддержания горения - **цепная реакция (4)**.

Процесс горения характеризуется **пожарным треугольником (а)**, и более точно - **пожарным тетраэдром(б)**.



Горение прекращается, если убрать одну из граней тетраэдра.

Опасности пожара

1. **Пламя и искры** - приводят к ожогам и поражению дыхательных путей. В зоне горения возникает температура 1000 - 1200⁰С, а в горящем помещении 400 - 600⁰С. Температура более 50⁰С является уже опасной для человека. При температуре порядка 200⁰С жизнь человека сохраняется не более 5 минут.
2. **Газообразные продукты горения**. Избыточная концентрация СО₂ в воздухе уменьшает поступление кислорода и следствием этого является учащённое дыхание. При концентрации кислорода ниже 10% происходит потеря сознания. Содержание угарного газа СО более 1% приводит к летальному исходу через 3 - 5 минут.
3. **Токсичные продукты горения полимерных материалов** - стирол, формальдегид, цианистый водород, фенол ведут к острым отравлениям с летальным исходом.
4. **Дым** ухудшает видимость, вызывает раздражение глаз, лёгких.
5. **Обрушение конструкций** - приводит к механическим травмам.

Справка

1973 г. В **США** при пожарах:

погибло - **12 тыс. человек;**

ранено - **300 тыс. человек;**

общий ущерб от пожаров составил - **11 млрд. \$.**

1967 г. Пожар в универсальном магазине (г. Брюссель):

погибло - **400 человек.**

1988 г. В **СССР** произошло **139 тыс. пожаров:**

погибло - **8504 человека;**

убытки - **340 млн. рублей.**

В **РФ** каждый год при пожарах гибнет **8 - 10 тыс. человек.**

1

2.20. Пожарная опасность веществ и производств

Пожарная опасность веществ - это возможность возникновения и развития пожара, заключённая в них.

Показатели пожаро- и взрывоопасности веществ.

1. Группа горючести. По горючести твёрдые (ТВ), жидкие (ЖВ) и газообразные (ГВ) вещества делят на негорючие, трудногорючие (не горят после удаления источника зажигания) и горючие. Горючие вещества делят на легковоспламеняющиеся (горючие газы) и трудновоспламеняющиеся. Жидкости, способные гореть, относят к двум группам:

ЛВЖ с температурой вспышки менее 61°C (бензин, ацетон и др.).

ГЖ с температурой вспышки более 61°C (масло, мазут и др.).

Показатели взрыво- и пожароопасности веществ (продолжение 1)

2. Температура вспышки - это самая низкая температура, при которой над поверхностью образуются пары, способные вспыхивать от источника зажигания, но горение не происходит. Эта температура оценивается для ТВ и ЖВ.

3. Температура воспламенения - это самая низкая температура, при которой выделяются горючие пары и после их зажигания возникает горение.

4. Температура самовоспламенения - это самая низкая температура, при которой возникает горение без внешнего воздействия.

5. Концентрационные пределы воспламенения (взрываемости) горючих газов:

НКПВ - нижний концентрационный предел воспламенения

ВКПВ - верхний концентрационный предел воспламенения

Концентрационные пределы воспламенения

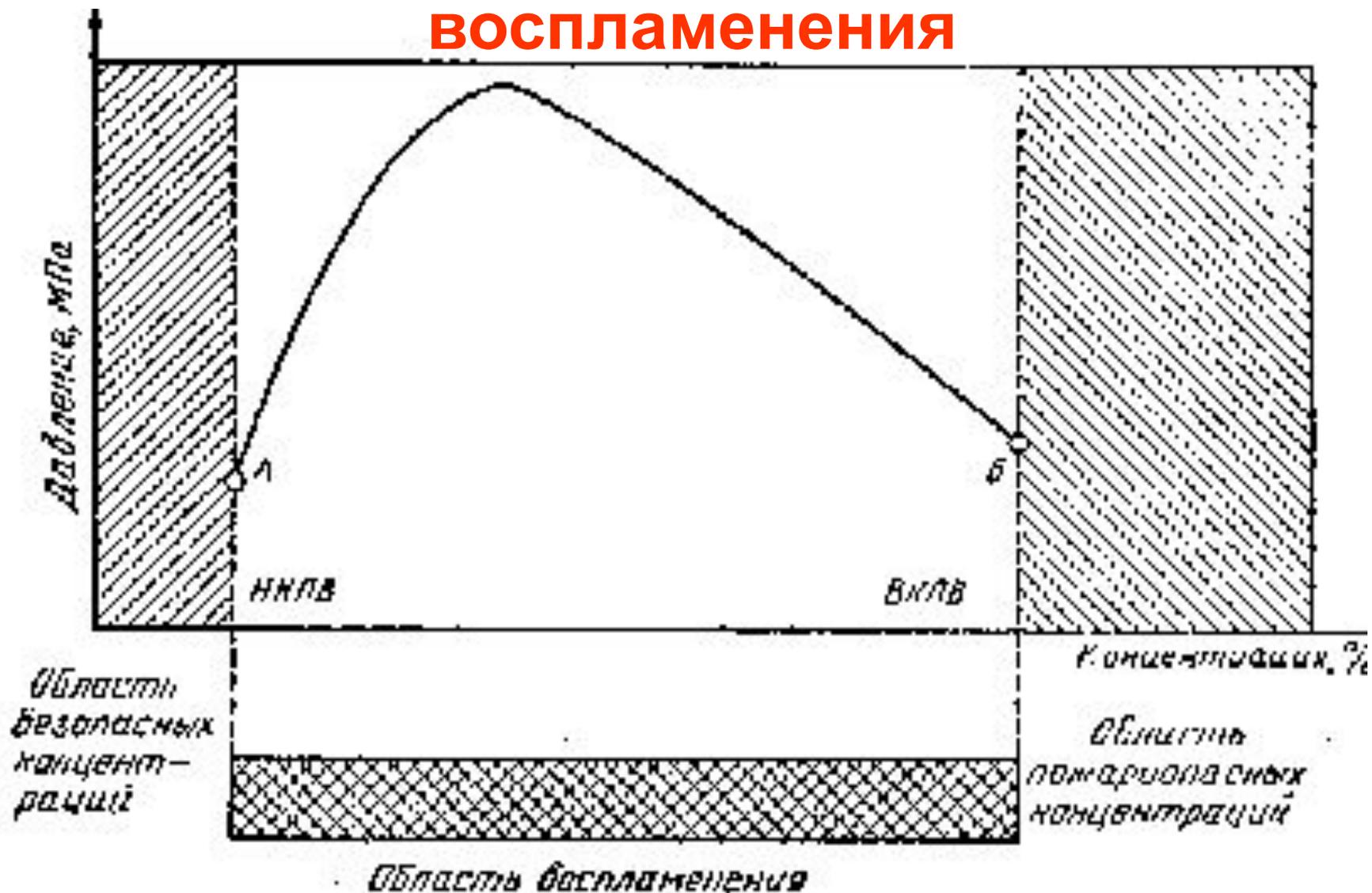
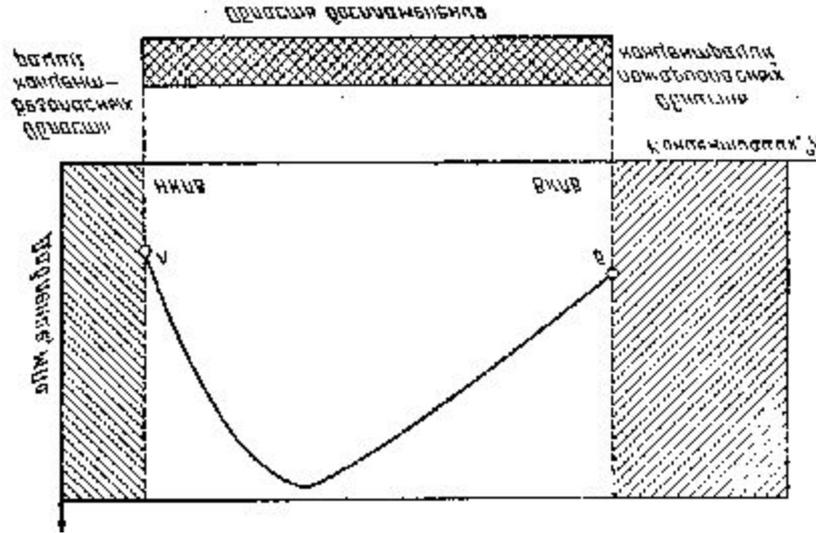


Рис.48 Схема изменения давления при взрыве газоздушных смесей в зависимости от концентрации горючего вещества

Концентрационные пределы воспламенения (продолжение)



Областью воспламенения (взрыва) называется область, расположенная между **НКПВ** и **ВКПВ**. Все смеси, концентрации которых ниже **НКПВ** и выше **ВКПВ**, в замкнутых объёмах взрываться не способны. Смеси с концентрациями выше **ВКПВ** при выходе из объёма способны гореть, как не смешанные с воздухом.

Например, для паров бензина **НКПВ** - **ВКПВ** равны: 1,4 - 7,6%.

Производства по степени взрывопожароопасности делят:

А - взрывопожароопасные, в которых применяют горючие газы с НКПВ $< 10\%$ и температурой вспышки $< 28^{\circ}\text{C}$ (окрасочные цеха).

Б - пожаровзрывоопасные; НКПВ $> 10\%$; температура вспышки $28 - 61^{\circ}\text{C}$ (производства, связанные с аммиаком).

В - пожароопасные; температура вспышки более 61°C (склады горючих и смазочных материалов).

Г - производства, где имеются негорючие вещества в горячем состоянии (литейные цеха).

Д - производства, где обрабатываются негорючие вещества (цеха холодной обработки металла).

Е - взрывоопасные объекты, где используются взрывоопасные вещества.

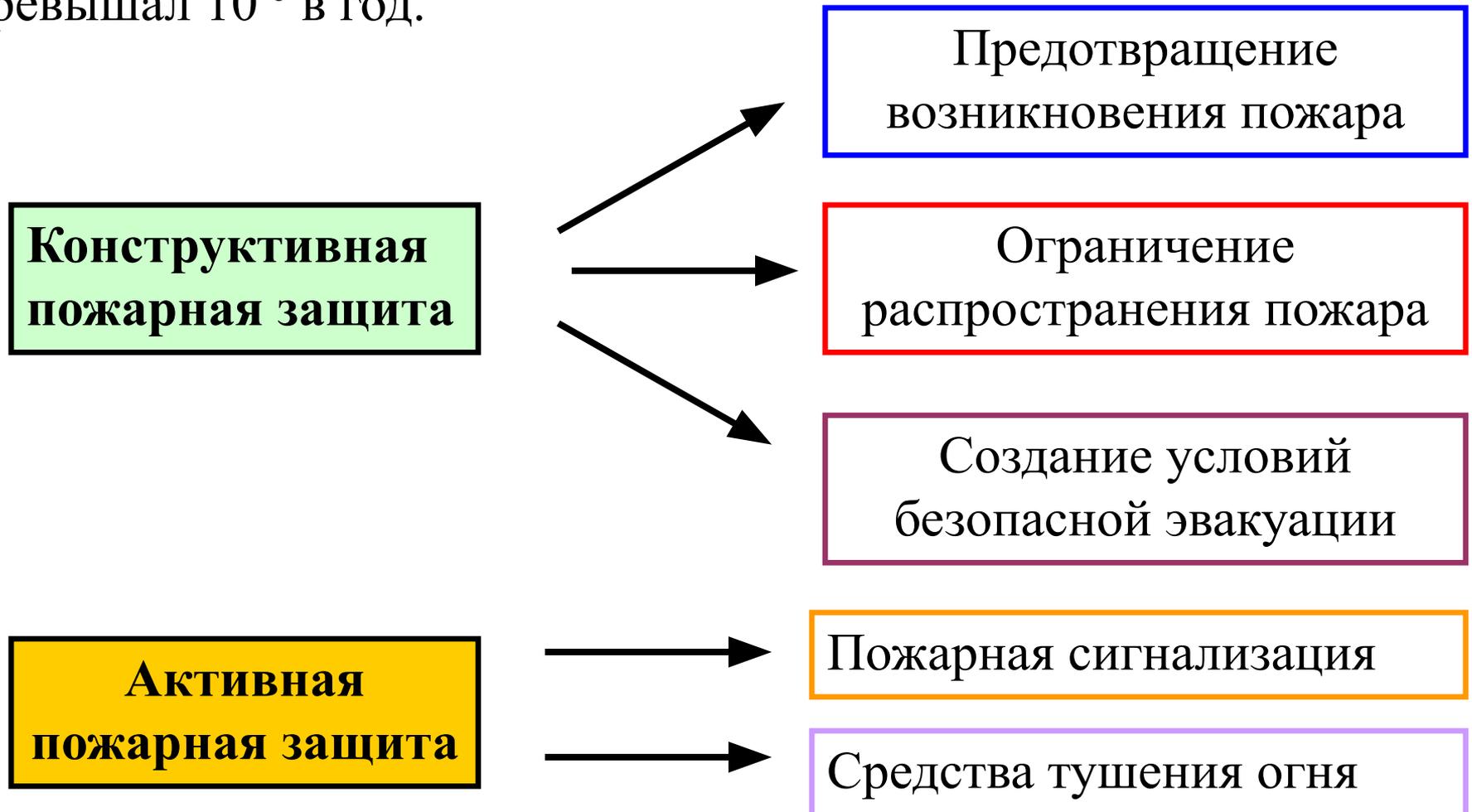
Категория производства определяет требования к зданиям и средствам пожарной безопасности.

2.21. Средства пожарной безопасности

1

2. 21. Средства пожарной безопасности

Пожарная безопасность обеспечивается конструктивной и активной защитой так, чтобы риск возникновения пожара не превышал 10^{-6} в год.



Конструктивная пожарная защита

1. Предотвращение возникновения пожара обеспечивается применением негорючих и огнезащищённых материалов. Огнезащита осуществляется специальными пропитками.

2. Ограничение распространения пожара достигается выполнением огнестойких конструкций.

Пределом огнестойкости называется время, в течение которого конструкция сопротивляется воздействию огня, сохраняя эксплуатационные функции.

3. Создание условий безопасной эвакуации людей - это оборудование аварийных выходов и пожарных лестниц. В зданиях должна быть вывешена понятная информация о расположении аварийных выходов, представлен план эвакуации людей. Не допускается загромождение проходов и аварийных выходов.

Активная пожарная защита.

Пожарная сигнализация

Пожарная сигнализация включает извещатели-датчики и приёмники сигнала. Извещатели бывают ручные и автоматические; последние реагируют на тепло, дым или свет.

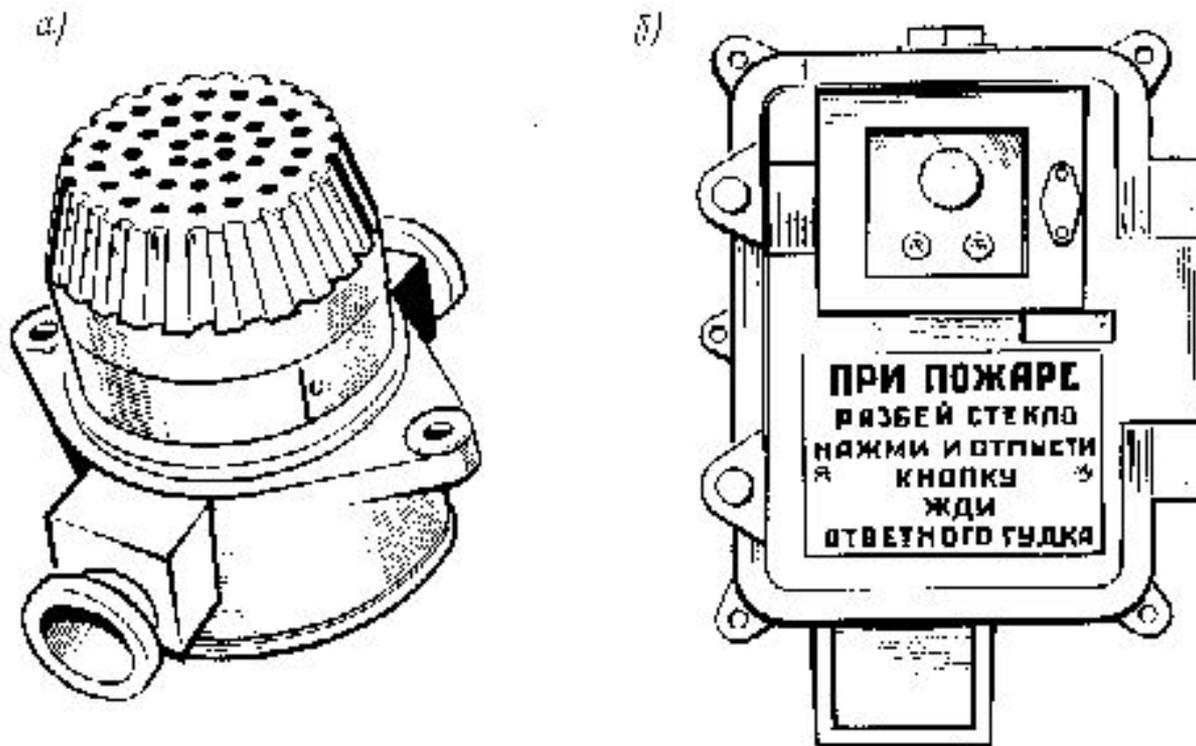
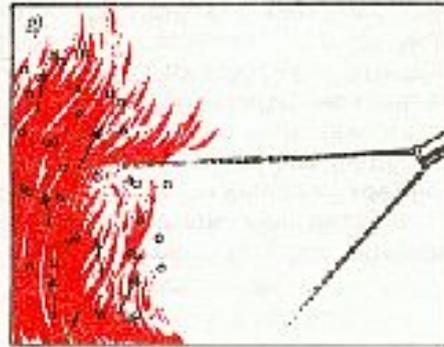
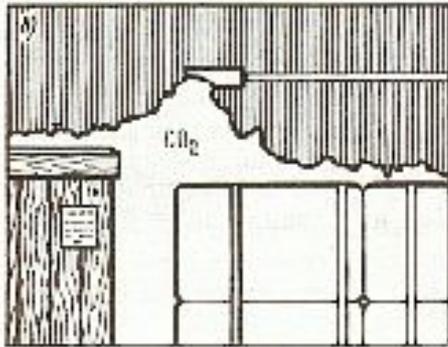
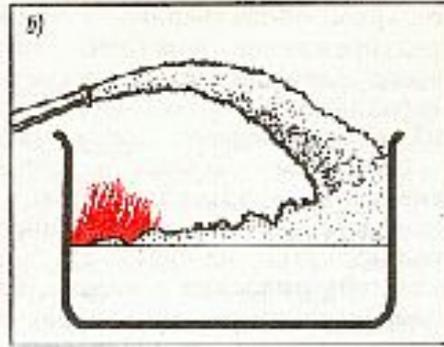
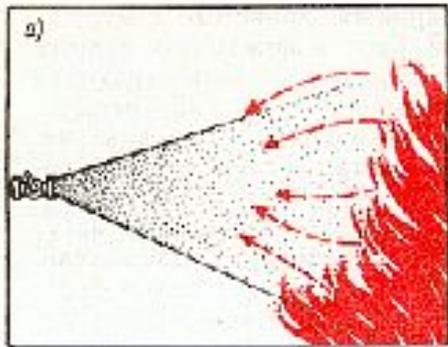


Рис. 49 Пожарные извещатели: а - автоматический; б - ручной.

4 Активная пожарная защита (продолжение 1).

Принципы тушения огня

Ликвидация пожара - это воздействие (атака) на одну или несколько граней пожарного тетраэдра.



- а - охлаждение это атака на грань теплоты в пожарном тетраэдре;
- б - тушение это отделение горючего вещества от кислорода;
- в - снижение концентрации кислорода это атака на грань кислорода;
- г - прерывания цепной реакции это атака на грань цепной реакции.

Рис. 50

5

Активная пожарная защита (продолжение 2)

Огнетушащие вещества

Жидкости

1. Распылённая вода.
2. Пена.

Газы

1. Углекислый газ.
2. Хладоны.

Порошки

1. Фосфат аммония.
2. Бикарбонат натрия.
3. Бикарбонат калия.
4. Хлорид калия.

6 Активная пожарная защита (продолжение 3)

Средства тушения пожара

1. Простейшие средства (песок, плотный материал, инвентарь).
2. Первичные средства - огнетушители (химические пенные - **ОХП**, углекислотные - **ОУ**, порошковые - **ОП**).

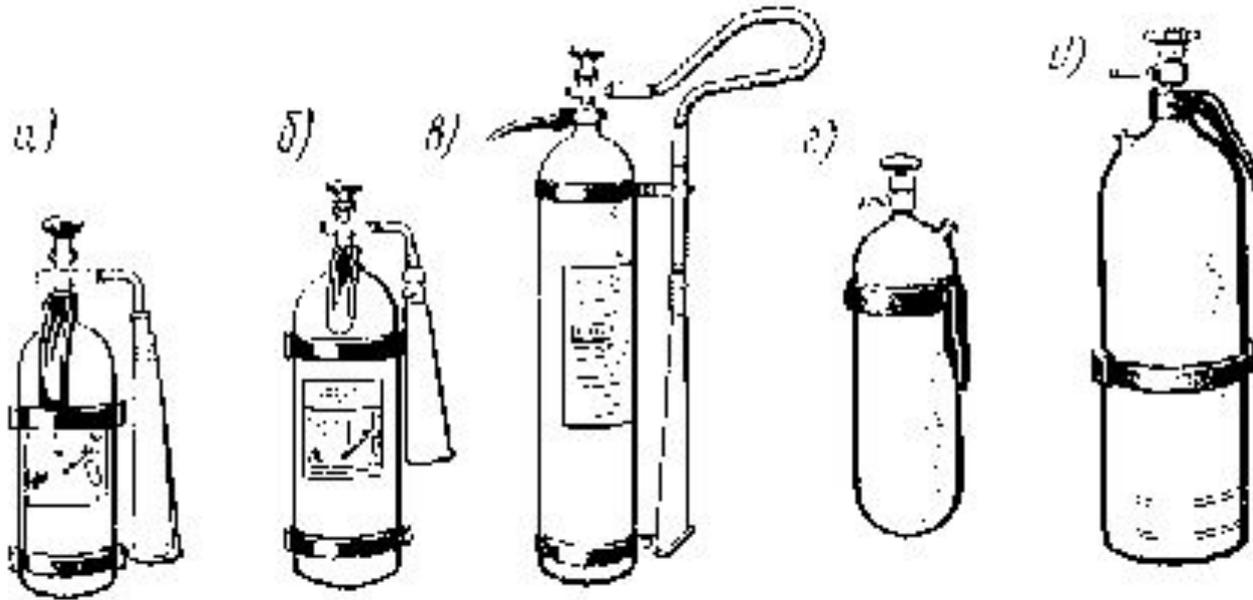


Рис. 51 Огнетушители углекислотные: а, б, в -(ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8);
г, д - углекислотно- бромэтиловые

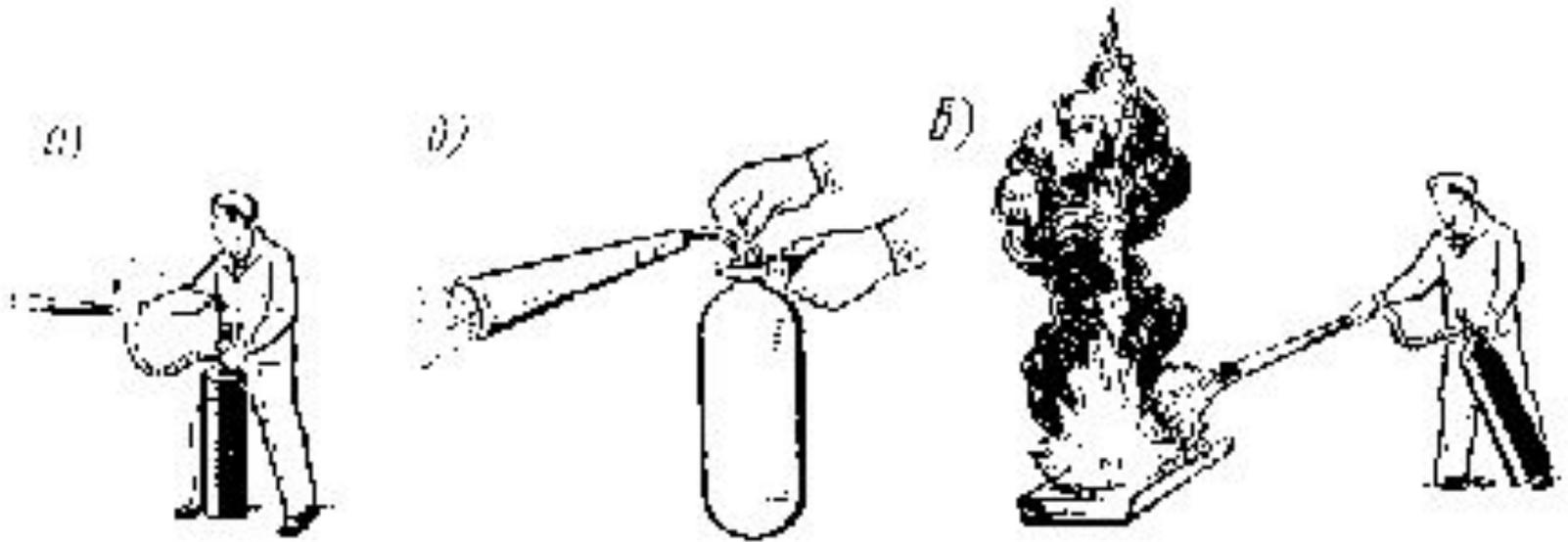


Рис. 52 Пользование углекислотным огнетушителем

а - поднести огнетушитель к пламени;

б - открыть маховичок;

в - направить струю снегообразной углекислоты на пламя.

«Тушить надо не огонь, а то, что горит»



Рис. 53 Действия с огнетушителем химическим пенным

1 - снять огнетушитель; 2 - поднести его к очагу пожара; 3 - повернуть рукоятку на крышке до отказа на 180° ; 4 - повернуть огнетушитель днищем вверх и направить струю пены в огонь. Пену или порошок направляют на край очага с постепенным ориентированием к центру.

Средства тушения пожара (продолжение 1)

3. Пожарные системы (водяная, пенная, углекислотная).

Водяная система наиболее эффективна для тушения древесины, ткани, бумаги. Эти системы делят на неавтоматические (пожарный водопровод) и автоматические (**спринклерная** и **дренчерная**). Головки **спринклерной** системы имеют замки из легко плавкого припоя, который при действии огня расплавляется и вода орошает зону пожара. Головки **дренчерной** системы открыты, а вода подаётся автоматически по сигналу извещателя.

Пенная система наиболее эффективна для тушения нефтепродуктов.

Углекислотные системы в основном используют для тушения нефтепродуктов и электроустановок.

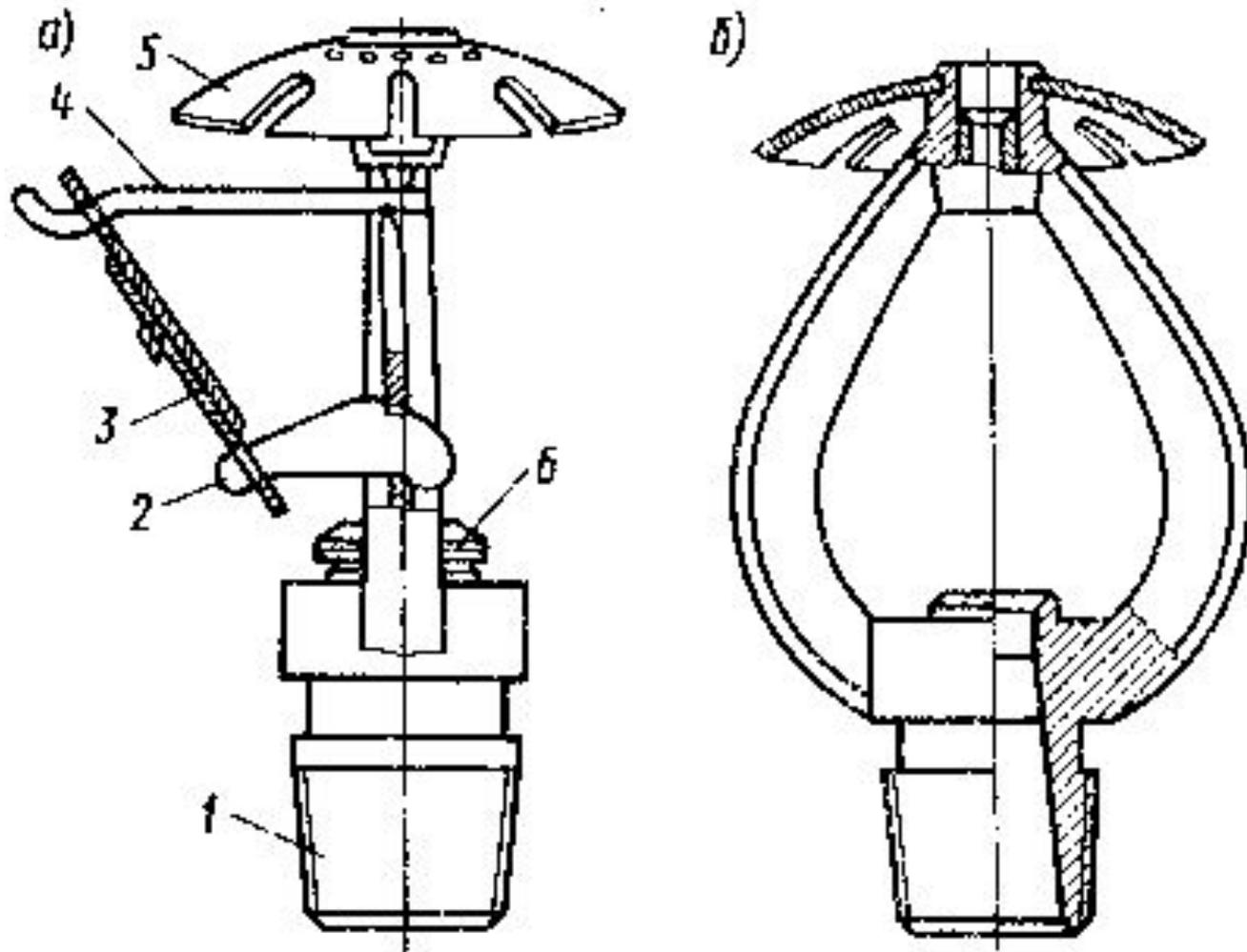
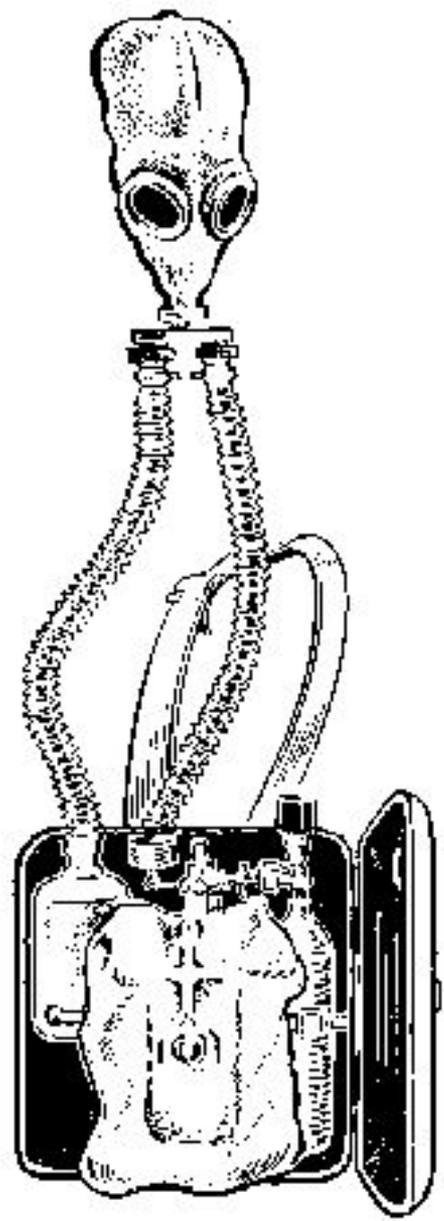


Рис. 54 Оросители - спринклерный (а) и дренчерный (б):

1 - насадок; 2, 4 - рычаги; 3 - легкоплавкий замок;
5 - распылитель; 6 - клапан.

a)



б)



Рис. 55 Кислородно- изолирующий противогаз типа КИП (а) и его использование (б) при тушении огня.