

Микроклимат

Микроклимат оценивают сочетанием четырёх факторов:

1. Температура воздуха t_b , $^{\circ}\text{C}$.
2. Скорость движения воздуха V_b , м/с.
3. Относительная влажность Φ , %.
4. Интенсивность теплового излучения $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Организм человека постоянно находится в состоянии теплообмена с окружающей средой.

Вследствие белкового, углеводного и жирового обмена в организме вырабатывается тепло (теплопродукция) Q_t , количество которого зависит от рода деятельности и интенсивности выполняемой работы. Это тепло для спокойного состояния человека составляет 80 - 100 вт.

Отдача тепла от тела человека

Теплопродукция организма отдаётся в окружающую среду посредством **конвекции**, **излучением** тепла и **испарением** влаги с поверхности кожи.

Тепло, передающееся **конвекцией** Q_k (вт) определяется:

$$Q_k = \alpha F (t_m - t_v),$$

где α - коэффициент теплоотдачи, который зависит от скорости движения воздуха, вт/(м²*град.); F - площадь поверхности тела, м²; t_m , t_v - температура тела и воздуха.

Конвективная отдача тепла зависит от скорости движения и температуры воздуха.

Отдача тепла **излучением** $Q_{изл.}$ (вт) происходит, если температура тела больше температуры стен.

Теплоотдача за счёт **испарения** влаги $Q_{\text{исп.}}$ (вт) с поверхности кожи зависит от влажности воздуха, а для открытых участков тела ещё и от скорости его движения.

Абсолютная влажность воздуха (A , г/кг) - это количество водяного пара, содержащегося в 1кг воздуха при данной температуре и давлении.

Максимальная влажность (F , г/кг) - это количество водяного пара, которое может содержаться в 1кг воздухе при тех же условиях.

Относительная влажность φ определяется:

$$\varphi = \frac{A}{F} \cdot 100, \%$$

Уравнение теплового комфорта

Нормальные для определённого вида деятельности теплоощущения человека характеризуются уравнением теплового комфорта:

$$Q_t = Q_k + Q_{изл.} + Q_{исп.}$$

В организме человека имеется психофизиологическая система **терморегуляции**, позволяющая ему адаптироваться к изменениям климатических факторов и поддерживать нормальную постоянную температуру тела. Терморегуляция осуществляется двумя процессами: выработкой тепла и теплоотдачей, течение которых регулируется ЦНС. При нарушении этого уравнения возможно ухудшение самочувствия, переохлаждение или перегрев организма.

Гипотермия

Гипотермия (переохлаждение) начинается, когда теплопотери становятся больше теплопродукции организма, а система терморегуляции не справляется с этими изменениями.

$$(Q_k + Q_{изл.} + Q_{исп.}) > Q_m$$

Нарушается кровоснабжение, что вызывает такие простудные заболевания, как невриты, радикулиты, заболевания верхних дыхательных путей.

В результате гипотермии наблюдается отклонение от нормального поведения, а затем апатия, усталость, ложное ощущение благополучия, замедленные движения, угнетение психики, а в тяжёлых случаях - потеря сознания и летальный исход.

Гипертермия

Гипертермия (перегрев) наблюдается при нарушении уравнения теплового комфорта, когда внешняя теплота $Q_{в.т}$ суммируется с теплопродукцией организма, и эта сумма превышает величину теплопотерь.

$$(Q_m + Q_{в.m}) > (Q_k + Q_{изл.} + Q_{исп.})$$

При гипертермии возникает головная боль, учащённый пульс, снижение артериального давления, поверхностное дыхание, тошнота. При тяжёлом поражении возможна потеря сознания. Эти симтомы характерны для теплового и для солнечного удара.

Повышенная влажность воздуха более 75% ускоряет развитие гипертермии и гипотермии.

Нормирование микроклимата

Климатические факторы действуют на человека комплексно. В то же время установлены комфортные значения для каждого фактора:

Температура воздуха 20 - 23 °C.

Относительная влажность 40 - 60 %.

Скорость движения воздуха для лёгкой работы 0,2 - 0,4 м/с.

Для производственных помещений факторы микроклимата (t_b , V_b , φ) нормируют как оптимальные и допустимые в зависимости от периода года (тёплый, холодный) и от категории работы по степени тяжести (лёгкая, средней тяжести и тяжёлая).

категории физических работ:

- I - легкие работы, не требующие физического напряжения.
 - Ia - энергозатраты до 120 ккал/ч (139 Вт)
 - Iб - энергозатраты 121-150 ккал/ч (140-174 Вт)
- II - средней тяжести.
 - IIa - энергозатраты от 151 до 200 ккал/ч (175-232 Вт)
 - IIб - энергозатраты от 201 до 250 ккал/ч (233-290 Вт).
- III - тяжелые работы, связанные с систематическим физическим напряжением.

Расход энергии более 250 ккал/ч (290 Вт).

Категория работ	Период года	Температура, °С		Допустимая относительная влажность, не более, %	Скорость движения, м/с	
		оптимальная	допустимая		оптимальная, не более	допустимая
Легкая - Iа	х	22 - 24	21 – 25	75	0,1	≤ 0,1
	т	23 - 25	22 - 28	55 (при 28°C)	0,1	0,1-0,2
Легкая - Iб	х	21 - 23	20 - 24	75	0,1	≤0,2
	т	22 - 24	21 - 28	60 (при 27°C)	0,2	0,1-0,3
Средней тяжести - IIа	х	18 - 20	17 - 23	75	0,2	≤0,3
	т	21 - 23	18 - 27	65 (при 26°C)	0,3	0,2-0,4
Средней тяжести - IIб	х	17 - 19	15 - 21	75	0,2	≤0,4
	т	20 - 22	16 - 27	70 (при 25°C)	0,3	0,2-0,5
Тяжелая - III	х	16 - 18	13 - 19	75	0,3	≤0,5
	т	18 - 20	15 - 26	75 (при 24°C)	0,4	0,2-0,6

Улучшение микроклимата

Улучшение микроклимата достигается:

В холодный период года применением теплоизолирующих материалов и систем отопления.

В тёплый период года использованием вентиляции и систем кондиционирования воздуха (**СКВ**).

Системы отопления делят на:

- паровые;
- водяные;
- воздушные;
- электрические;
- топливные.

Цель отопления - компенсировать потери теплоты.

Вентиляция по способу перемещения воздуха делится на:

- естественную;
- искусственную;
- смешанную.

Назначение вентиляции - это поглощение избыточной теплоты или нагревание воздуха.

Системы отопления

Потери теплоты в помещении Q_{π} складываются из потерь на ограждениях $Q_{огр.}$ и на остеклении $Q_{ост.}$. Система отопления должна иметь теплопроизводительность не меньше, чем величина теплопотерь.

$$Q_n = Q_{огр.} + Q_{ост.};$$

$$Q_{огр.} = F_{огр.} K_{огр.} (t_{вн.} - t_{нар.});$$

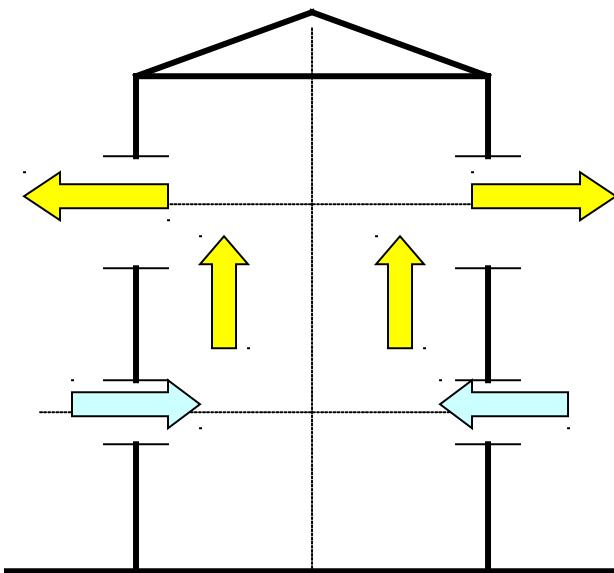
$$Q_{ост.} = F_{ост.} K_{ост.} (t_{вн.} - t_{нар.}),$$

где $F_{огр.}$, $F_{ост.}$ - площадь ограждений и остекления, м²;
 $K_{огр.}$, $K_{ост.}$ - коэффициенты теплопередачи, вт/(м²*град.);
 $t_{вн.}$, $t_{нар.}$ - температура внутреннего и наружного воздуха, °C.

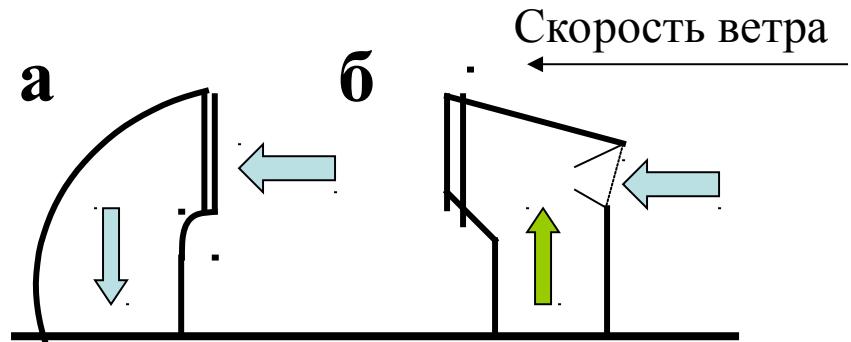
Естественная вентиляция

Естественная вентиляция осуществляется гравитационным давлением за счёт разности плотностей холодного и тёплого воздуха, а также ветровым напором.

Организованная естественная вентиляция - **аэрация**.

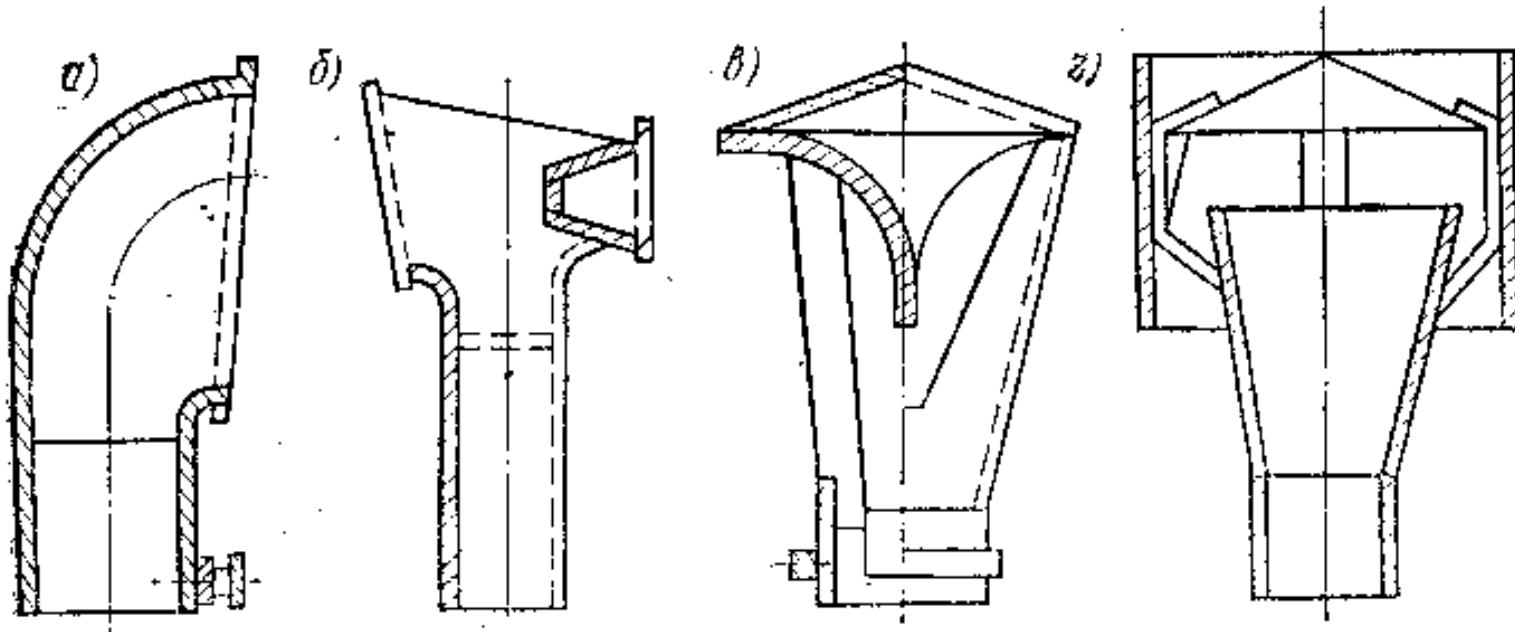


Естественная вентиляция дефлекторами



а - работает на приток;

б - эжекционный, работает на вытяжку



Дефлекторы

а - с плавным раструбом; б - эжекционный;
в - трёхгранный; г - круглый.

Искусственная вентиляция

При искусственной вентиляции воздух подаётся осевыми или центробежными (радиальными) вентиляторами.

Вентилятор характеризуется:

Производительность
вентилятора
определяется:

Производительностью (подачей) L , м³/ч.

Развиваемым давлением p , Па.

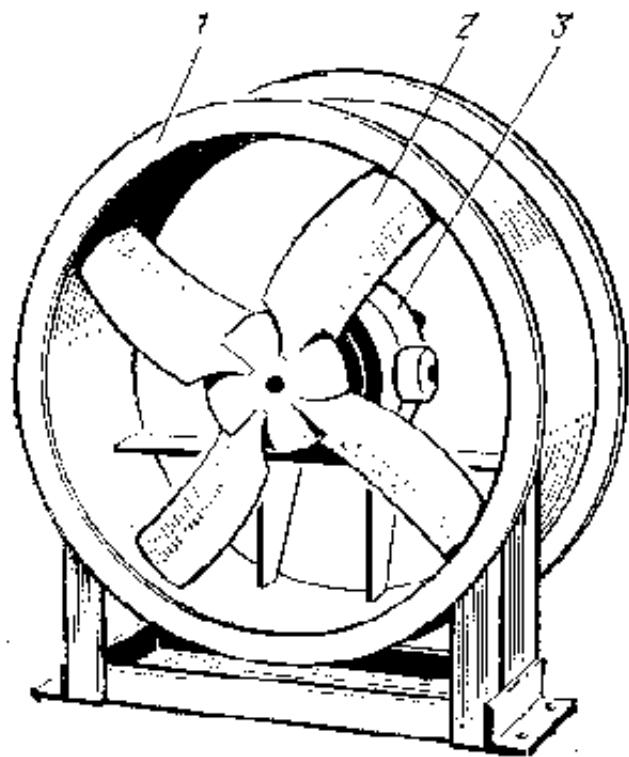
Электрической мощностью N , квт.

Коэффициентом полезного действия η .

$$L = 3600 F V ,$$

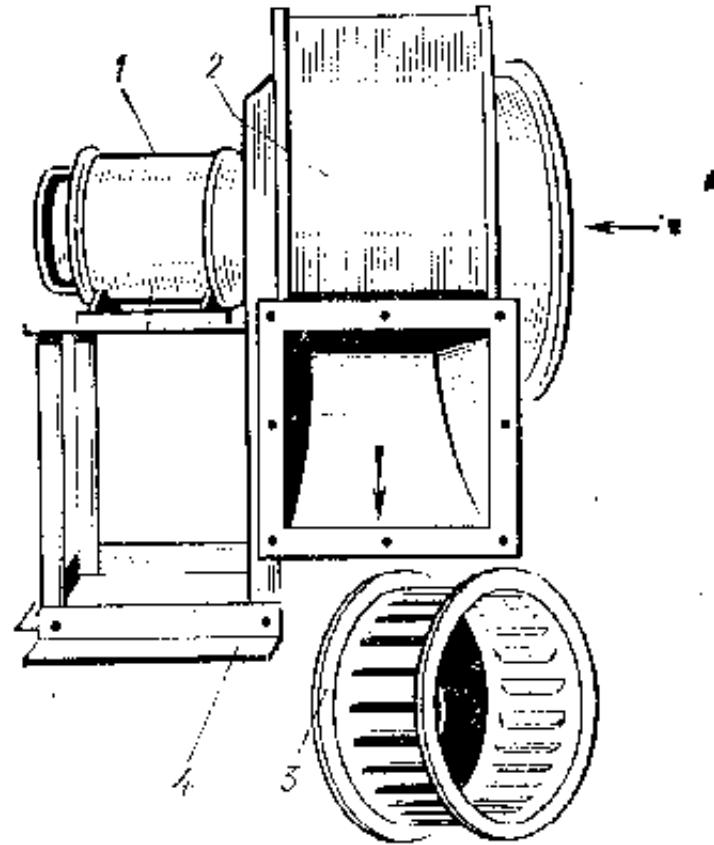
где F - площадь сечения вентиляционного патрубка, м²;

V - скорость движения воздуха, м/с.



Осевой вентилятор

1 - корпус; 2 - крылатка;
3 - электродвигатель.



Центробежный вентилятор

1 - электродвигатель; 2 - кожух;
3 - крылатка; 4 - станина.

Оевые вентиляторы применяют, когда требуется значительную производительность, а центробежные - для обеспечения высокого давления.

Поглощение избыточной теплоты

$Q_{изб.}$

Количество воздуха L , которое надо подать в помещение для поглощения избыточной теплоты определяется:

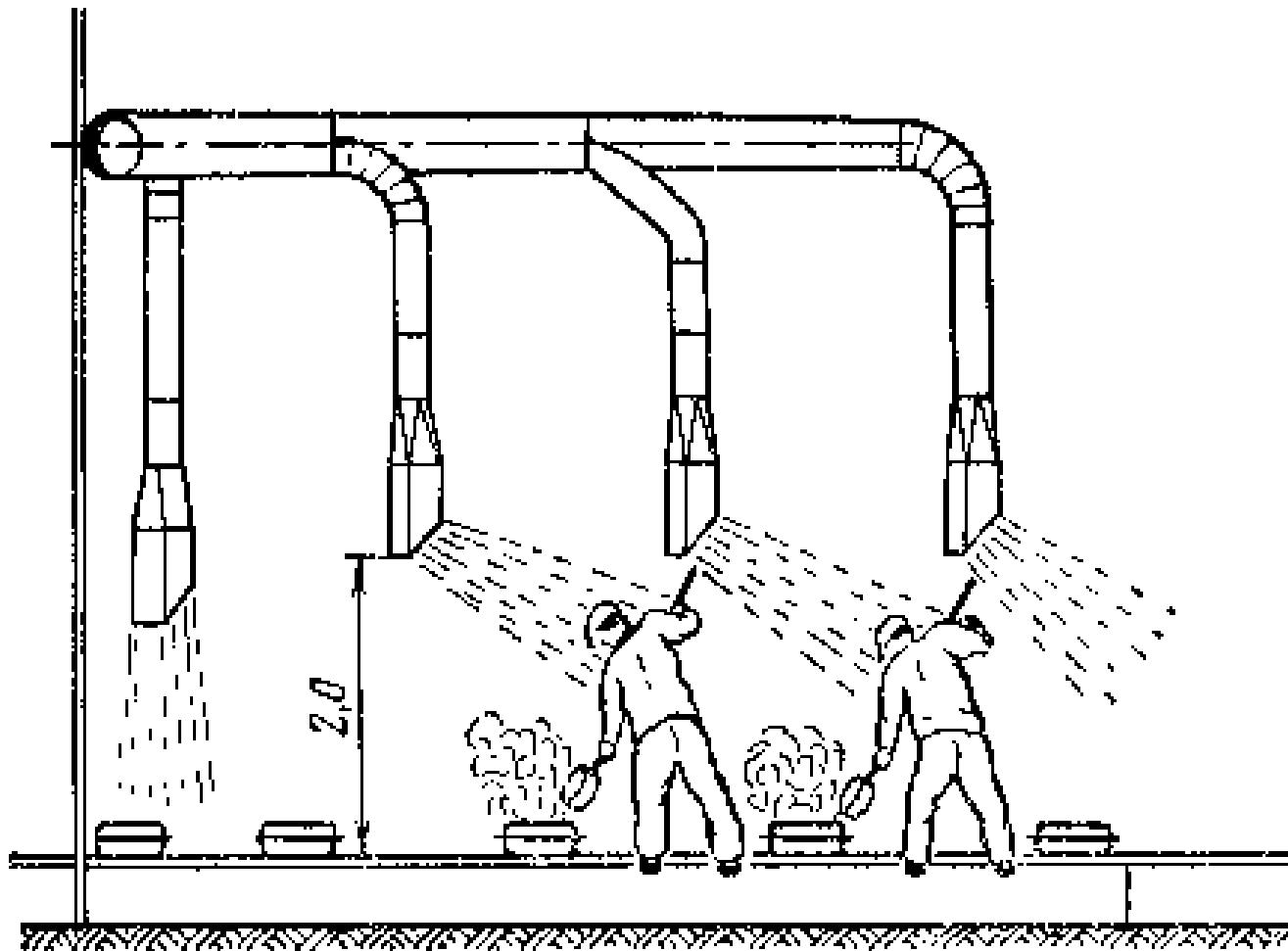
$$L = \frac{Q_{изб.}}{C \rho (t_{вн.} - t_{нар.})},$$

где C - удельная теплоёмкость воздуха, вт/кг*град.;

ρ - плотность воздуха, кг/м³.

Избыточная теплота определяется теплом, излучаемым от людей $Q_{люд.}$, оборудования $Q_{обор.}$, освещения $Q_{осв.}$, солнечной радиации $Q_{рад.}$, и теплом, выходящим через ограждения $Q_{огр.}$.

$$Q_{изб.} = Q_{люд.} + Q_{обор.} + Q_{осв.} + Q_{рад.} - Q_{огр.}$$



σι

Местная приточная вентиляция - воздушное душирование

Система кондиционирования воздуха (СКВ)

СКВ обеспечивает для человека оптимальный микроклимат

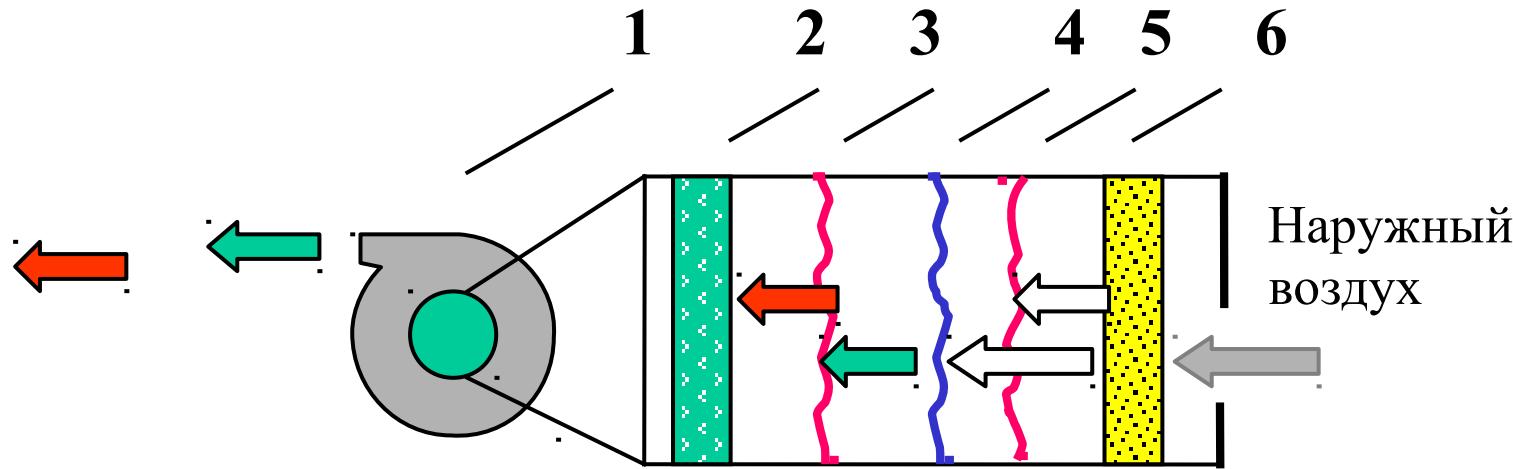


Рис. 2 Схема кондиционера

1 – вентилятор; 2 – увлажнитель; 3 – калорифер второй ступени; 4 – охладитель; 5 – калорифер первой ступени; 6 – воздушный фильтр.

В режиме охлаждения воздух охлаждается и осушается (4,3)

В режиме отопления воздух нагревается и увлажняется (5,2)

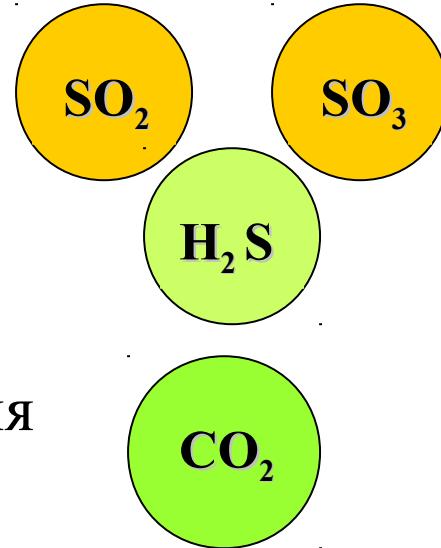
Вредные вещества

Химические вредные вещества по характеру воздействия на человека и по вызываемым последствиям делят на группы:

1. Общетоксичные (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).

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

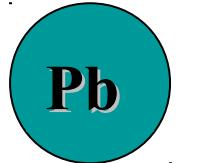
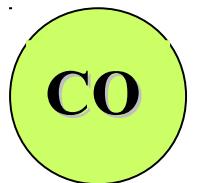
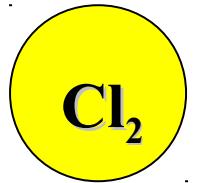
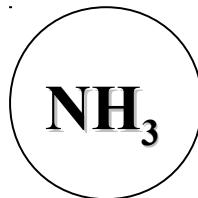
Фиброгенные
пыли - металлические, пластмассовые, кремниевые, древесные и др.

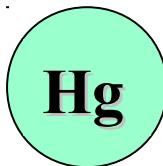
Раздражение глаз, тошнота, боль в груди, удушье, головокружение, рвота; летальный исход может наступить от сердечной недостаточности.

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





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/м³.

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)**.

Уменьшение действия вредных веществ

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, м^2 ;
 V - скорость движения воздуха, которая принимается в пределах 0,15-1,5 м/с в зависимости от класса опасности вещества.

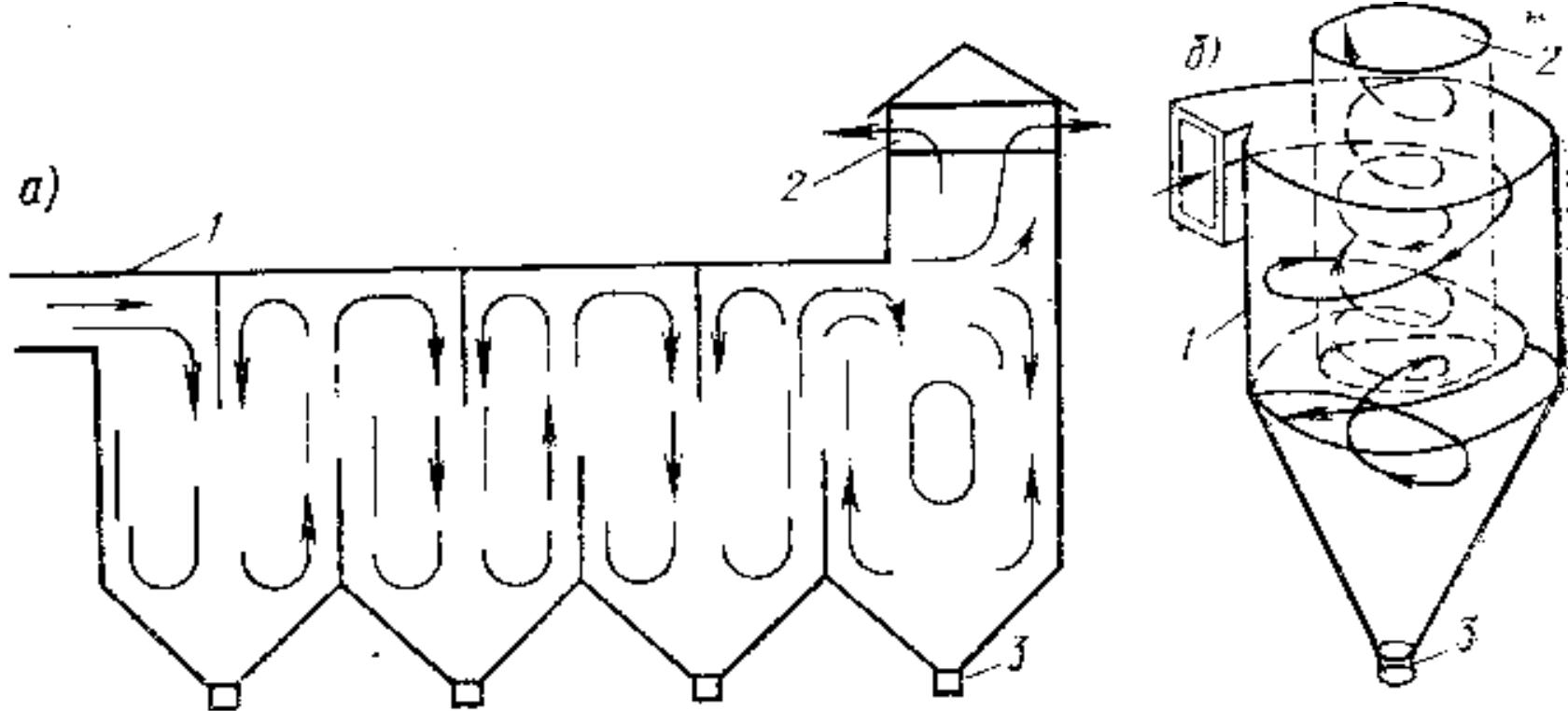
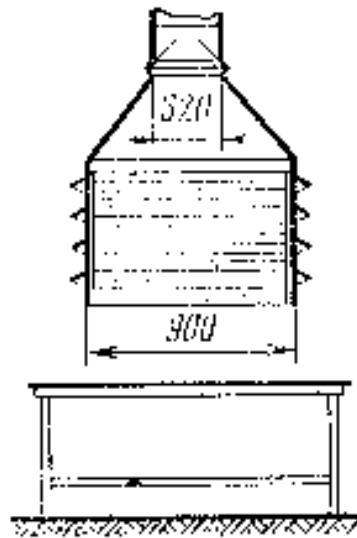
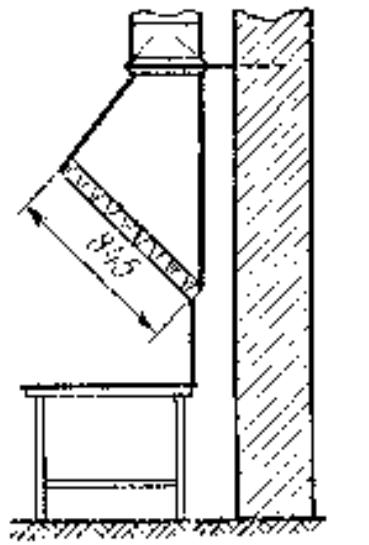
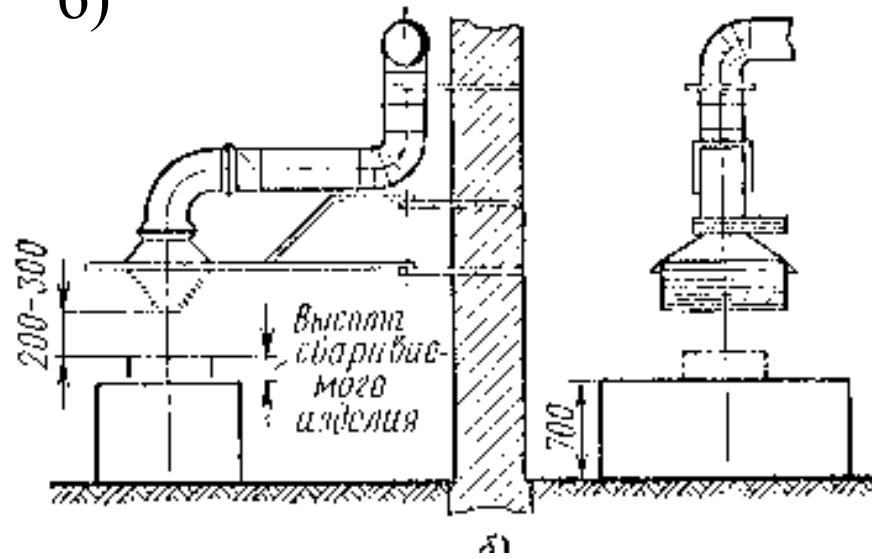


Схема устройств для очистки вентиляционных выбросов от пыли:
 а - камера пылеосадочная; б - циклон.
 1 - корпус; 2 - удаление очищенного воздуха;
 3 - удаление скопившейся пыли.

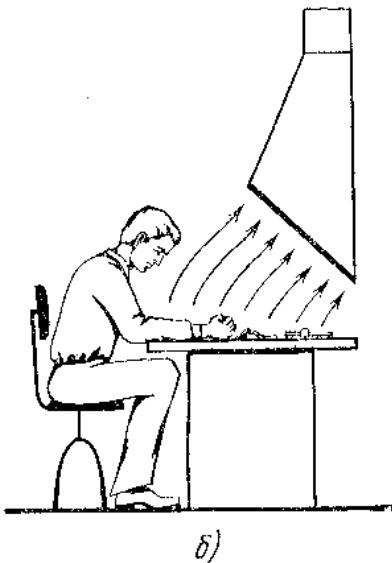
а)



б)



в)

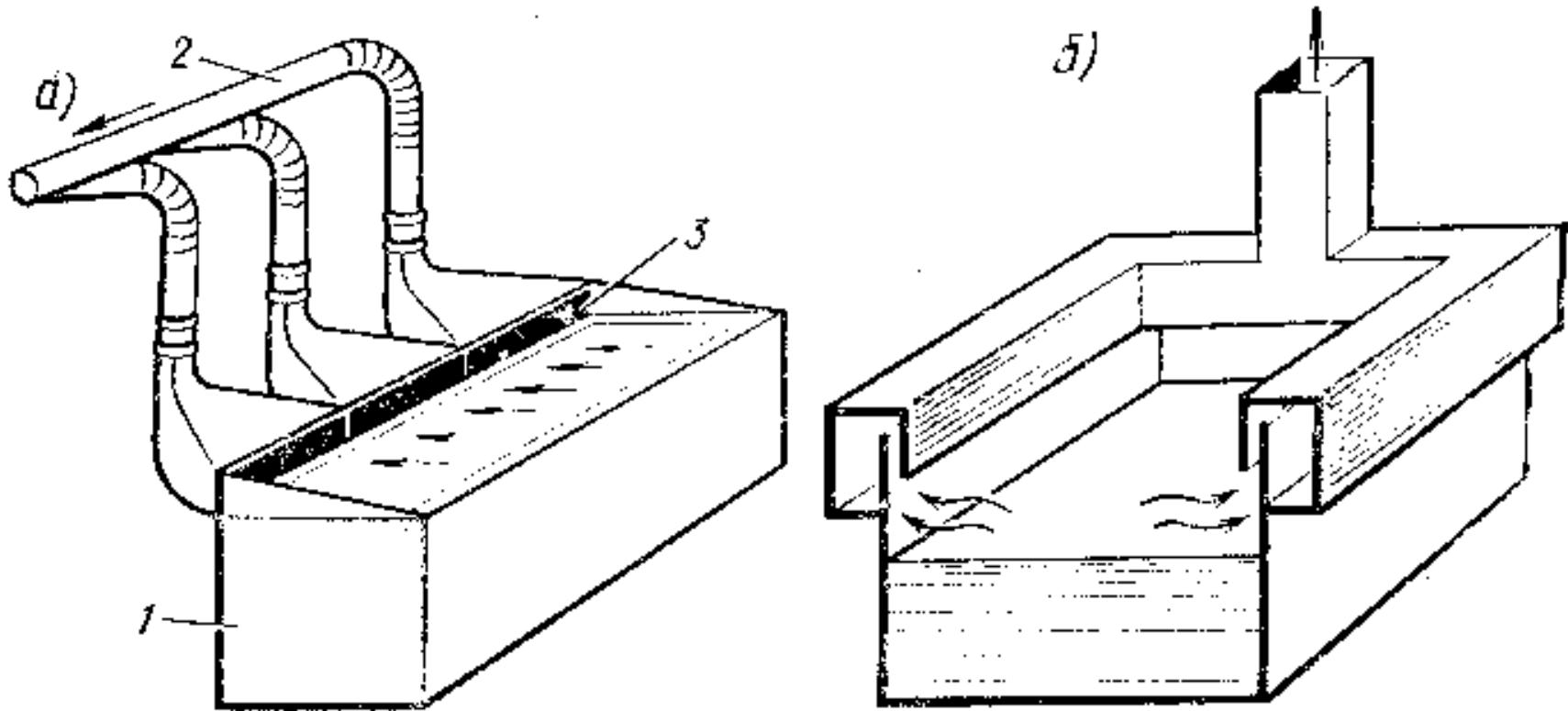


Местная вытяжная вентиляция

а - вытяжная панель;

б - поворотная панель;

в - установка вытяжной панели на рабочем месте.



Бортовые вытяжные устройства

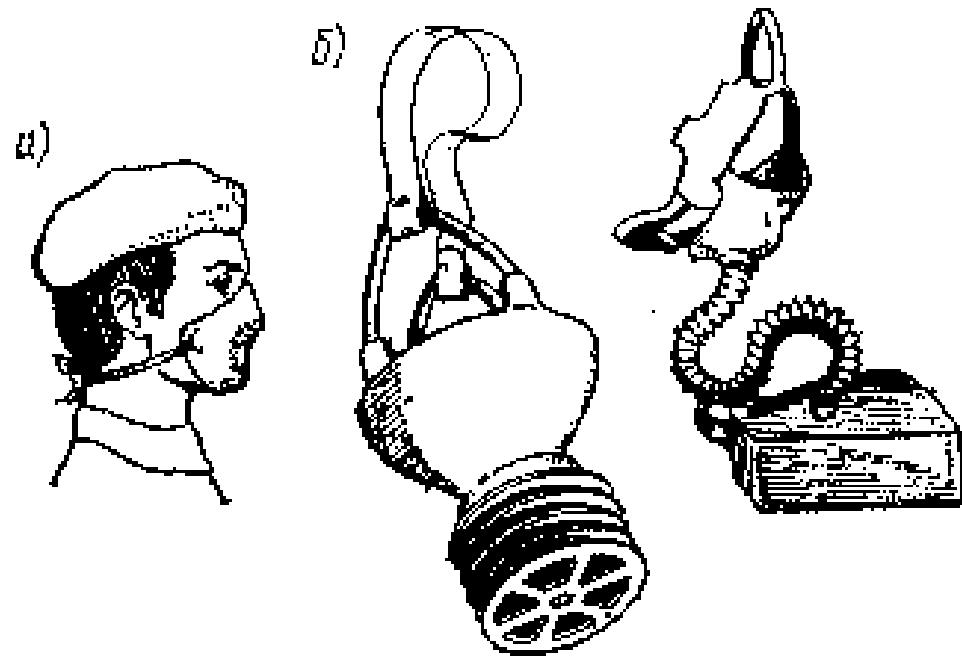
а - односторонняя вытяжка;

б - двусторонняя вытяжка;

1 - корпус гальванической ванны;

2 - воздуховоды;

3 - щели для прохождения загрязнённого воздуха.

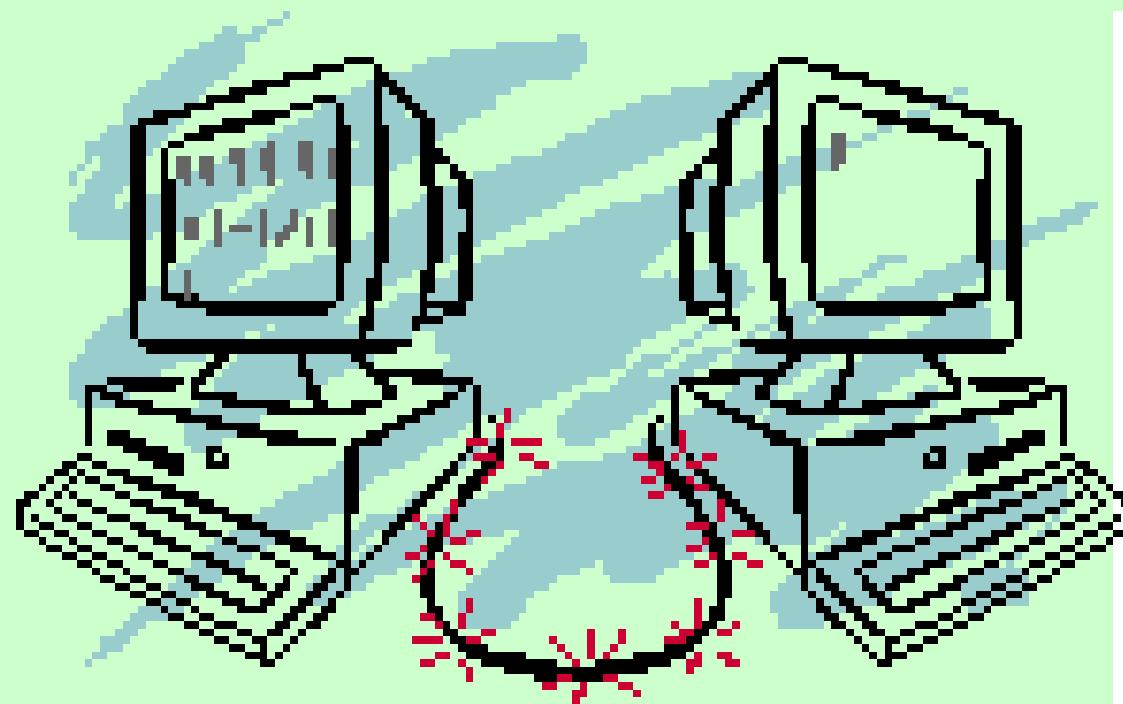


Индивидуальные средства защиты от вредных веществ

а - респиратор «Лепесток»;

б - универсальные респираторы РУ-60М.

Безопасная работа
на компьютере



Вредные факторы

1. обусловленные техническими характеристиками ПЭВМ

- шум,
- электростатические и электромагнитные поля,
- мелькающий свет дисплея,
- низкая разрешающая способность дисплея
- низкочастотное дрожание изображения,**
- недостаточное количество цветов и оттенков**
- недружественный интерфейс программного обеспечения

2. Обусловленные условиями среды

- нерациональная конструкция рабочего места,
- длительная статическая поза,
- неправильное освещение,
- запылённость и загазованность воздуха,
- неоптимальные параметры микроклимата (температура, влажность, подвижность воздуха)

Нежелательные последствия длительной работы на ЭВМ

- Нарушения зрения
 - резь в глазах,
 - быстрая утомляемость (астенопия)
 - проблемы с фокусировкой зрения
- Кожные заболевания
 - сыпь на лице,
 - аллергические реакции
- Заболевания костно-мышечного аппарата
 - синдром длительных статических нагрузок
 - запястный синдром
- Стресс
 - хронические головные боли
 - расстройства нервной системы,
- Нарушения в период беременности

Вид воздействия	Нарушения зрения	Кожные заболевания	Стресс	Нарушения в период беременности
Ультрафиолетовое излучение	+	?	?	?
Мерцание изображения	+	-	+	?
Яркий видимый свет	+	-	+	-
Блики и отражённый свет	+	-	+	-
Статическое электричество	+	+	?	?
ЭМП низких частот	?	-	?	+
Рентгеновские излучения	?	-	-	+

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРСОНАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОННО- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ МАШИНАМ И ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ

**Санитарно-эпидемиологические правила и
нормативы**

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, созданного ПЭВМ

Таблица 2

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	50

Измерение уровня звука и уровней звукового давления проводится на расстоянии 50 см от поверхности оборудования и на высоте расположения источника(ков) звука.

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров	ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц 25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц 2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц 250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц 25 нТл
Напряженность электростатического поля	15 кВ/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитора	500 В

Мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ВДТ (на электроннолучевой трубке) при любых положениях регулировочных устройств не должна превышать $7.74 \cdot 10^{-12}$ А/кг (100 мкР/ч), что соответствует эквивалентной дозе, равной 1мкЗв/час .

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

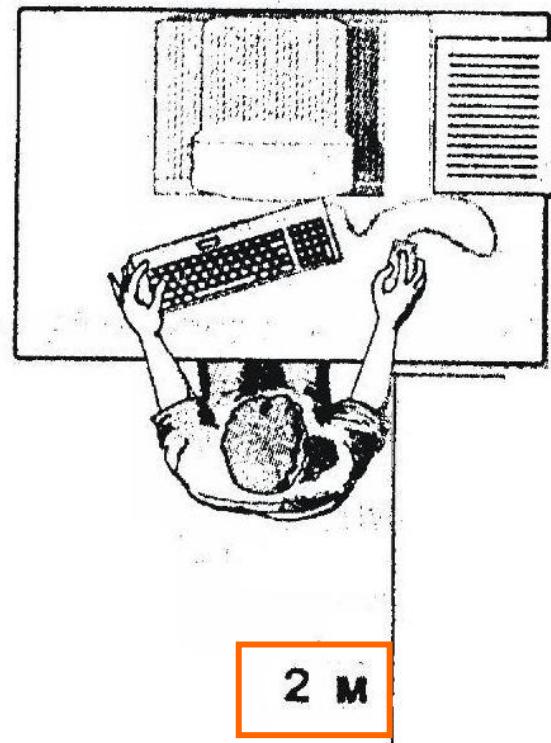
Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ

с ВДТ на базе электроннолучевой трубы (ЭЛТ) $\geq 6 \text{ м}^2$,

с ВДТ на базе плоских дискретных экранов
(жидкокристаллические, плазменные) $\geq 4,5 \text{ м}^2$.

При использовании ПВЭМ с ВДТ на базе ЭЛТ
(без вспомогательных устройств - принтер, сканер и др.)
если $t_{\text{работы}} < 4 \text{ часов в день}$ $\geq 4,5 \text{ м}^2$.

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.





Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Компьютерная мебель

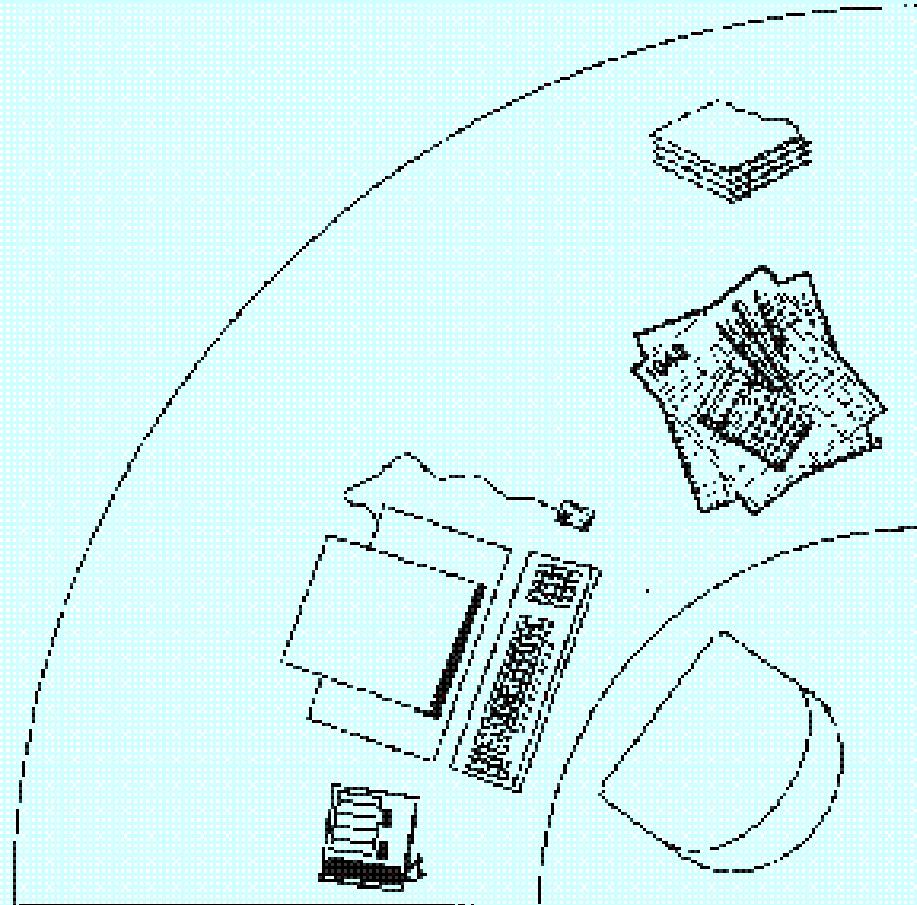
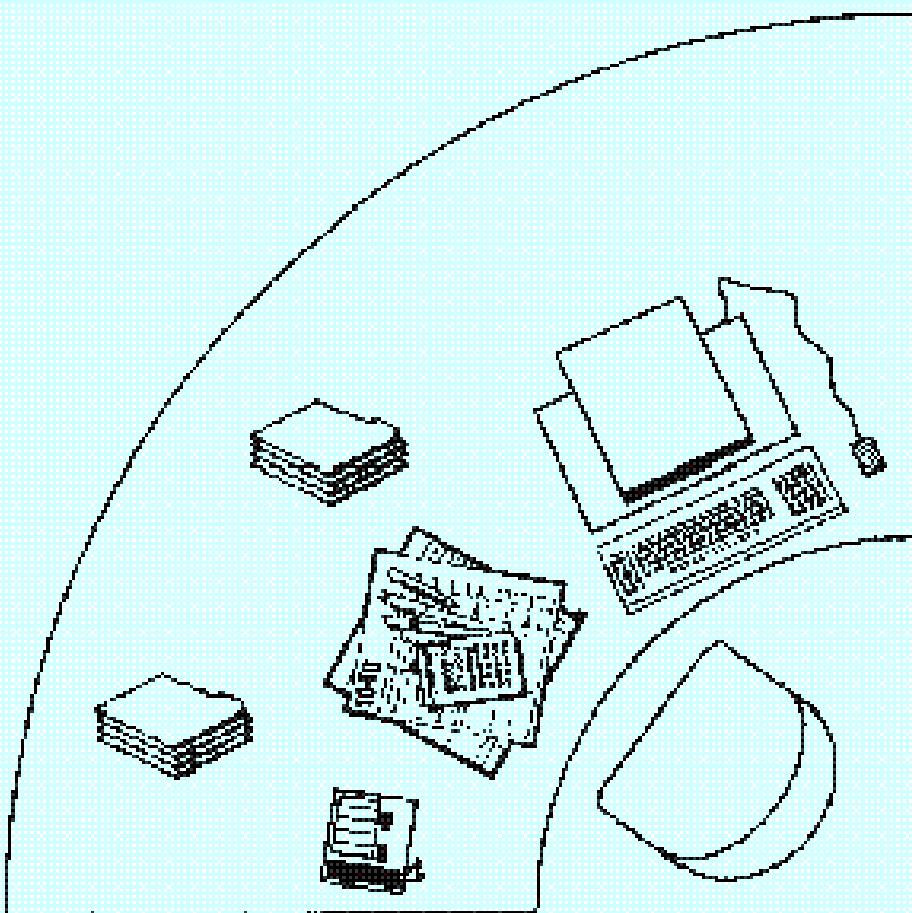


Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Компоновка гибкого рабочего места,

- позволяет адаптировать его в соответствии с потребностями пользователей при выполнении различных задач.



- Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680-800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.
- Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

9.6. Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.



Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляющей и иметь надежную фиксацию.

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

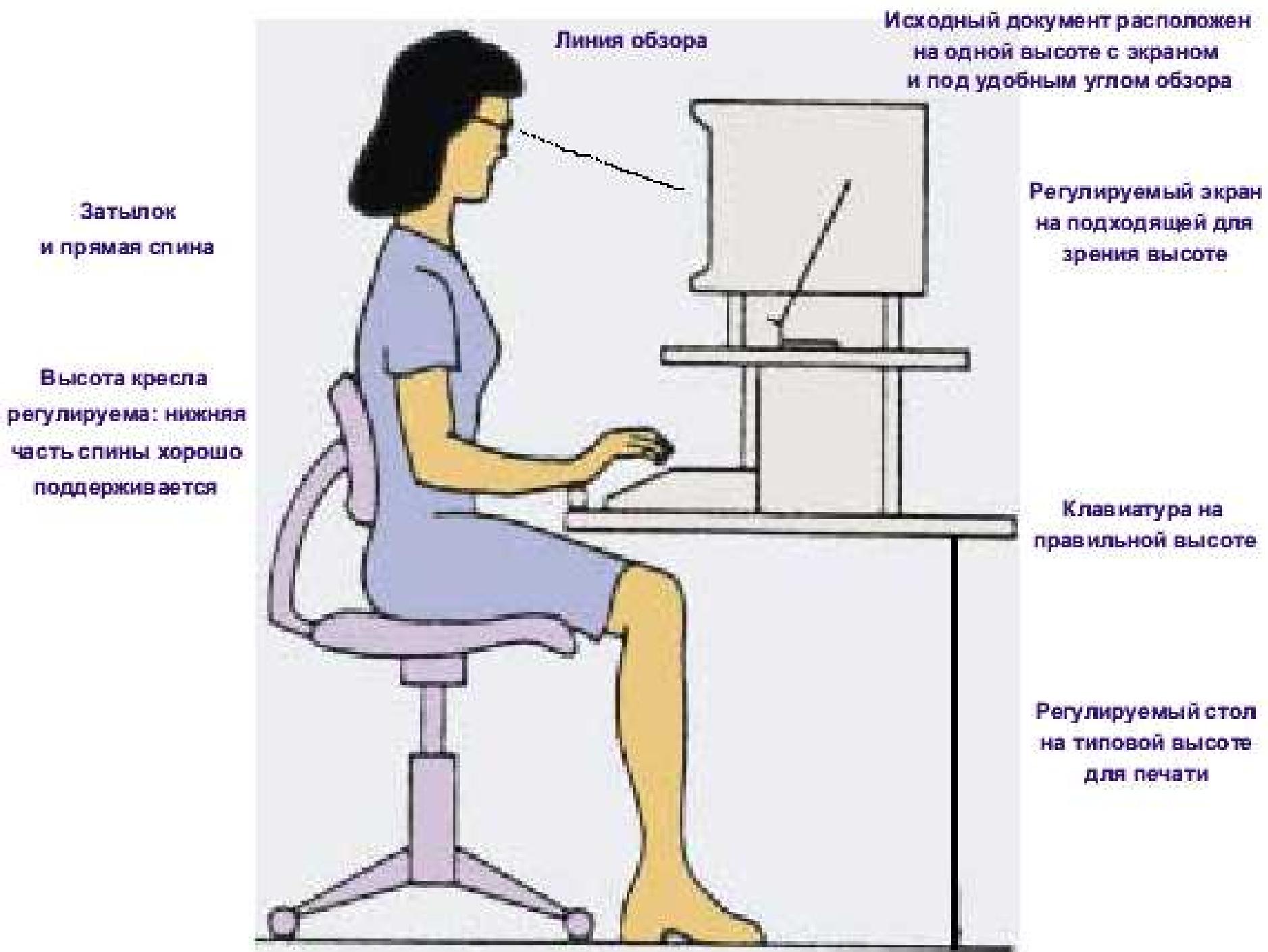
- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- высоту опорной поверхности спинки 300 - 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50 - 70 мм;



- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углом наклона вперед до 15 град, и назад до 5 град.;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах 30 градусов;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 - 400 мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 - 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

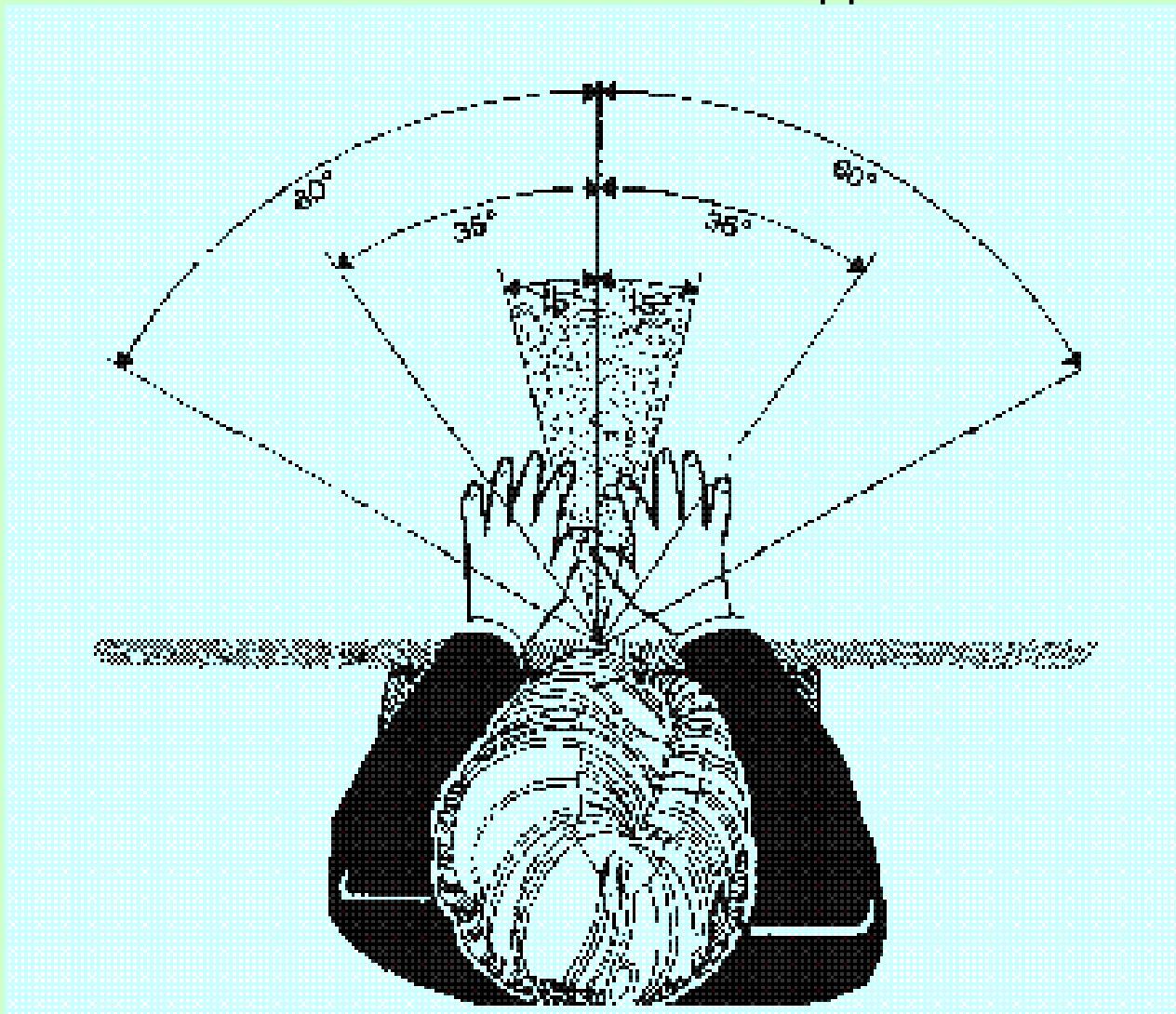
РАЗМЕЩЕНИЕ КЛАВИАТУРЫ

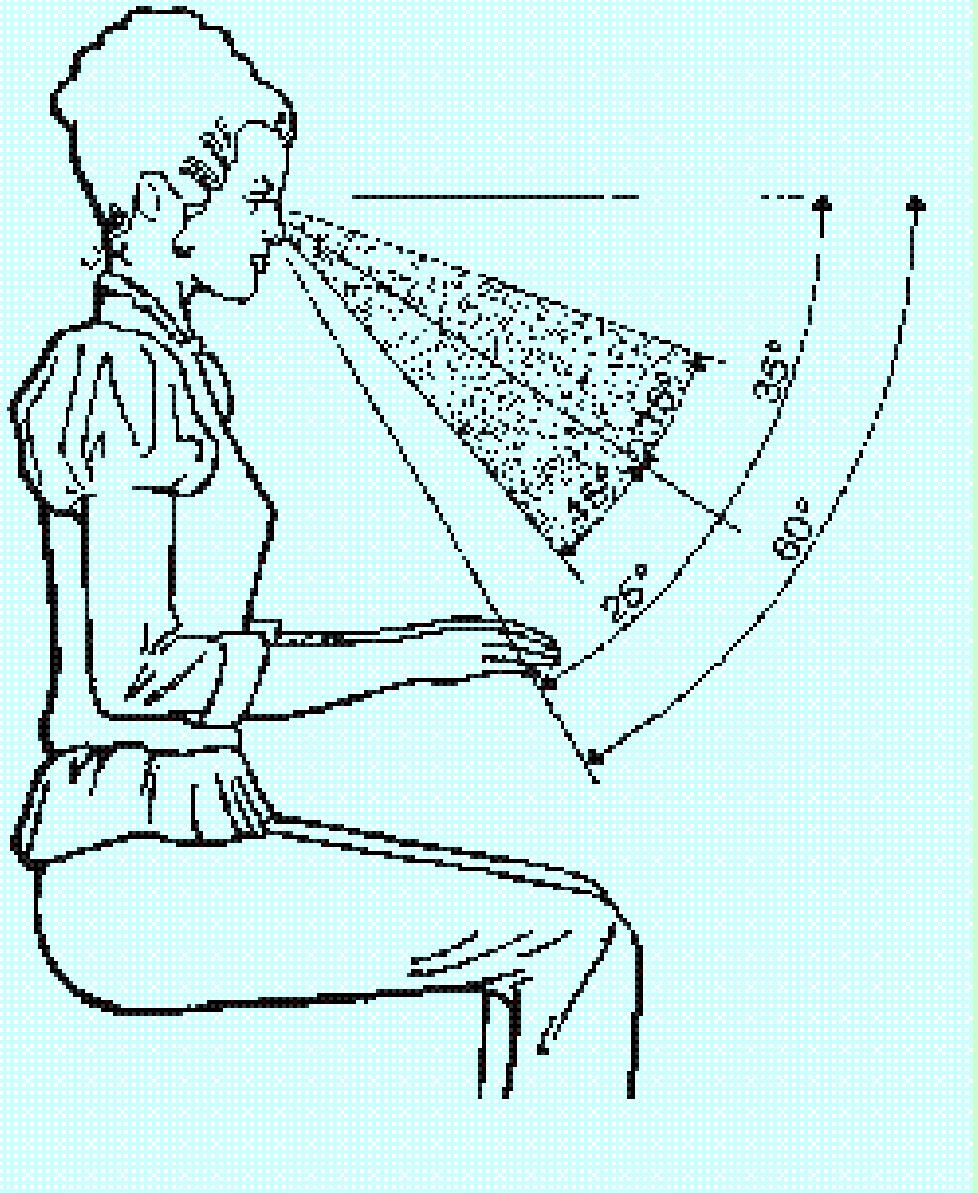




Распределение рабочего пространства

Пространственное распределение оборудования на рабочем месте должно планироваться после анализа задачи, с учетом важности и частоты использования каждого элемента .





Оптимальная линия зрения –
около 35° вниз от горизонтали
(20° - голова и 15° - глаза).

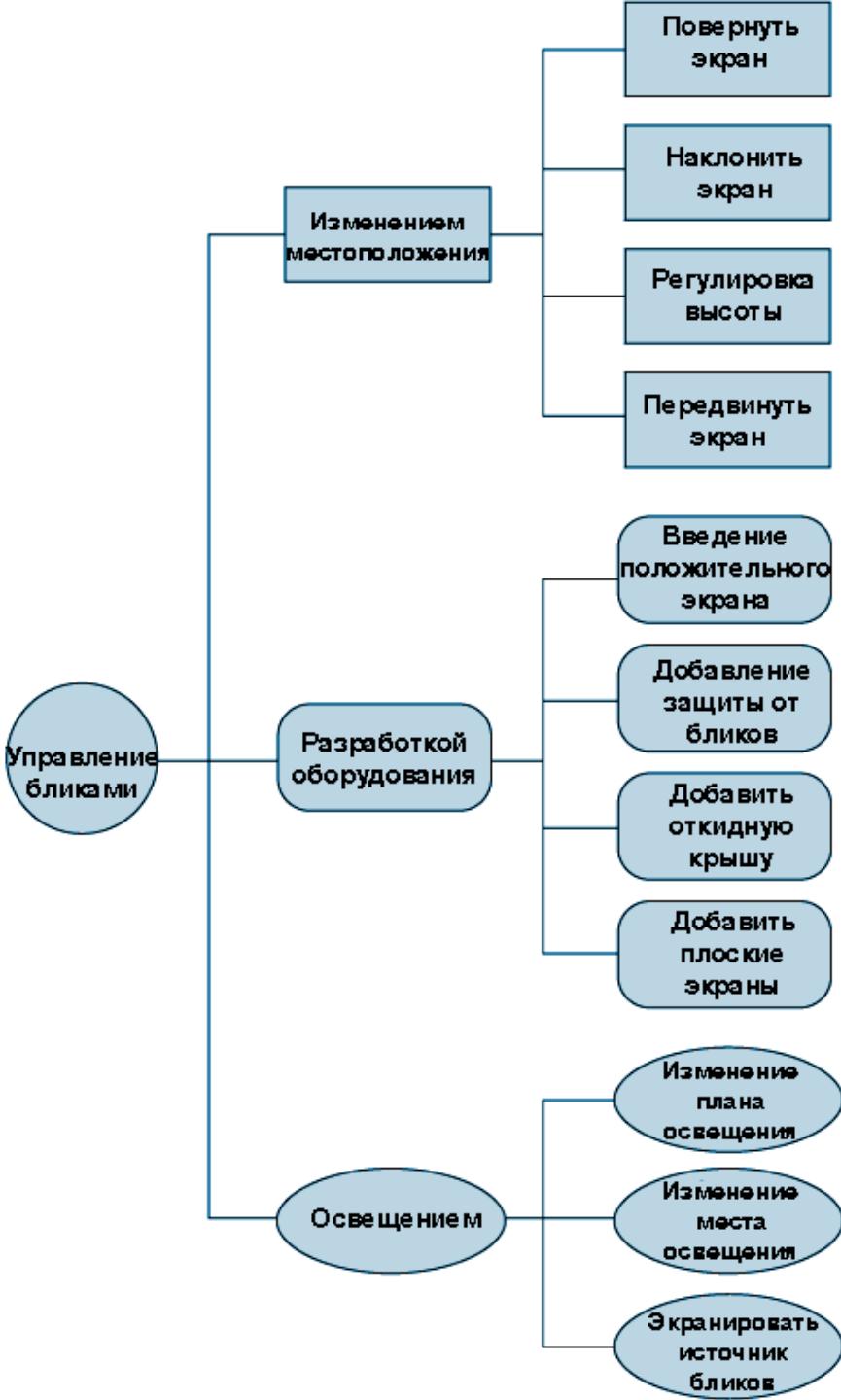
РАЗМЕЩЕНИЕ МОНИТОРА



ОСВЕЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА



Стратегии контроля отражения от экранов.



Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.

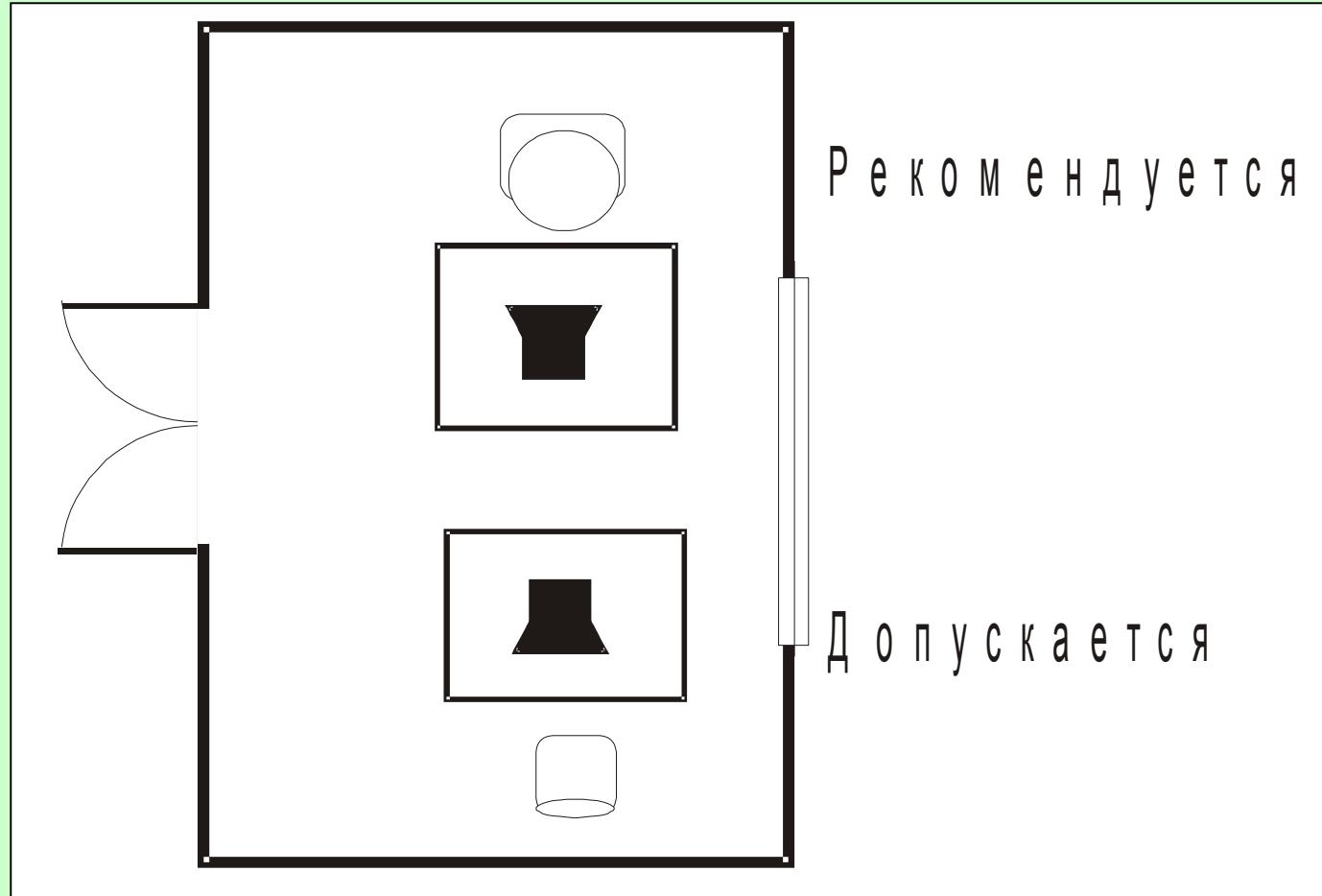
Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка - 0,7 - 0,8; для стен - 0,5 - 0,6; для пола - 0,3 - 0,5.

Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4 - 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики.

Конструкция ВДТ должна предусматривать регулирование яркости и контрастности.

6.1. Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.



- 6.2. Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

6.3. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

- 6.4. Следует ограничивать прямую блесткость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².
- 6.5. Следует ограничивать отраженную блесткость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

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

$$P = \left(\frac{\Delta L_{nopS}}{\Delta L_{nop}} - 1 \right) \cdot 10^3$$

где ΔL_{nopS} пороговая разность яркости объекта и фона при обнаружении объекта при наличии в поле зрения блеского источника,
 ΔL_{nop} - пороговая разность яркости объекта и фона при обнаружении объекта на фоне равномерной яркости

Зрительный дискомфорт является начальной стадией ослеплённости и оценивается показателем дискомфорта - критерием оценки дискомфортной блёскости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения и выражющийся формулой

$$M = \frac{L_c \omega^{0.5}}{\varphi_\Theta L_{ad}^{0.5}}$$

где L_c - яркость блёского источника, кд/м²;

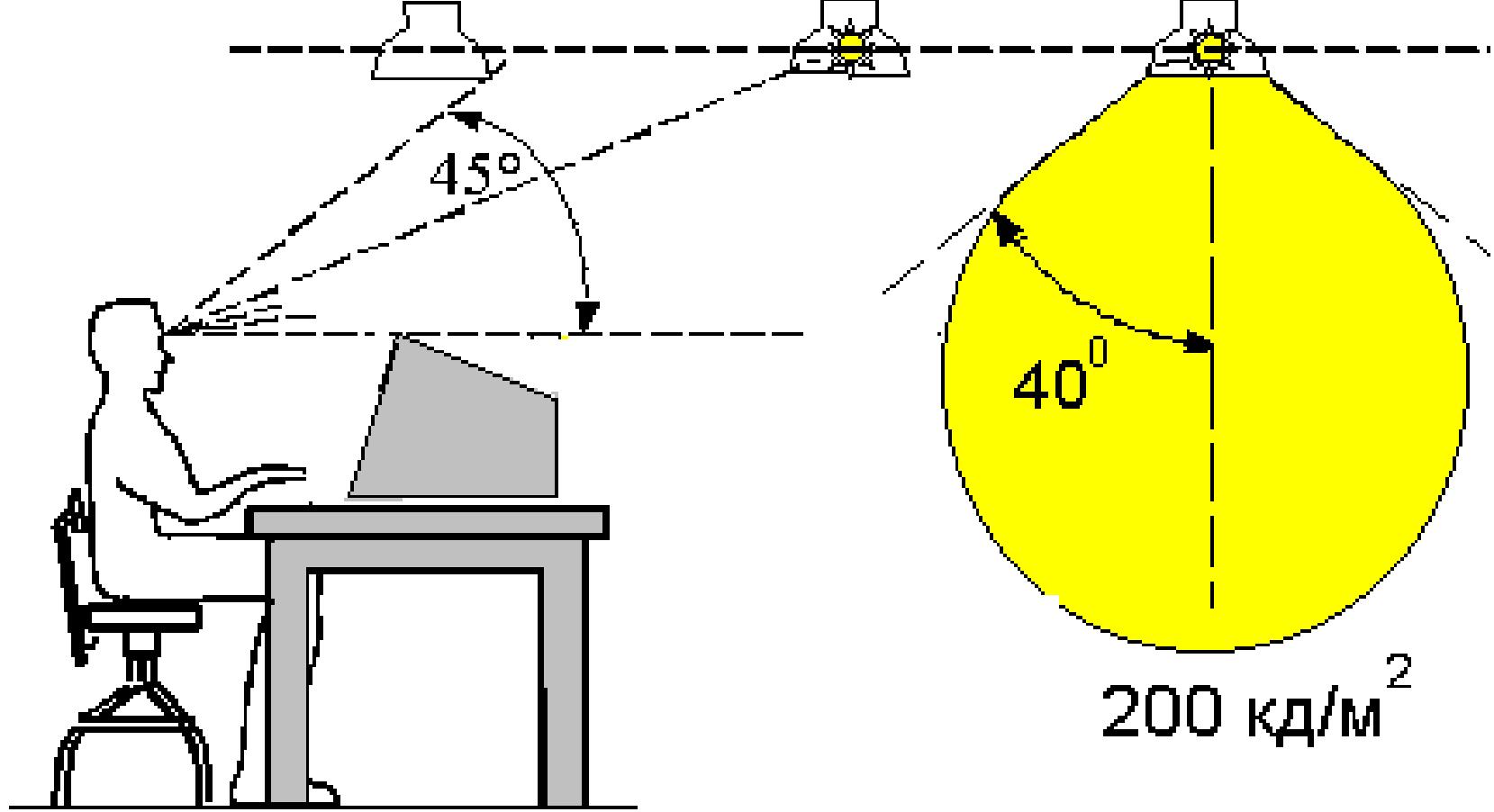
ω - угловой размер блёского источника, ср;

φ_Θ - индекс позиции блёского источника относительно линии зрения;

L_{ad} - яркость адаптации, кд/м².

В административно-общественных помещениях $M \leq 40$,

В дошкольных и учебных помещениях $M \leq 15$.



Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м², защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

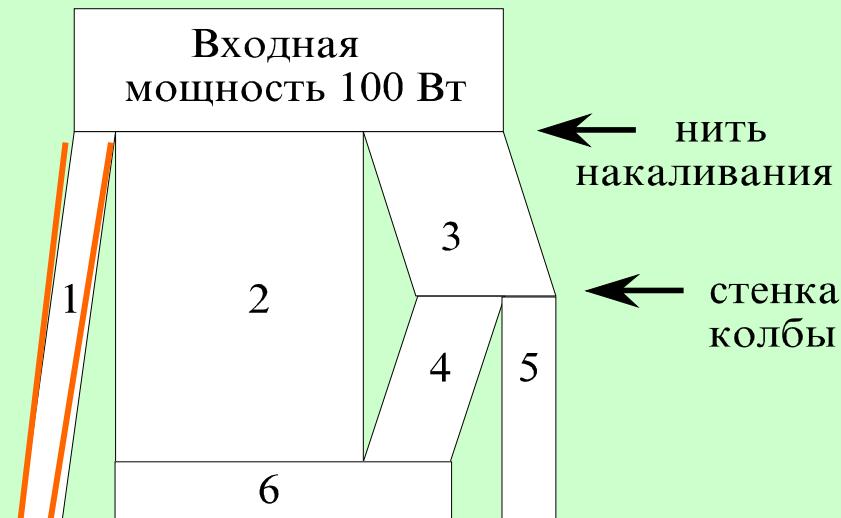
- 6.9. Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 - 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

- 6.10. В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ).

При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп.

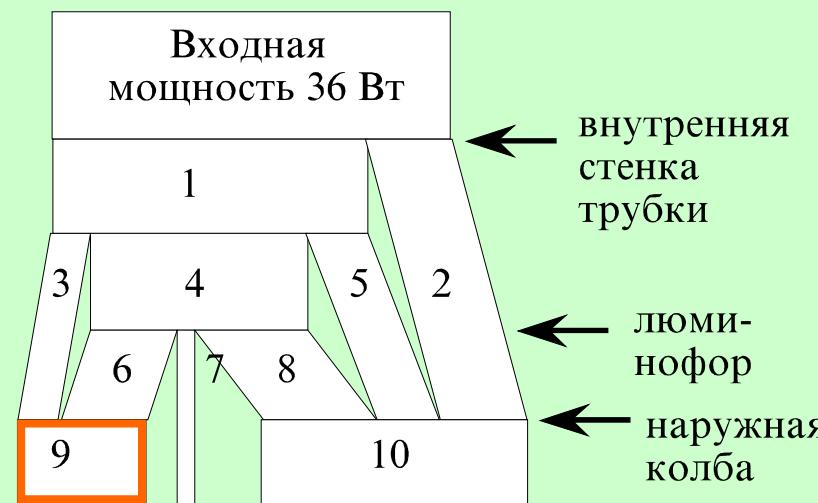
В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенные.

- 1. Видимое излучение - 5 Вт**
- 2. Инфракрасное излучение при накаливании - 61 Вт**
- 3. Термальные потери от огнива до колбы - 34 Вт**
- 4. Инфракрасное излучение колбы - 22 Вт**
- 5. Общие тепловые потери - 12 Вт**
- 6. Общее инфракрасное излучение - 83 Вт**



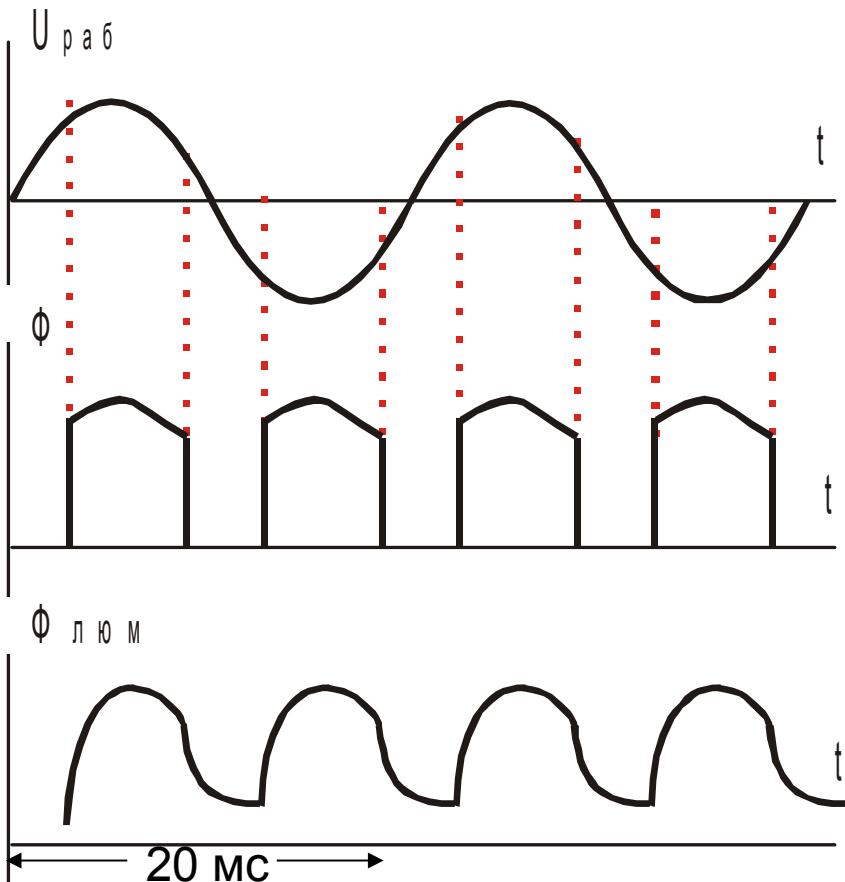
Энергетический баланс лампы накаливания GLS мощностью 100 Вт

- 1. Мощность разряда - 30.1 Вт**
- 2. Тепловые потери в электродах - 5.9 Вт**
- 3. Видимое излучение разряда - 1.2 Вт**
- 4. УФ-излучение разряда - 22.5 Вт**
- 5. Тепловые потери разряда - 6.5 Вт**
- Видимое излучение люминофора - 8.8 Вт**
- 7. УФ-излучение - 0.2 Вт**
- 8. ИК-излучение - 13.5 Вт**
- 9. Общее видимое излучение - 10 Вт**
- 10. ИК-излучение и тепловые потери - 25.8 Вт**

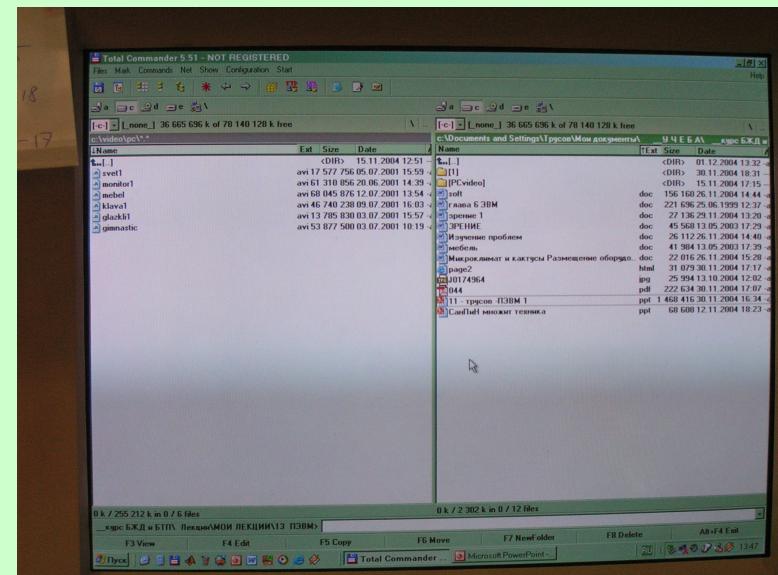


Энергетический баланс люминесцентной лампы мощностью 36 Вт

- 6.11. Для освещения помещений с ПЭВМ следует применять светильники с зеркальными параболическими решетками, укомплектованными электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА)

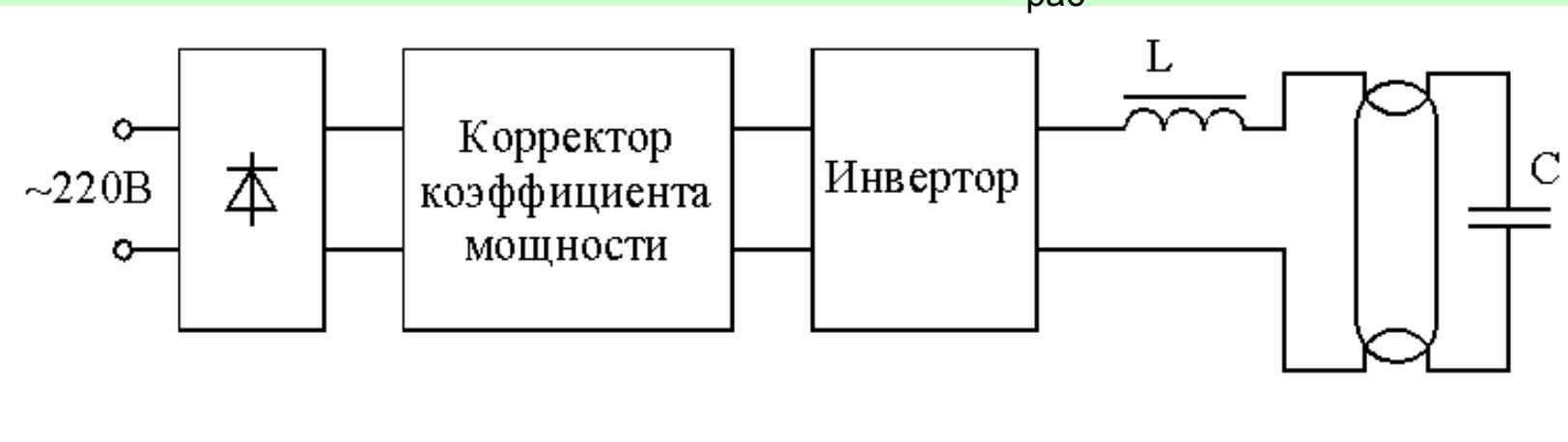


Стробоскопический эффект
газоразрядных ламп



Высокочастотный ЭПРА

$f_{раб} = 20\dots50$ кГц



$$k_f = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{cp}} \cdot 100\%$$

для ламп накаливания

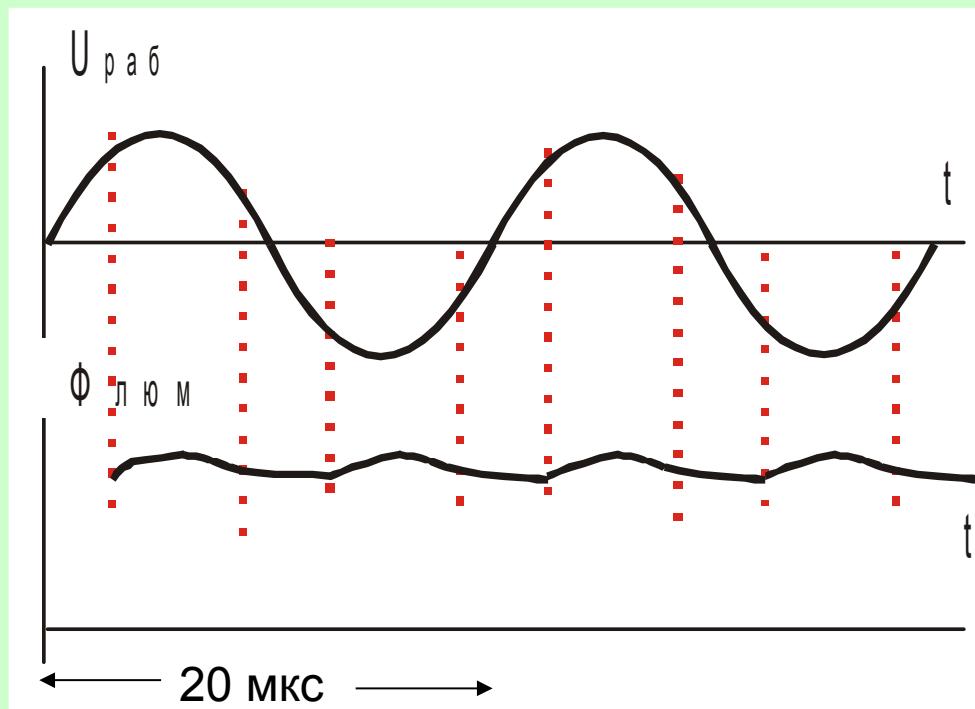
$\approx 7\%$

для галогенных ламп

$\approx 1\%$

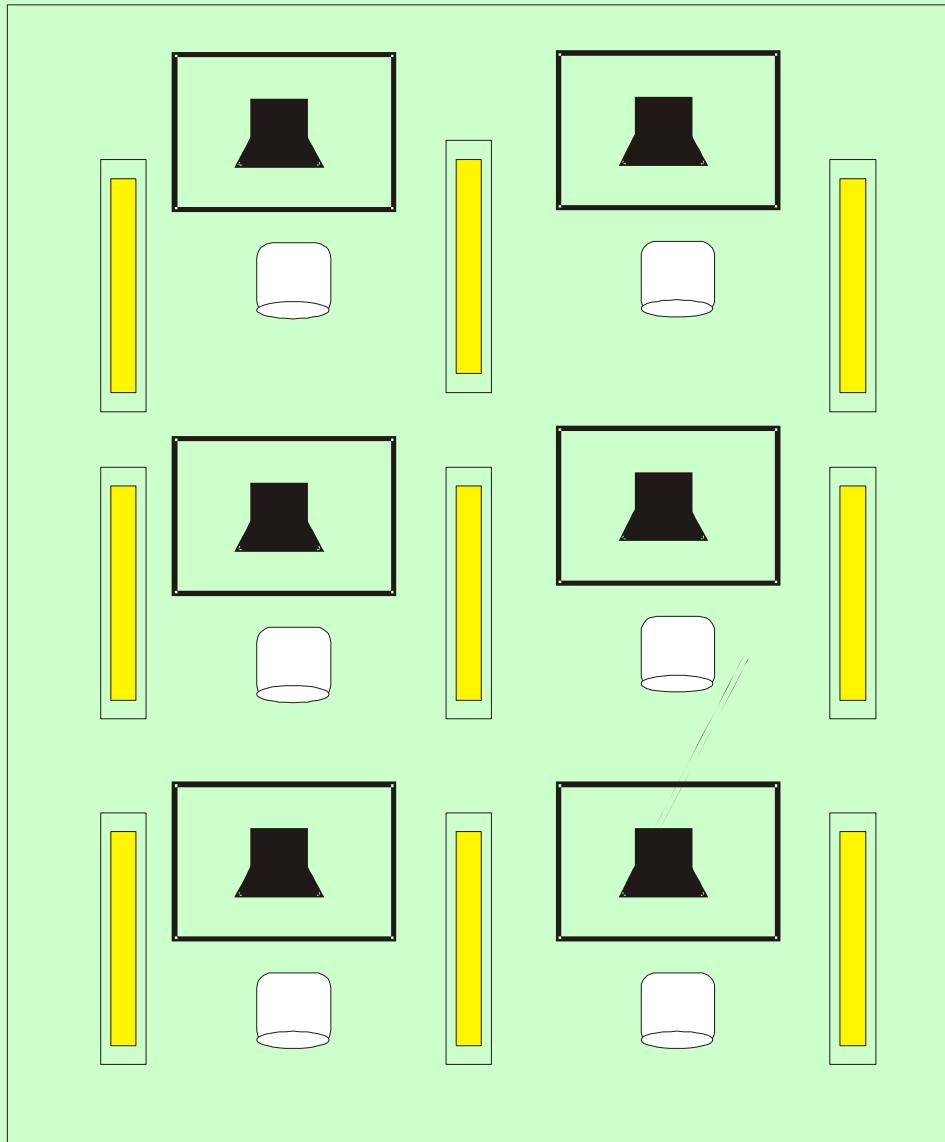
для люминесцентных ламп

с электромагнитным ПРА 25 - 65 %
и ВЧ ЭПРА <0.1%

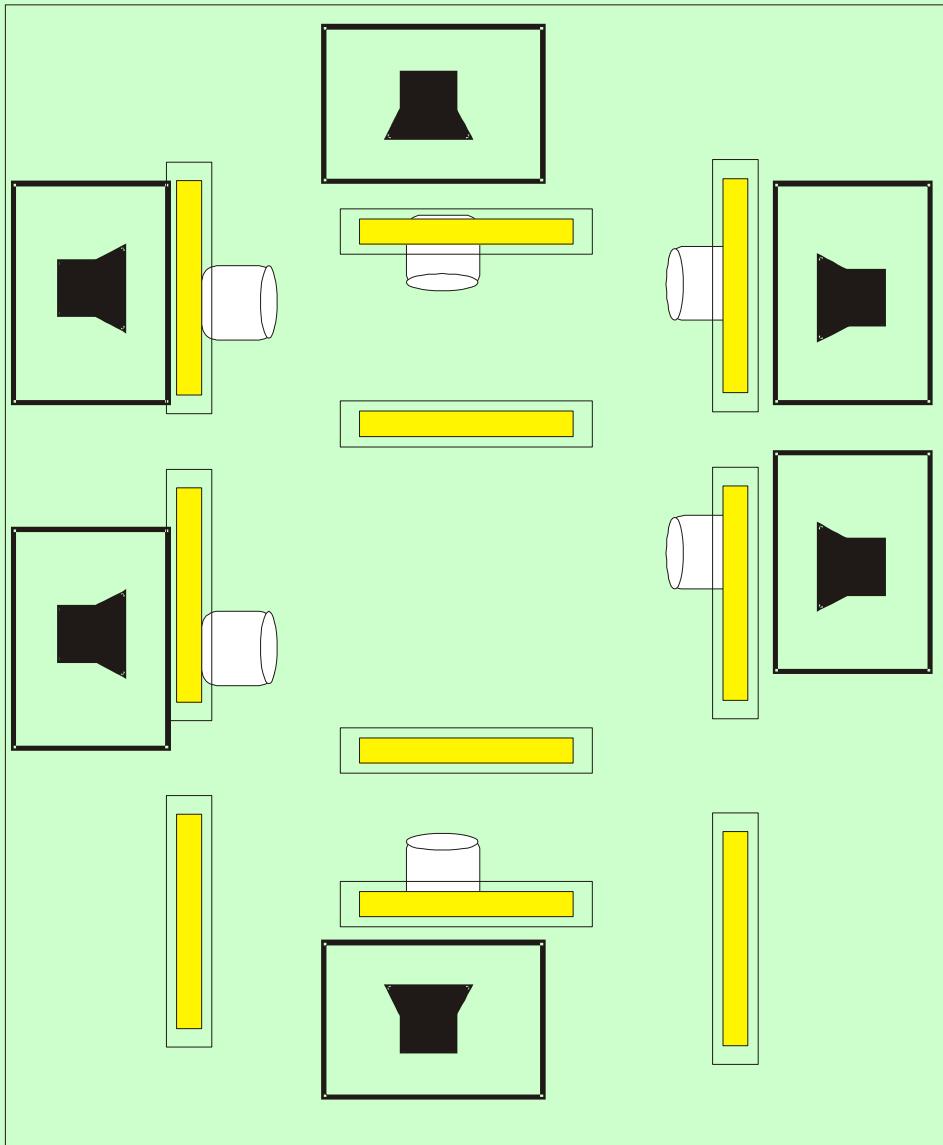


- Допускается использование многоламповых светильников с электромагнитными пускорегулирующими аппаратами, состоящими из равного числа опережающих и отстающих ветвей.
- При отсутствии светильников с ЭПРА лампы многоламповых светильников или рядом расположенные светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети.

Общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении видеодисплейных терминалов.

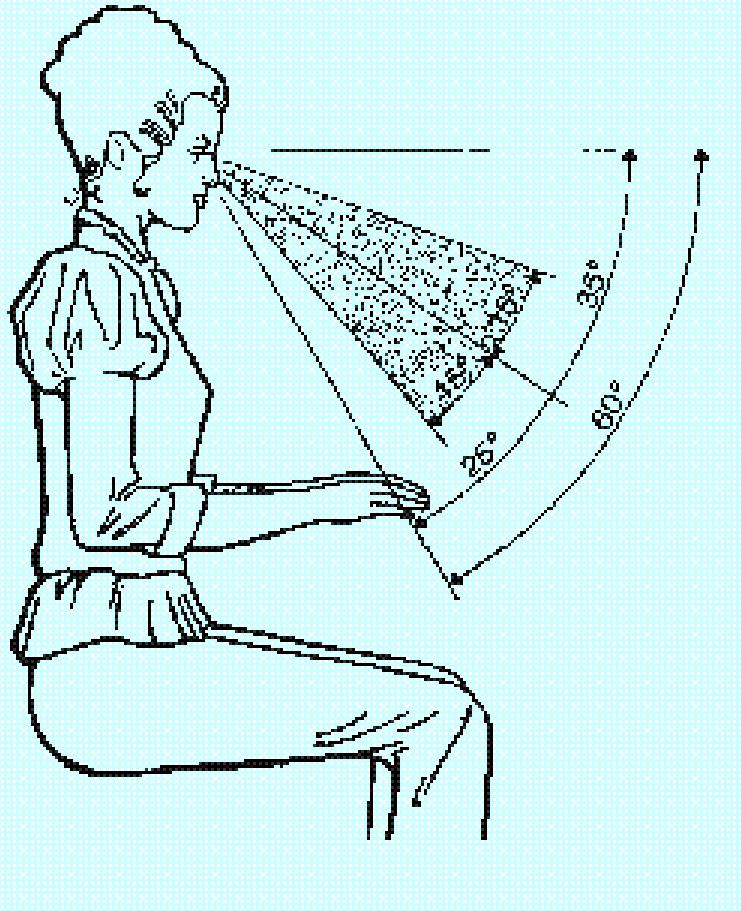


При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.



Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/кв.м
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более 20%
Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1
Пространственная нестабильность изображения (непреднамеренные изменения положения фрагментов изображения на экране)	Не более $2 \cdot 10^{-4}L$, где L- проектное расстояние наблюдения, мм
частота обновления изображения (при всех гарантированных режимах разрешения) дисплеи на ЭЛТ дисплеи на плоских дискретных экранах	не менее 75 Гц не менее 60 Гц



Оптимальный угловой размер знака
 $16' < \alpha < 60'$

Угловой размер знака - угол между линиями, соединяющими крайние точки знака по высоте и глаз наблюдателя.

Угловой размер знака определяется по формуле

$$\alpha = \arctg(h/2l)$$

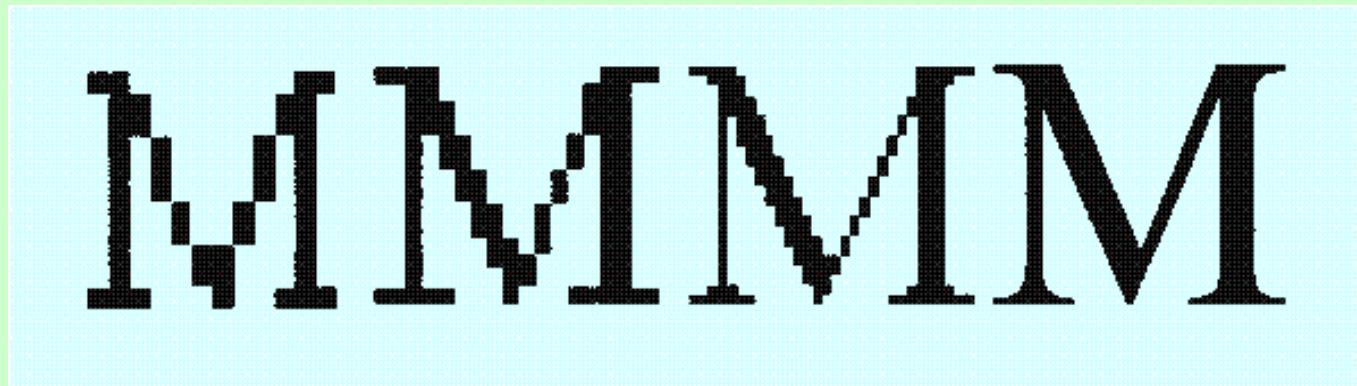
где h - высота знака; l - расстояние от знака до глаза наблюдателя.

Видимый размер символов, измеряемый в минутах дугового разряда, показывает наиболее оптимальные условия от 20' до 22'; что соответствует величине приблизительно от 3 мм до 3,3 мм по высоте при нормальных условиях отображения информации в офисах.

Более мелкие символы могут привести к возрастанию ошибок, зрительному напряжению, а также к более напряженному положению человеческого тела из-за ограниченного расстояния просмотра. Таким образом, текст не должен отображаться в видимом размере менее 16'.

Во избежание появления ошибок, с одной стороны, и высокой зрительной нагрузки - с другой, символы с видимым размером менее 12' не должны отображаться на дисплее в качестве читаемого текста, а заменяться прямоугольным кубиком серого цвета.

*Внешний вид буквы
на экранах с различной разрешающей способностью
и на бумаге (справа).*



XIII. Требования к организации медицинского обслуживания пользователей ПЭВМ

13.1. Лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке.

13.2. Женщины со времени установления беременности переводятся на работы, не связанные с использованием ПЭВМ, или для них ограничивается время работы с ПЭВМ (не более 3 часов за рабочую смену) при условии соблюдения гигиенических требований, установленных настоящими Санитарными правилами. Трудоустройство беременных женщин следует осуществлять в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Трудоспособность

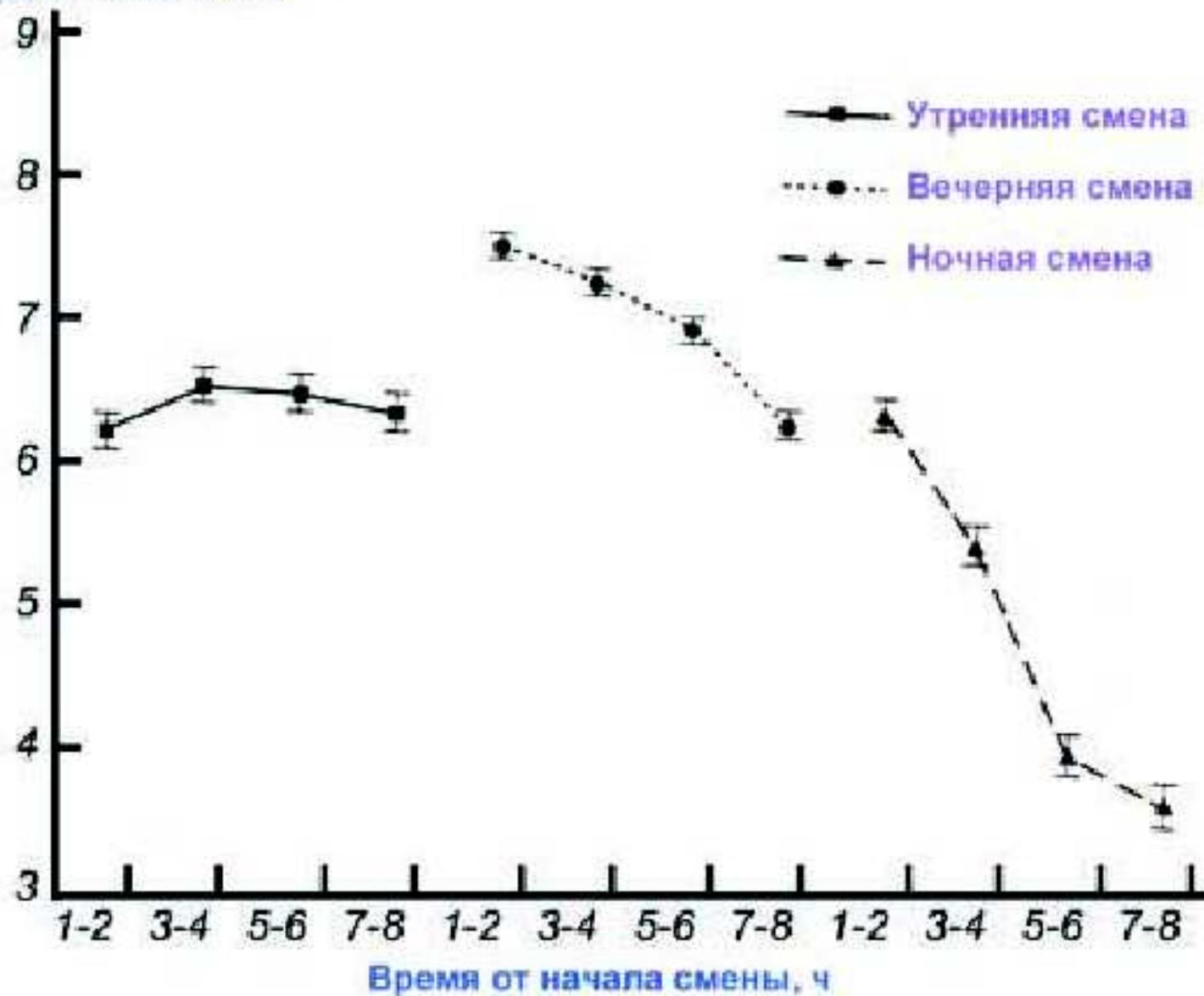


Рис. 1. Скорректированные средние уровни ретроспективно оцененной трудоспособности как функция смены и времени от начала смены.

Эргономические принципы проектирования интерфейса программного обеспечения

Цель - достичь соответствия средств и усилий труда физическим и психофизиологическим возможностям человека.

1 требование - соответствия **информационной модели** энергетическим и пространственным характеристикам зрительного анализатора

- диапазон воспринимаемых **яркостей**, контраст изображения, относительная видность
- **Цвет**, цветовое ощущение
- **разрешающая способность** средств отображения и зрения человека (связано с яркостью, контрастом, длительностью воздействия стимула)
- **число объектов** зрительной фиксации
 - **критическая частота мелькания** -обновление информации (влияют уровень адаптации глаза к яркости индикатора, инерция зрительного восприятия, яркость экрана, размер и конфигурация знаков)
 - **время информационного поиска**
 - **насыщенность** зрительного восприятия (количество информации одного индицируемого сообщения)

1. Принцип минимального рабочего усилия.

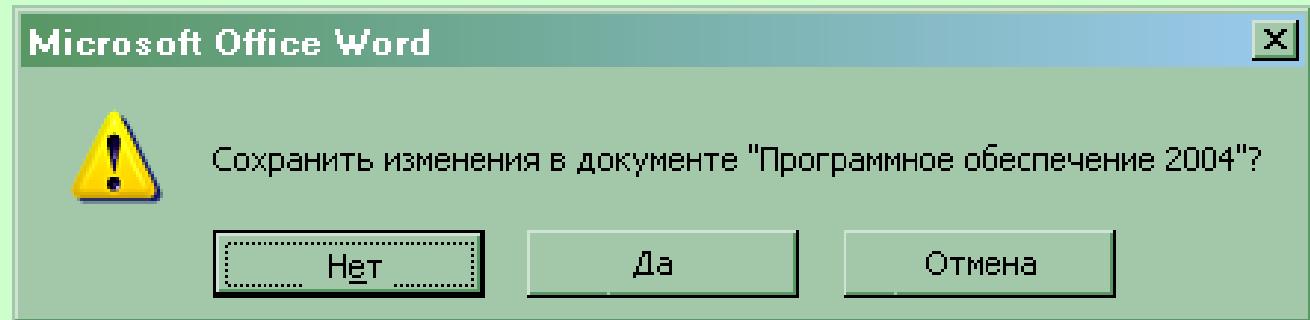
2. Принцип максимального взаимопонимания.

3. Принцип минимального объема оперативной памяти пользователя.



1 — перегрузки, 2— нормальная, работа, 3— затухание активности.

4. Принцип минимального расстройства человека - оператора.



5. Принцип учета профессиональных навыков пользователя.

6. Принцип максимального различия человеческих характеров.

Рейтинговая система оценки знаний

Принцип рейтинговой системы – текущий контроль в процессе обучения.

В течение семестра

4 КР (по 20 баллов max) + Л/р (20 баллов max) ≤ 100 баллов

≥85 – отлично

≥ 75 – хорошо

≥ 55 - удовлетворительно

< 55 - неудовлетворительно ⇒ Отправляются на экзамен в дополнительную сессию.

1. Белов С.В. и др. **Безопасность жизнедеятельности: Учебник для студ. вузов/ С.В.Белов, А.В.Ильницкая, А.Ф.Козяков и др.; Под общ. ред.С.В.Белова.** - 1999
2. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов/ Д.А.Кривошеин, Л.А.Муравей, Н.Н.Роева и др.; Под ред. Л.А.Муравья. - 2000
3. Зайцев А.П. **Чрезвычайные ситуации. Краткая характеристика и классификация:** Учеб. пособие/ А.П.Зайцев. - 1998
4. **Охрана труда в электроустановках. Учебник под ред. Б.А. Князевского.** М. Энергоатомиздат, 1985
5. П.А. Долин **Основы техники безопасности в электроустановках.** М. Энергоатомиздат, 1984.
6. Мунипов В.М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учеб. для вузов/ В.М.Мунипов, В.П.Зинченко; Федеральная программа книгоиздания России . - 2001

Издания СПбГЭТУ (ЛЭТИ)

1. Безопасность применения средств вычислительной техники: Метод. указ. к практ. занятиям по дисц. "Безопасность жизнедеятельности", 1999
2. Химическая и радиационная безопасность: Метод. указ. к практ. занятиям по дисц. "Безопасность жизнедеятельности", 2000
3. **Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность:** Учебное пособие, 2001
4. **Безопасные и эффективные системы освещения.** Учебное пособие СПбГЭТУ, 2002
5. Эргономика – человеческий фактор. Учебное пособие СПбГЭТУ, 2003

Статистические показатели

В мире - около 500 млн. инвалидов. 100 млн. из них стали инвалидами в результате несчастного случая.

Ежегодно в мире травмируется 120 -140 млн человек, погибает около 1.2 млн., в том числе на производстве - 200 тысяч.

В России ежегодно травмируется ок.900 тыс. чел., а погибает 100-180тыс.чел., в том числе:

- ДТП -30-35 тыс. ,**
- на пожарах -10 тыс.,**
- на производстве - до 14 тыс.**

Ежегодные финансовые потери из-за аварий, ЧС в мире достигают 1 трлн. долларов, в т.ч. на производстве 400-500 млрд.

Данные о гибели людей по С.-Петербургу:

вследствие пожаров:

6-8 человек в день

вследствие электротравм:

1 человек в 3 дня - в быту
1 человек в 6 дней - на

производстве.

вследствие ДТП:

2 - 6 человек в день

**вследствие механических
травм:**

1-2 человек в день.

Статистика травматизма со смертельным исходом среди экономически развитых стран.

Страна	Коэффициент частоты смертельных случаев на 1000 работающих
Великобритания	0.016
Япония	0.020
США	0.054
ФРГ	0.080
Россия	0.138

Аксиомы БЖД

**Аксиома 1. Любая человеческая
деятельность потенциально опасна.**

**Аксиома 2 . С развитием техники
опасность увеличивается.**

Основные задачи БЖД

- 1. Идентификация опасностей с указанием количественных характеристик и условий возникновения опасности.**
- 2. Ликвидация возможных опасностей.**
- 3. Защита людей от опасностей.**

Опасность - (центральное понятие БЖД) - совокупность явлений, процессов, объектов, способных в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно, т.е. вызывать нежелательные последствия (события).

по ГОСТ 12.0.003-88 «Вредные и опасные производственные факторы»

Классификация опасностей

по природе происхождения

- природные
- техногенные
- антропогенные
- экологические

по эффекту воздействия

- физические
- химические
- биологические
- психофизиологические

по вызываемым последствиям

- утомление
- заболевания
- травмы
- аварии
- пожары
- взрывные последствия и т.п.

по приносимому ущербу

- социальный
- технический
- экологический и т.п.

по сфере проявления опасностей:

- бытовая
- спортивная
- дорожно-транспортная
- производственная
- военная и др.

Основные разделы БЖД

- 1 Безопасность в процессе труда**
- 2 Безопасность вне труда , в т.ч. промышленная экология.**
- 3 Безопасность в ЧС.**

Причины нежелательных событий

- неправильные действия рабочих,
 - необученность,
 - небрежность,
 - ухудшение состояния здоровья,
 - ненормальные условия труда,
 - случайная ошибка,
 - техника,
 - неисправности техники,
 - неудачная конструкция, провоцирующая неправильные действия рабочего.
- 
- >80%

Опасный фактор (ОПФ) - воздействие на работающего, которое в ограниченное время может привести к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Вредный фактор (ВПФ) - воздействие на работающего, которое в определенных условиях в течение длительного времени ведет к заболеванию или ухудшению здоровья.

Условия труда

Условия труда - совокупность факторов, действующих на человека в процессе труда.

Условия труда принято делить на благоприятные и неблагоприятные

Граница между этими группами условна и подвижна. Она определяется при помощи количественных показателей (ПДК, ПДУ и т.д.),

Теория риска

- 1. Абсолютная безопасность, как правило, технически недостижима.**
- 2. Мерой опасности или отказов техники принято считать риск.**
- 3. Риск (степень риска, уровень риска) - это частота реализации опасности.**

$$R=n/N \quad ,$$

где n – значение неблагоприятных событий (несчастных случаев),
 N – общее число возможных событий (опасных случаев, число людей, подвергающихся опасности, или другой параметр, к которому приводится данное событие).

Индивидуальный фактический риск фатального исхода в год

(по данным, относящимся ко всему населению США)

автомобильный транспорт	- $3 \cdot 10^{-4}$
отравление	$2 \cdot 10^{-5}$
воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
падающие предметы	$6 \cdot 10^{-6}$
электрический ток	$6 \cdot 10^{-6}$
общий риск	$6 \cdot 10^{-4}$
ядерная энергия (100 реакторов)	$2 \cdot 10^{-10}$

4. Потенциальный риск

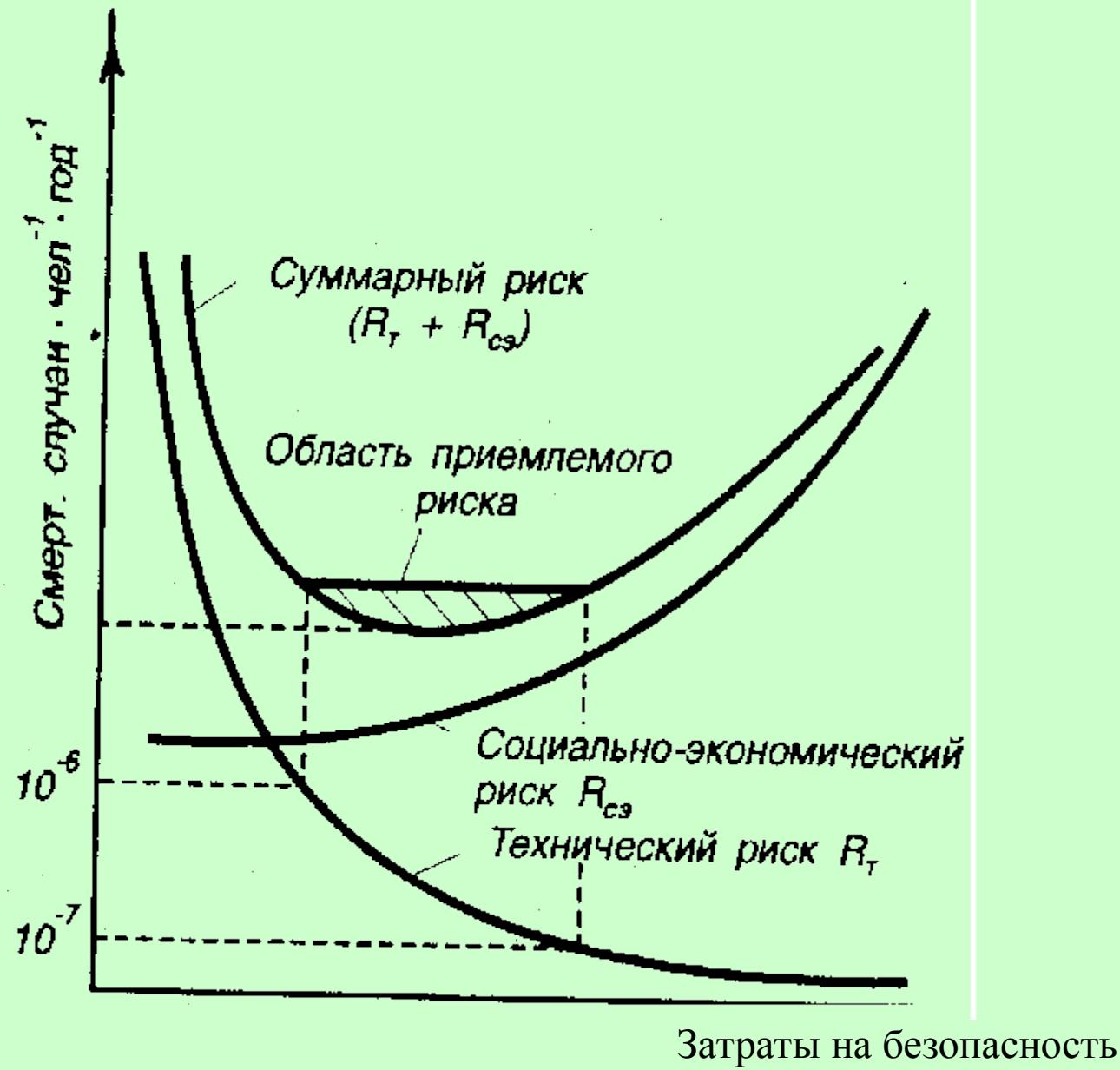
$$R = P(A) P_f ,$$

где $P(A)$ – вероятность развития аварии на объекте, способной сформировать некий уровень опасного воздействия на человека;
 P_f - вероятность гибели индивидуума при данном уровне воздействия.

5. *Допустимый риск* - риск гибели людей с которым может примириться государство

Допустимый риск $< 10^{-6}$

Пренебрежимо малый риск $< 10^{-8}$



Заключительный этап анализа риска – разработка рекомендаций по уменьшению риска.

Меры по уменьшению риска в направлениях:

- уменьшение вероятности возникновения аварийной ситуации
- уменьшение тяжести последствий аварии

Пути уменьшения риска:

- **-совершенствования технических средств,**
- -подготовкой обслуживающего персонала,
- -подготовкой противоаварийных служб
(ликвидация последствий возникших чрезвычайных ситуаций).

Выбор нормируемых параметров (на примере ГОСТ 12.1.038-89)

При аварийном режиме работы производ-х эл.установок

Род тока	Норм. величина	Для действия более 1сек.	P(A)	Pг
~ 50 Гц	$U_{\text{пр}}$ I_h	20 В 6 мА	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$

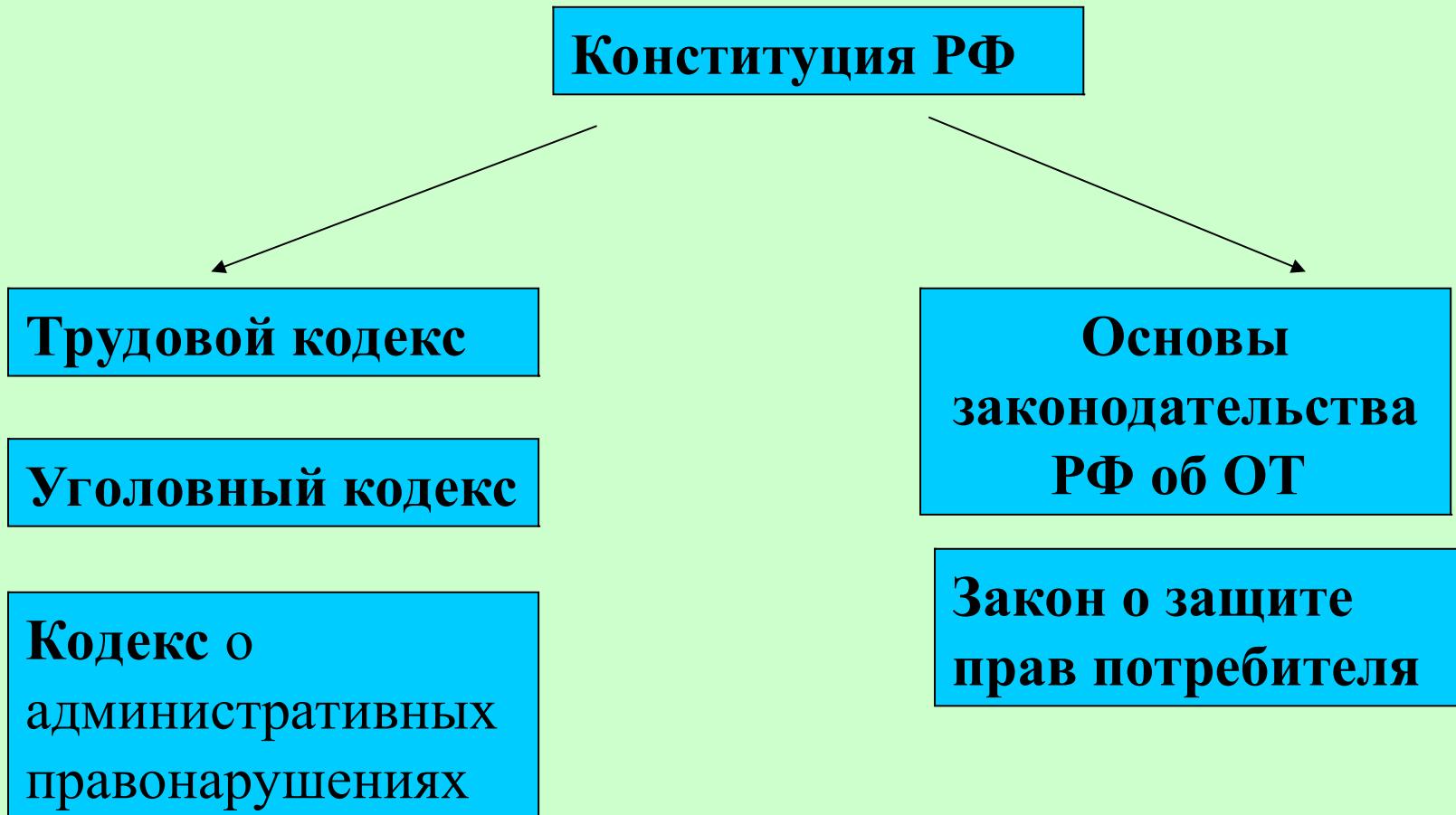
При аварийном режиме работы бытовых эл.установок

Род тока	Норм. величина	Для действия более 1сек.	P(A)	Pг
~ 50 Гц	$U_{\text{пр}}$ I_h	12 В 2 мА	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-4}$

$$R = P(A) P_g$$

Охрана труда – система законодательных, нормативных, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических и иных мероприятий и средств, направленных на сохранение здоровья и жизни человека в процессе труда.

Законодательное обеспечение безопасности труда



ТРУДОВОЙ КОДЕКС . Раздел X. ОХРАНА ТРУДА

Статья 210. Основные направления государственной политики в области охраны труда

Основными направлениями государственной политики в области охраны труда являются:

- обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;
- государственный надзор и контроль за соблюдением требований охраны труда;
- проведение эффективной налоговой политики, стимулирующей создание безопасных условий труда, разработку и внедрение безопасных техники и технологий, производство средств индивидуальной и коллективной защиты работников;

.....

Глава 34. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА

Статья 212. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда

Работодатель обязан обеспечить:

- **безопасность работников** при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов;
- приобретение и **выдачу** за счет собственных средств **средств индивидуальной защиты** работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда;
- **обучение безопасным методам** и приемам выполнения работ по охране труда и оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве, инструктаж по охране труда, стажировку на рабочем месте и проверку знаний требований охраны труда, безопасных методов и приемов выполнения работ;
- **информирование работников** об условиях и охране труда на рабочих местах, о существующем риске повреждения здоровья и полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
- предоставление органам государственного управления охраной труда, органам государственного надзора и контроля, органам профсоюзного контроля за соблюдением законодательства о труде и охране труда информации и документов, необходимых для осуществления ими своих полномочий;
- принятие мер по **предотвращению аварийных ситуаций**, сохранению жизни и здоровья работников при возникновении таких ситуаций, в том числе по оказанию пострадавшим первой помощи;

Нормативные документы по безопасности труда

1. Государственные стандарты

ССБТ – система стандартов по безопасности труда

Всего около 400 стандартов

Структура ССБТ.

ГОСТ 12.Х.YYY-ZZ



Подсистемы (Х) системы ССБТ

0	Организационно-методические стандарты.
1	Стандарты требований и норм по видам ОВПФ.
2	Технические требования к производственному оборудованию.
3	Требования безопасности технологических процессов
4	Требования к средствам защиты работающих.
5	Безопасность зданий и сооружений
6-9	Резервные

С 1990 г. Стандарты России ГОСТ Р ...

ГОСТ Р 22.YYY-ZZ - серия Безопасность в ЧС.

ГОСТ МЭК

2. Правила и нормы

ПУЭ – Правили устройства электроустановок

ПЭЭП – Правила эксплуатации электроустановок потребителей

СНиП – Строительные нормы и правила

СанПиН - Санитарные правила и нормы

ГН – гигиенические нормы

НРБ – нормы радиационной безопасности

НПБ – нормы противопожарной безопасности

ПОТ - правила охраны труда

ПБ – правила безопасности

Инструкции по ОТ

Контролирующие органы

Госстандарт – соблюдение ГОСТ.

Госэнергонадзор - соблюдение требований безопасности при устройстве и обслуживании электрических и теплоустановок.

Госгортехнадзор - соблюдения правил и норм по безопасному ведению работ в ведущих отраслях промышленности.

Государственный санитарный надзор - соблюдение гигиенических норм, санитарно-технических и санитарно-эпидемиологических правил.

Государственный пожарный надзор - соблюдение противопожарных правил .

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Опасность



электроток

Риск



удар током

Ущерб



несчастный случай
при ударе током

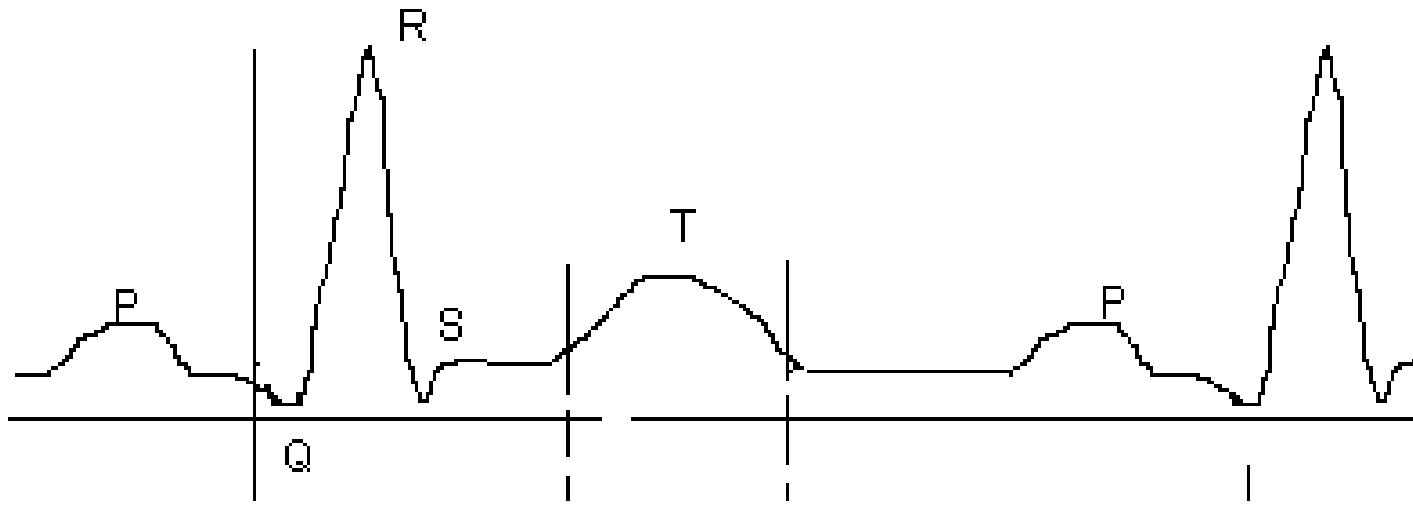


- в среднем из 1000 производственных несчастных случаев смертью пострадавшего заканчиваются 1.5;
- на 1000 несчастных случаев, произошедших на дороге, приходится 9 погибших;
- из 1000 пострадавших от электрического тока погибли 29.

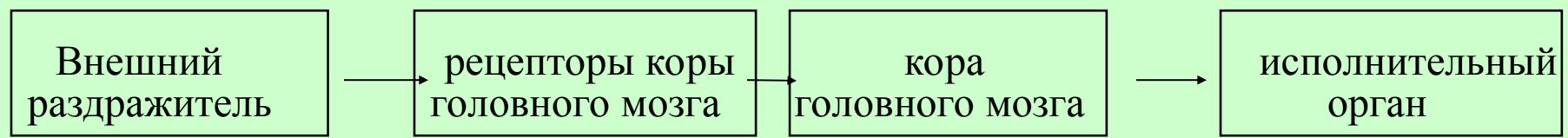
Рис. 5. "Айсберг" травматизма

Физиологическое воздействие электрического тока :

1. Биологическое воздействие.
 - прямое
 - рефлекторное
2. Термическое воздействие
3. Химическое воздействие
4. Вторичные травмы.



Рефлекторная цепь ЦНС



Ток	Характер восприятий	
	Переменный ток 50—60 гц	постоянный ток
0,6—1,5	Начало ощущения , легкое дрожание пальцев рук	Не ощущается
2—3	Сильное дрожание пальцев рук	Не ощущается
5—10	Судороги в руках	Зуд, ощущение нагрева
12—15	Руки трудно оторвать от электродов. Сильные боли в пальцах, кистях рук и руках. Состояние терпимо 6 — 10 сек.	Усиление нагрева
20—25	Руки парализуются немедленно, оторвать их от электродов невозможно. Очень сильные боли. Затрудняется дыхание.	Еще большее усиление нагрева. Незначительное сокращение мышц рук
50—80	Паралич дыхания. Начало трепетания желудочков сердца	Сильное ощущение нагрева. Сокращение мышц рук. Судороги, затруднение дыхания
90—110	При длительности 3 сек. и более паралич сердца	Паралич дыхания
3000 и более	Паралич дыхания и сердца при воздействии более 0,1 сек. Разрушение тканей тела теплом тока	

Воздействие электрического тока различной силы на организм человека

Воздействие	Ток (мА)					
	Постоянный ток		Переменный ток 60 Гц		Переменный ток 10 кГц	
Пол	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Легкое ощущение рукой	1	0,6	0,4	0,3	7	5
Порог ощущения	6,2	3,5	1,1	0,7	12	8
Безболезненный удар и без потери контроля над мускулатурой	9	6	1,8	1,2	17	11
Болезненный удар и потеря контроля над мускулатурой в 0,5% случаев	62	41	9	6	55	37
Болезненный удар, порог парализации движения (у 50%)	76	51	16	10,5	75	50
Болезненный и сильный удар, дыхание затруднено, потеря контроля над мускулатурой у 99,5% людей	90	60	23	15	94	63

Значения ПОТ и ПНТ для мужчин:

Порог	Род тока	
	Постоянный	~50 Гц
ПОТ	4-8 мА (на языке 40 мкА)	0,5-1,5 мА
ПНТ	40-80 мА	5 -25 мА (средний -16) ↑ 1 из 1000 ↑ 50%

ТЕРМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

$$P = I^2 R$$

нервы

кровеносные сосуды

мышцы

ρ кожа

сухожилия

жировая ткань

кости.

Источники термического действия:

- - оголенные токоведущие части
- - электрическая дуга.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

- Исход поражения зависит от следующих основных факторов:

- параметры тока, протекающего по телу человека,
 - величина тока
 - род тока
 - частота тока
- - длительность протекания тока по телу человека,
- - путь тока в теле человека,
- - индивидуальные свойства человека.

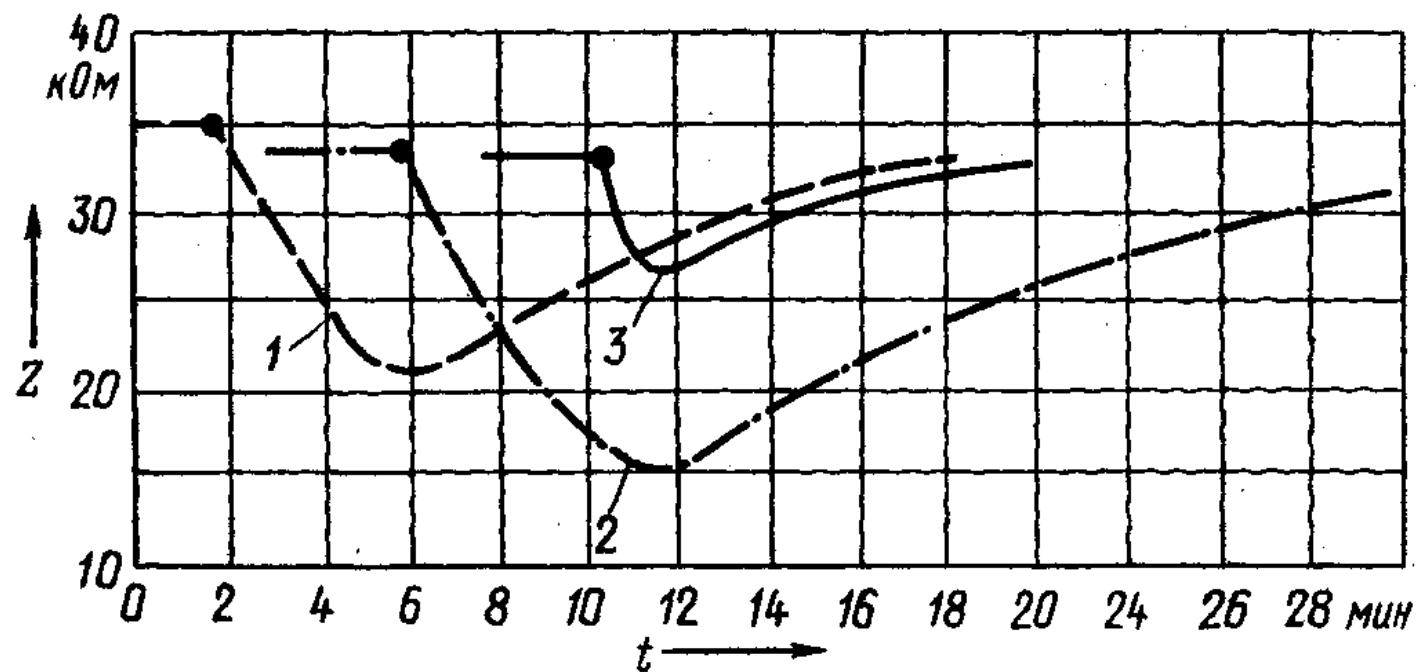
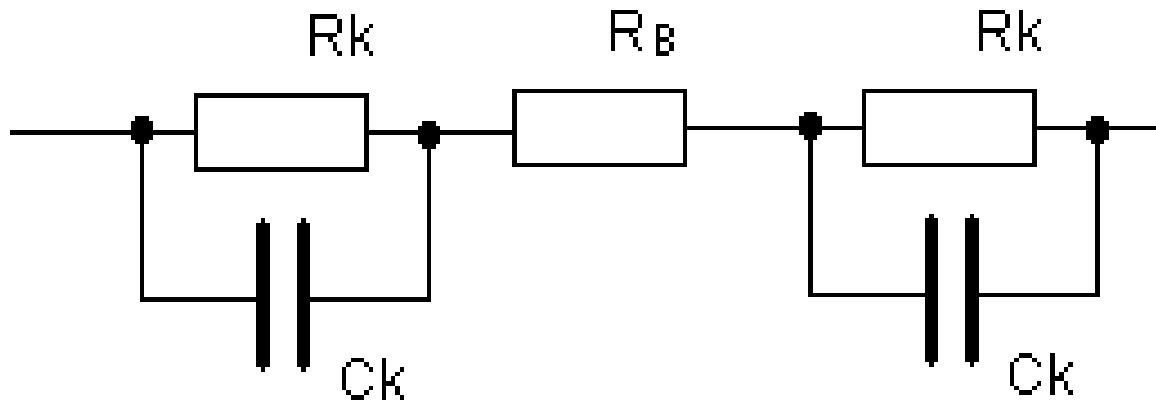


Рис. 8.6. Зависимость электрического сопротивления Z тела человека от вида раздражителя

1 — укол; 2 — неожиданный звук; 3 — легкий удар по руке. Моменты раздражения обозначены точками

Модель сопротивления тела человека

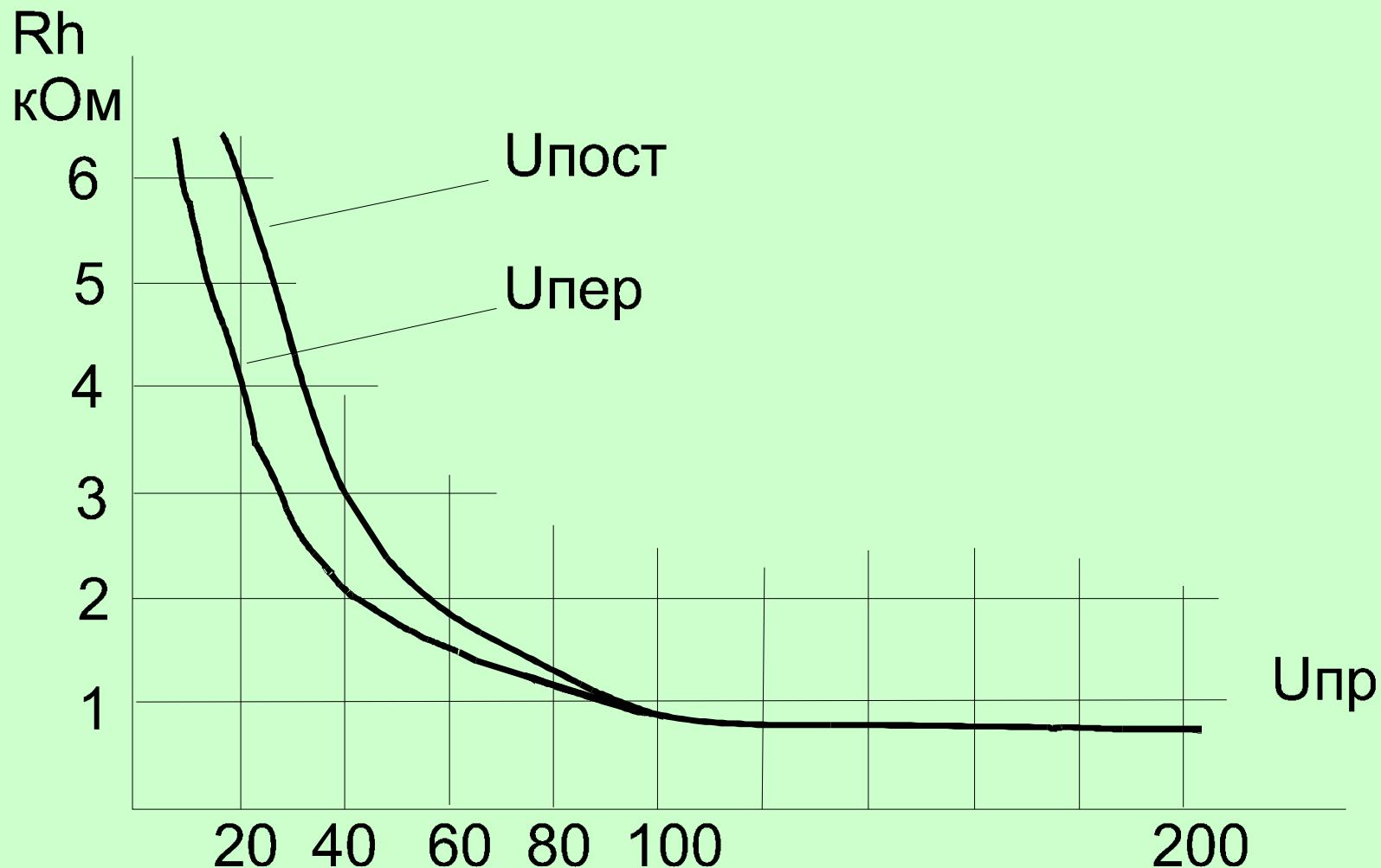


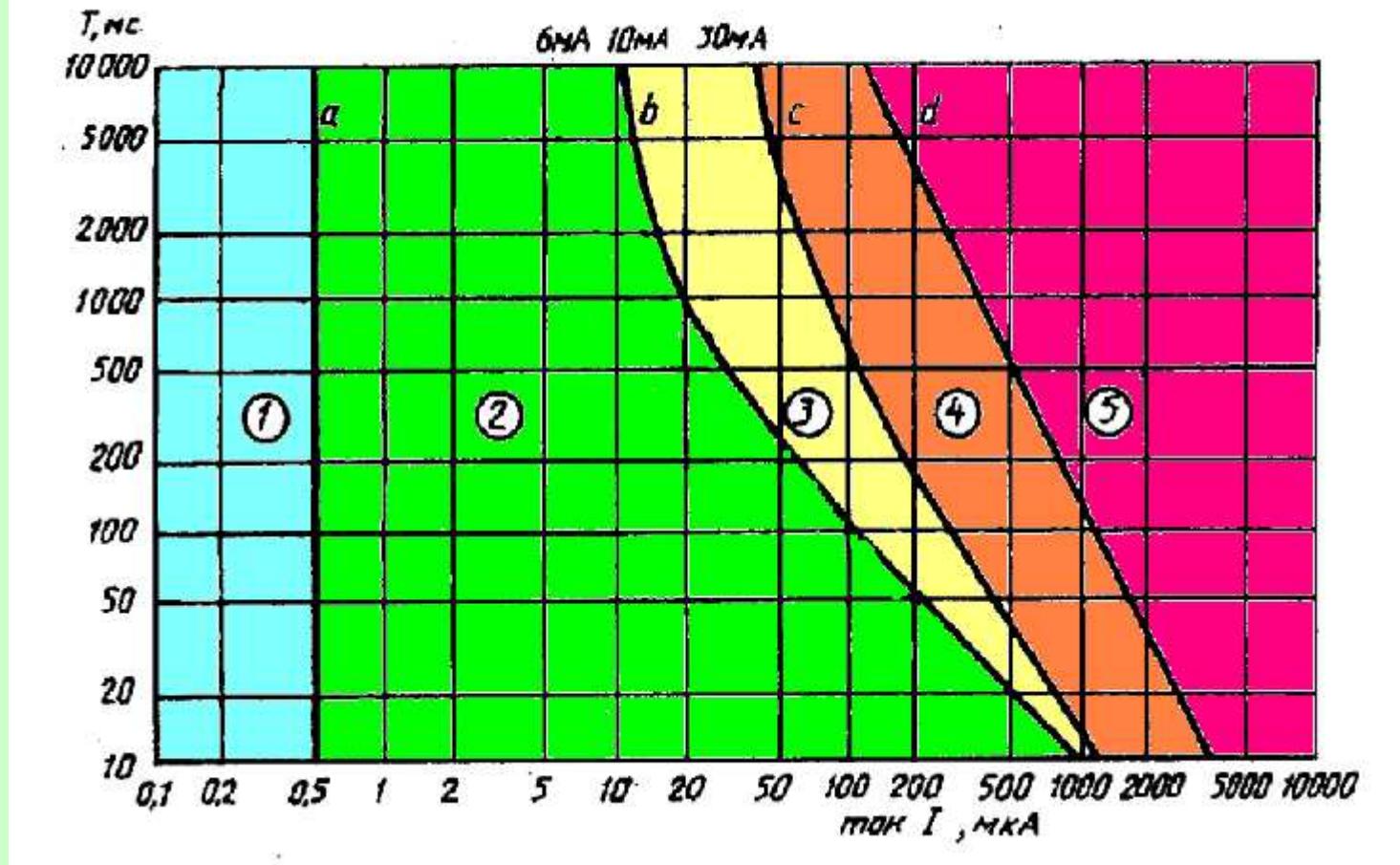
$$R_k = \text{var} (0 \dots \text{МОм})$$

$$R_B = 800 - 1200 \text{ Ом}$$

$$C_k = 0,02 - 0,03 \text{ } \mu\Phi/cm^2$$

График ориентировочной зависимости
сопротивления R_h от приложенного к человеку напряжения $U_{пр}$





Диапазоны воздействия переменного тока 50 Гц на взрослого человека:

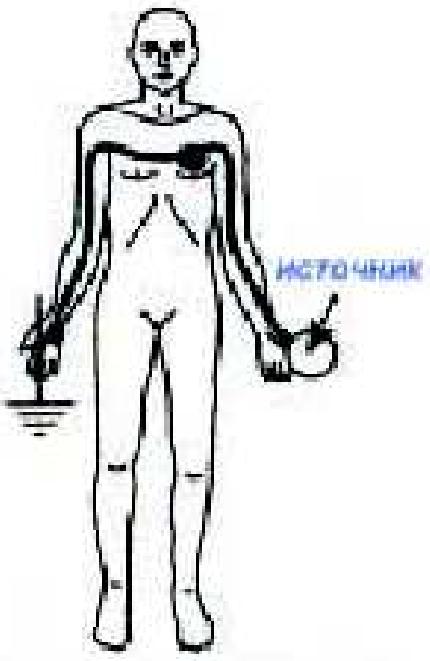
Зона 1 - без реакции

зона 2 - без опасного физиопатологического эффекта;

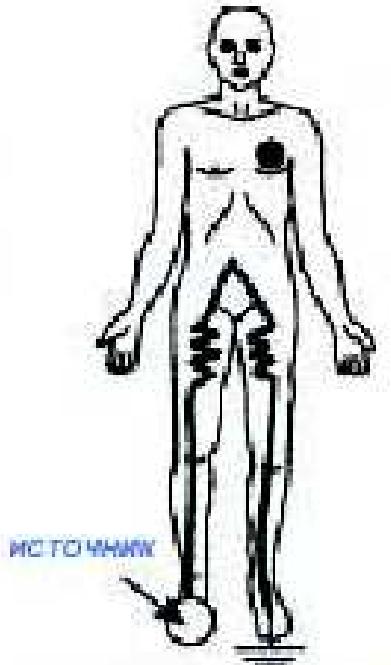
зона 3 - без риска фибрилляции;

зона 4 - возможность фибрилляции с вероятностью <50%;

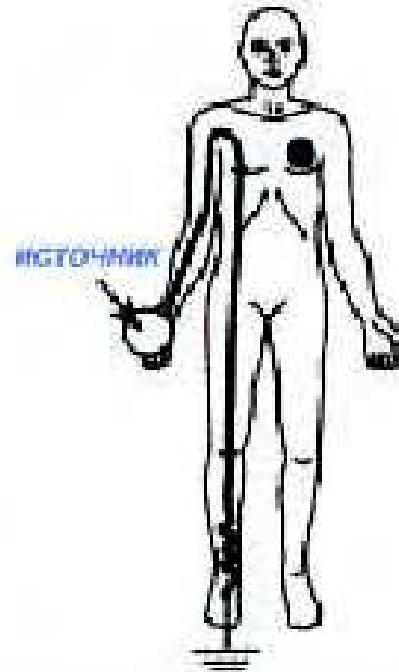
зона 5 - возможность фибрилляции с вероятностью >50%



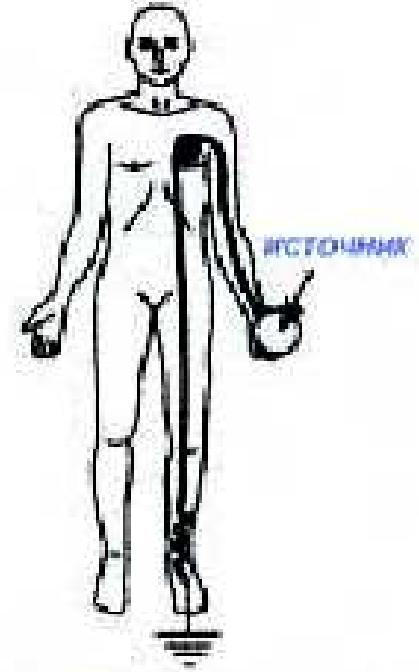
НАПРЯЖЕНИЕ ПРИКОСНОВЕНИЯ

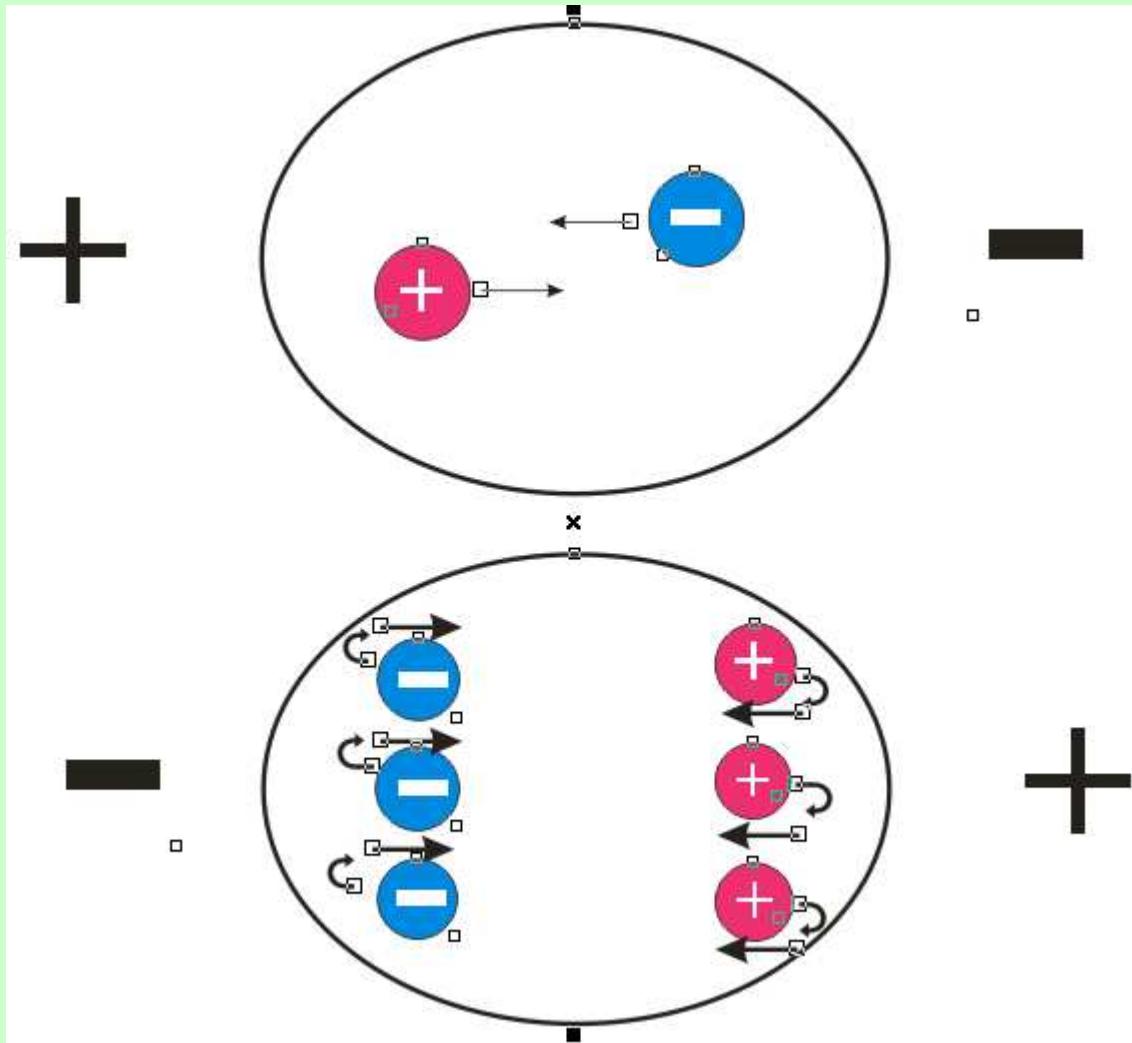


ШАГОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ



ШАГОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ И НАПРЯЖЕНИЕ ПРИКОСНОВЕНИЯ





ГОСТ 12.1.038-89

Род и частота тока	Наибольшие допустимые значения в <u>неаварийном</u> режиме	
	$U_{\text{пр}}$, В	I_h , мА
Переменный 50 Гц	2	0.3
400 Гц	3	0.4
Постоянный	8	1.0

ГОСТ 12.1.038-89

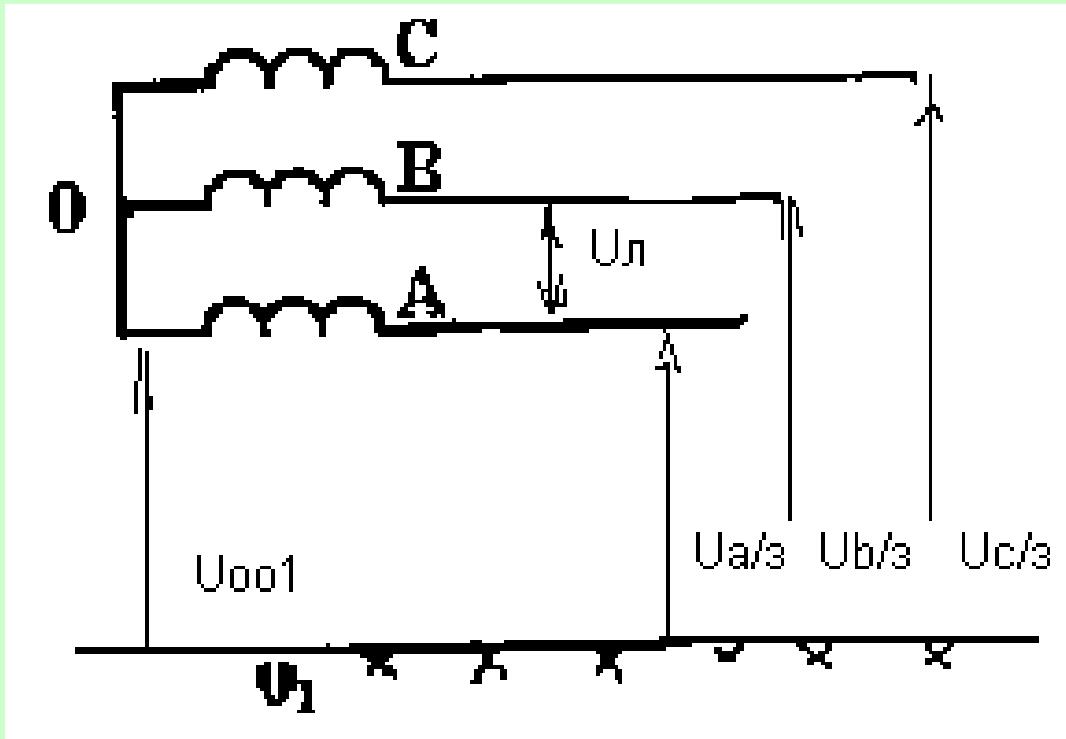
- при аварийном режиме производственных электроустановок

Род и частота тока	Нормируе- мая величина	Продолжительность воздействия , с					
		0.01- 0.08	0.1	0.2	0.5	1.0	>1
~ 50 Гц	$U_{\text{пр}}$, В	550	340	160	105	60	20
	I_h , мА	650	400	190	125	50	6
=	$U_{\text{пр}}$, В	650	500	400	250	200	40
	I_h , мА	650	500	400	250	200	15

ГОСТ 12.1.038-89

› при аварийном режиме бытовых электроустановок

Род и частота тока	нормиру- емая величина	Продолжительность воздействия , с					
		0.01- 0.08	0.1	0.2	0.5	1.0	>1
~ 50 Гц	$U_{\text{пр}}$, В I_h , мА	220 220	200 200	100 100	50 50	25 25	12 2

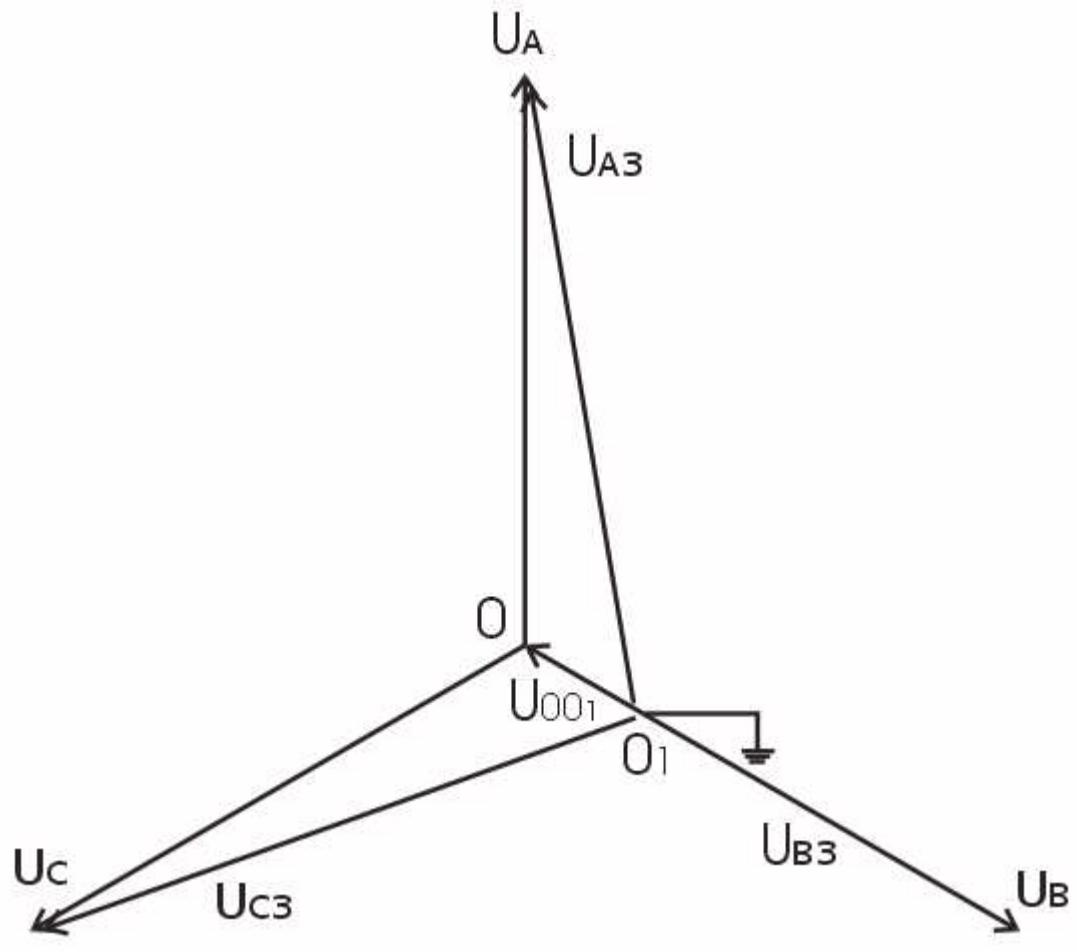


$$U_n = \sqrt{3} |U_\phi|$$

Земля O_1 - в общем случае эквипотенциальный проводник .

U_{A3} U_{B3} U_{C3} - напряжения фаз относительно земли.

U_{001} - напряжение смещения нейтрали.



$$\dot{U}_A = U_\phi$$

$$\dot{U}_B = a^2 U_\phi$$

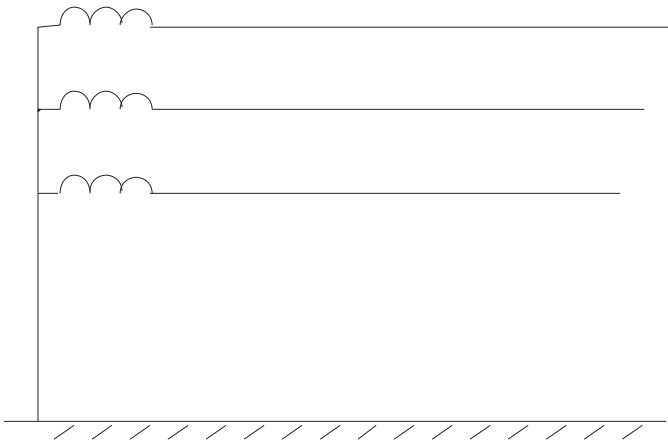
$$\dot{U}_C = a U_\phi$$

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

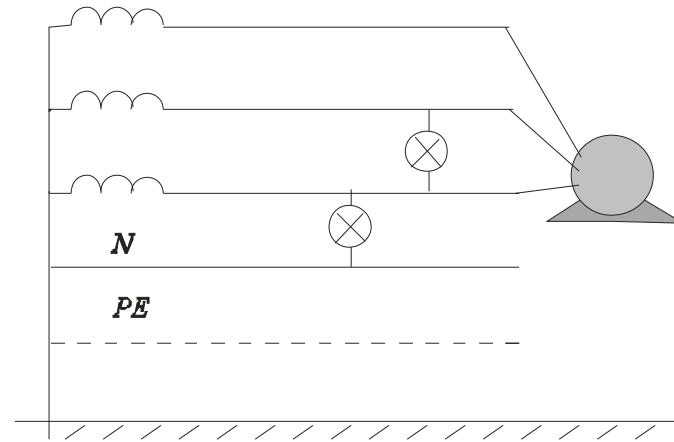
a – фазный оператор трехфазной системы, учитывающий сдвиг фаз

ВИДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

СГЗН (TN)

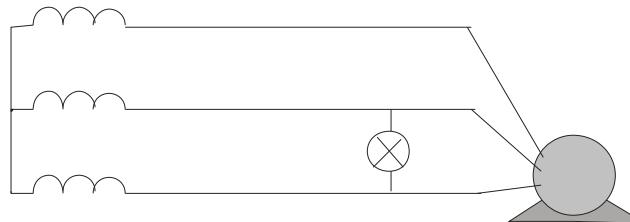


3ф 3проводка



3ф 4-5 проводов

СИН (IT)



Электрические параметры, характеризующие связь сети с землей:

- сопротивление изоляции,
- емкость относительно земли,
- заземления.

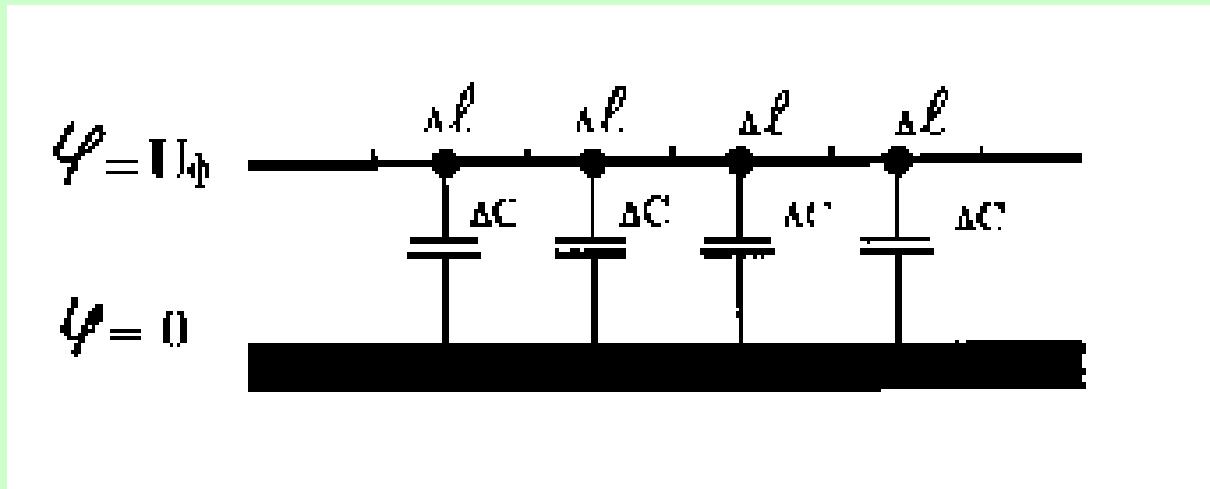
СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ

Rи - показатель способности изоляционных конструкций пропускать электрический ток под действием приложенного к этим конструкциям постоянного напряжения

$$r_\phi = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{\phi i}} \right)^{-1}$$

$$R_{u.\text{экв}} = \left(\sum_{\phi=A,B,C} \frac{1}{r_\phi} \right)^{-1}$$

ЕМКОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗЕМЛИ



$$x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

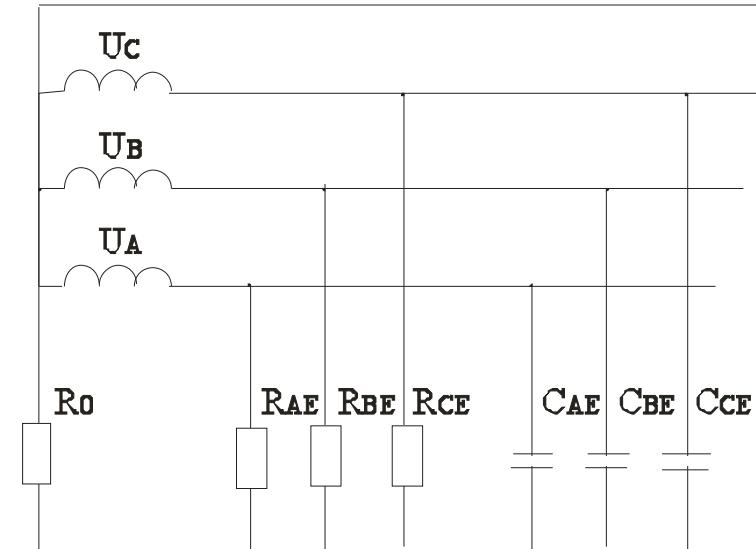
$$C_\phi = \sum_{i=1}^n \Delta C_i$$

Заземление - это намеренное соединение металлических токоведущих или нетоковедущих частей с землей.

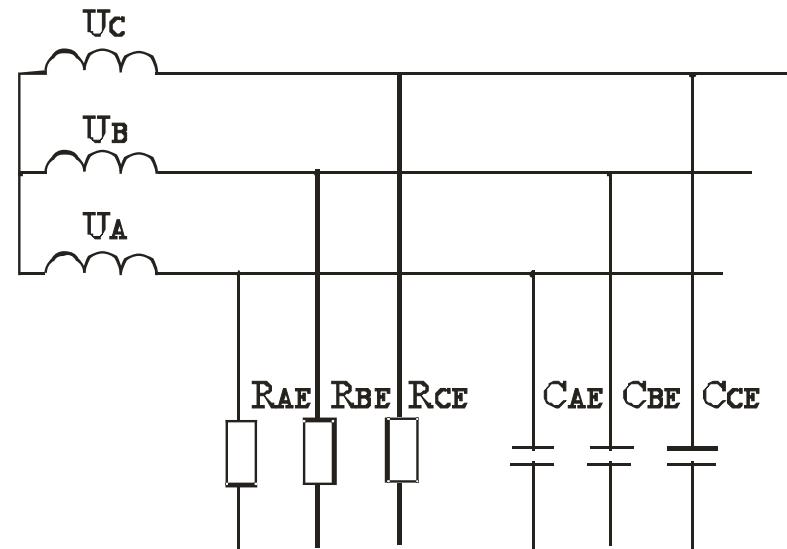
- заземление нейтрали источника электроэнергии, рабочее заземление),
- защита от поражения током (защитное заземление),
- ~~защита от радиопомех.~~

Рабочее напряжение Upаб В	Rз, Ом
127/220	8
220/380	4
380/660	2
Выше 1000	0.5

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ СХЕМЫ СЕТЕЙ



СГЗН



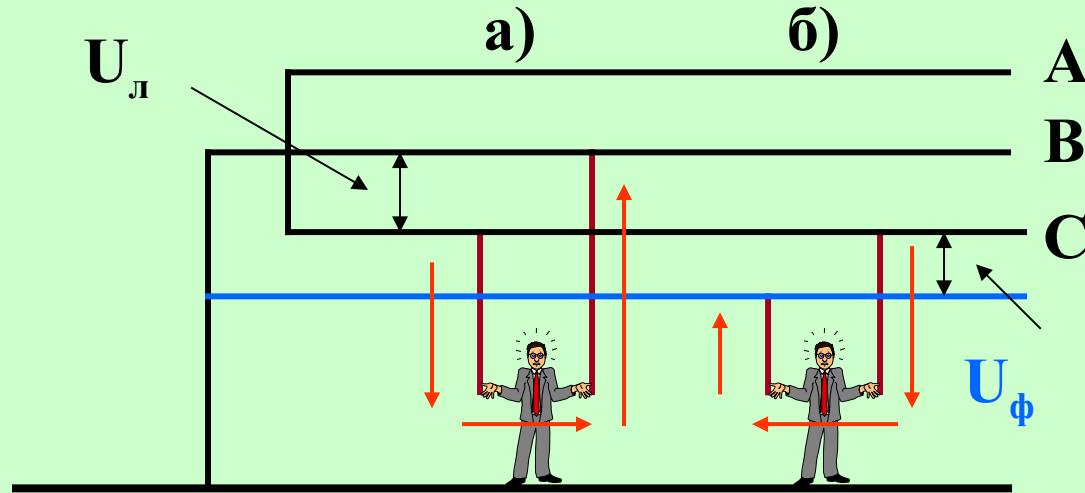
СИН

Возможные схемы включения человека в электрическую цепь

1. Двухполюсное прикосновение.
2. Однополюсное прикосновение.
3. Остаточный заряд.
4. Напряжение шага.
5. Электрический пробой воздушного зазора.
6. Наведенный заряд.
7. Заряд статического электричества.

Двухфазное прикосновение к токоведущим частям

- а) - прикосновение к двум фазным проводам
- б) – прикосновение к фазному и нулевому проводу



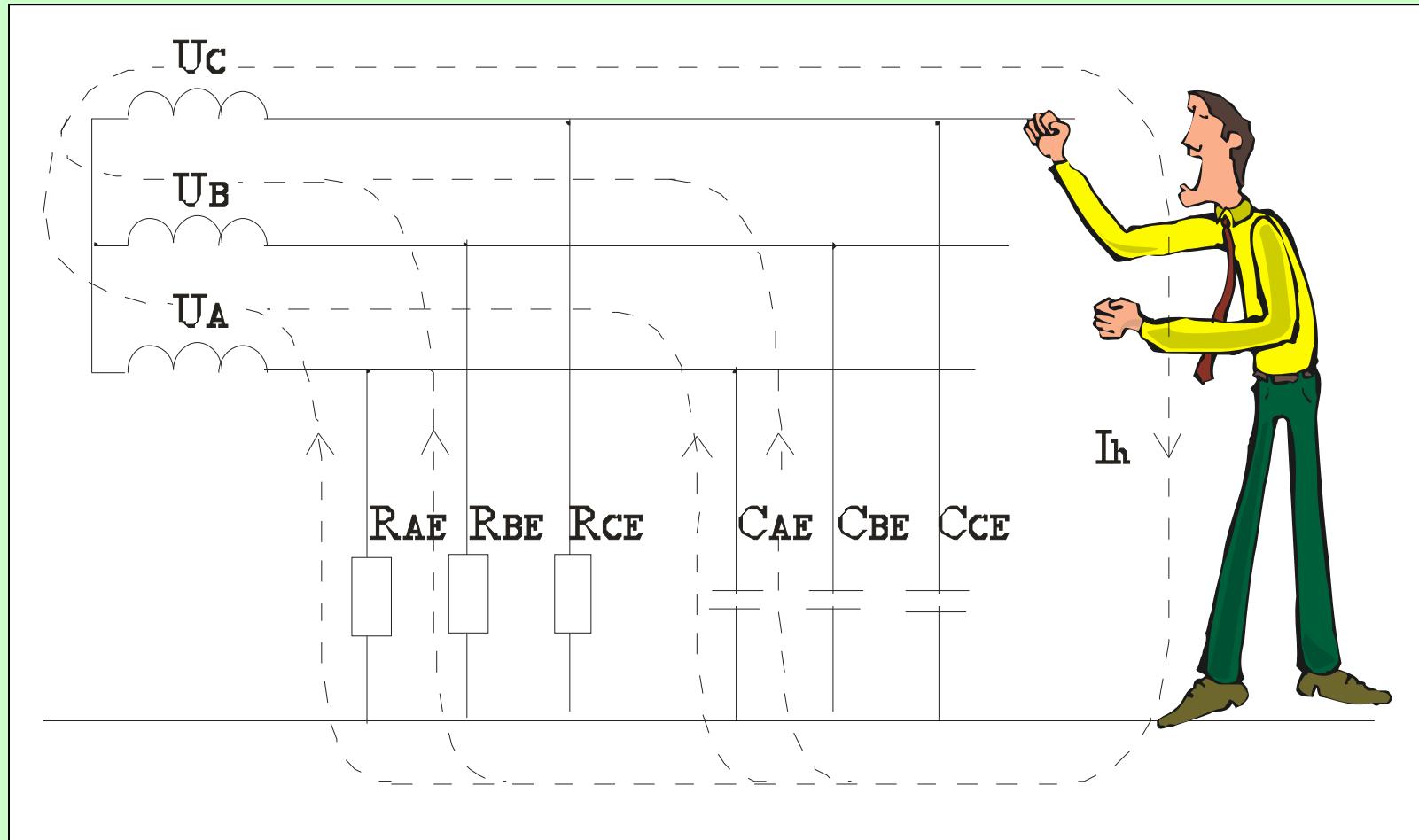
Путь тока -
«рука-рука»

$$\text{а)} \quad I_u = U_l / R_u, \quad U_{np} = I_u \cdot R_u = U_l = 380 \text{ В}$$

$$\text{б)} \quad I_u = U_\phi / R_u, \quad U_{np} = I_u \cdot R_u = U_\phi = 220 \text{ В}$$

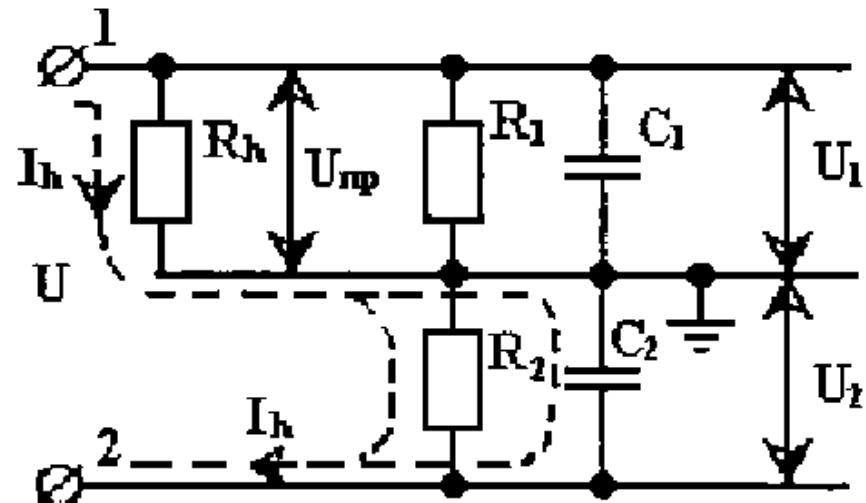
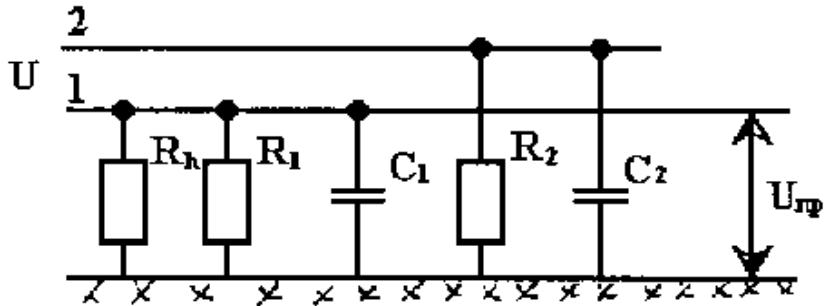
Сопротивление растеканию тока пола, на котором стоит человек , кОм

Материал пола	Степень влажности пола		
	Сухой	Влажный	Мокрый
Асфальт	2000	10,0	0,8
Бетон	2000	0,9	0,1
Дерево	30	3,0	0,3
Земля	20	0,8	0,3
Кирпич	10	1,5	0,8
Линолеум	1500	50,0	4,0
Метлахская плитка	25	2,0	0,3



IT

ОПАСНОСТЬ ПРИКОСНОВЕНИЯ К ПОЛЮСУ однофазной СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, изолированной от земли.



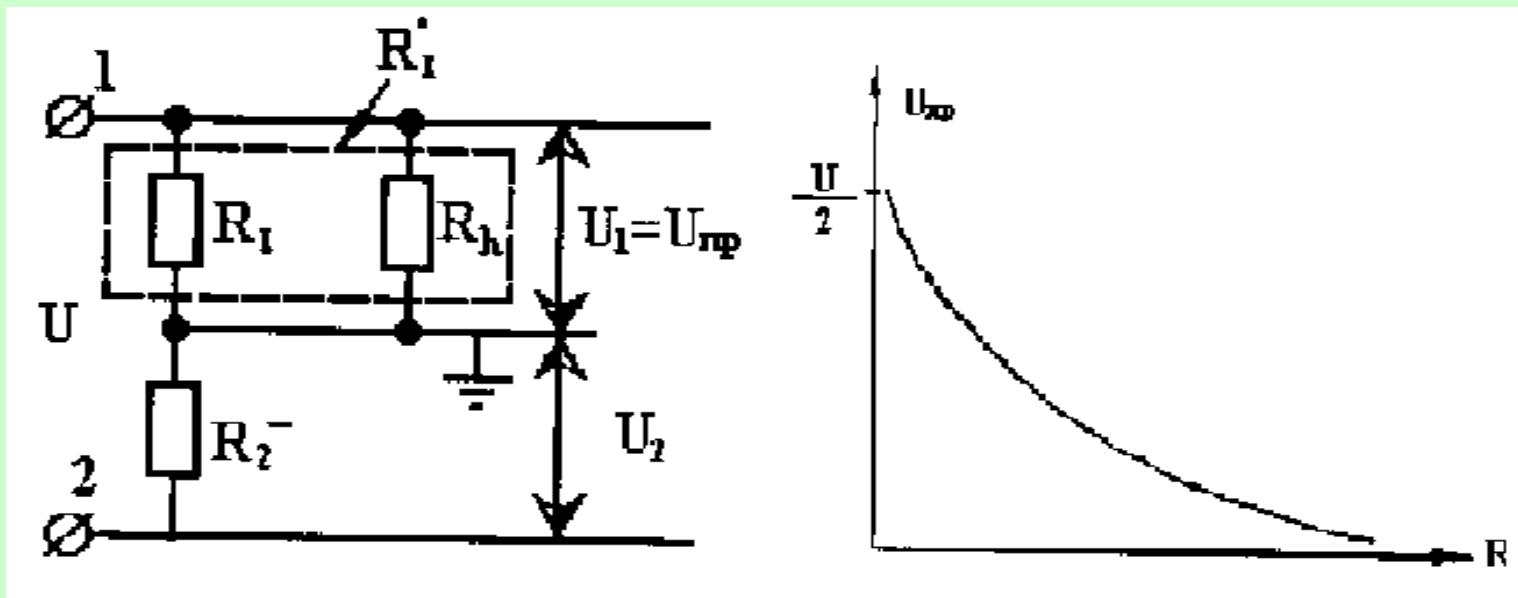
$$\dot{Z}_1 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_h} + j\omega C_1 \right)^{-1}$$

$$\dot{I}_h = \frac{\dot{U}_{np}}{R_h}$$

$$\dot{Z}_2 = \left(\frac{1}{R_2} + j\omega C_2 \right)^{-1}$$

$$\dot{U}_{np} = \dot{U}_{1-3} = U_{pab} \frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}$$

Сеть с пренебрежимо малой емкостью.

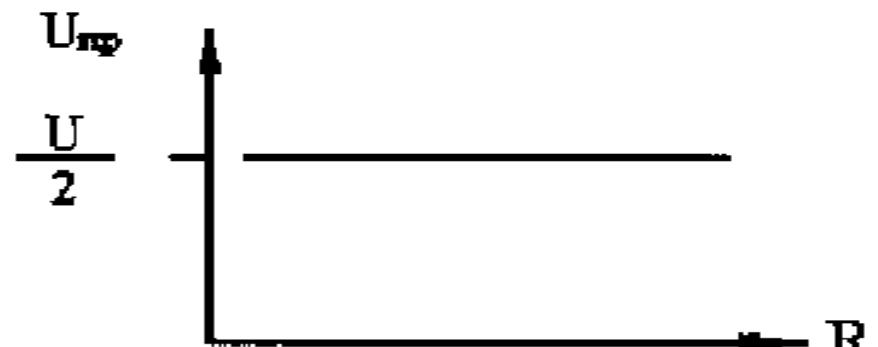
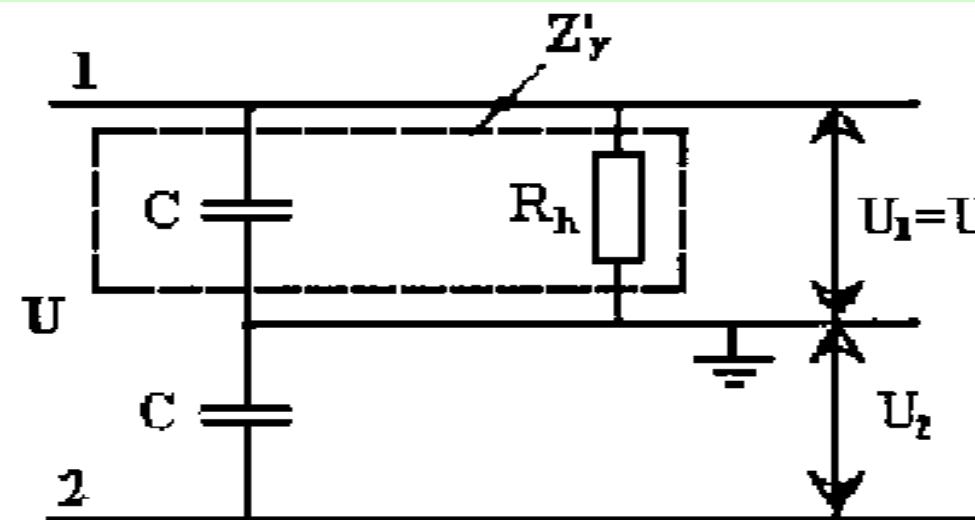


$$\exists R_1, R_2 \gg R_h \quad R'_1 = R_1 R_h / (R_1 + R_h) \approx R_h \ll R_2, \quad U_{\text{пр}} \rightarrow 0$$

$$\exists R_1 \approx R_2 < R_h \quad R'_1 \approx R_1 \approx R_2 \quad U_{\text{пр}} \approx U/2$$

Если \$R_2 \ll R_1 \quad U_{\text{пр}} \rightarrow U_{\text{раб}}

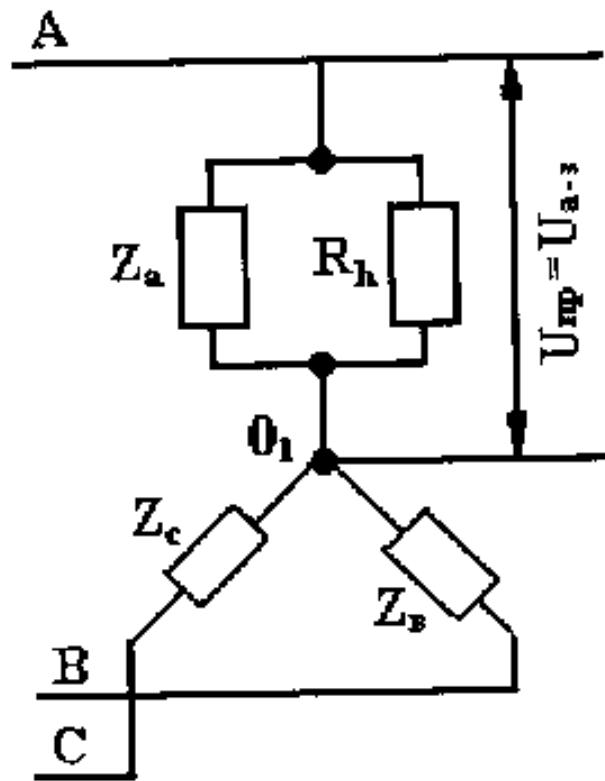
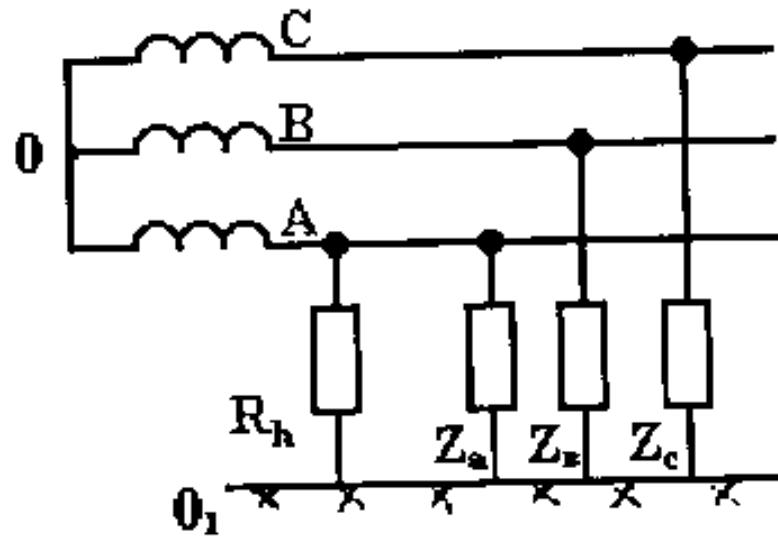
Разветвленная сеть



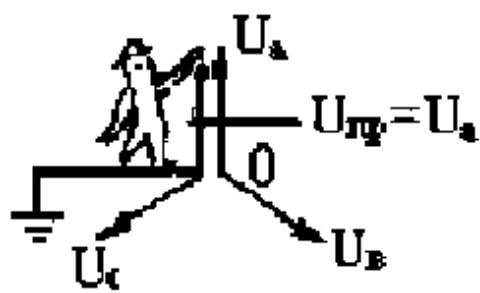
$$Z' = X_C$$

$$U_{\text{upr}} = U/2 = \text{const}$$

ОПАСНОСТЬ ПРИКОСНОВЕНИЯ К ФАЗЕ ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ



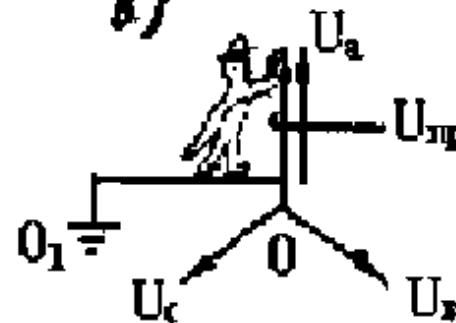
a)



б)



в)



a) $Z_a = Z_b = Z_c \ll R_h$

$U_{\text{пр}} \approx U_\phi$

б) $Z_a = Z_b = Z_c \gg R_h$

$Z_a' \ll Z_b = Z_c$

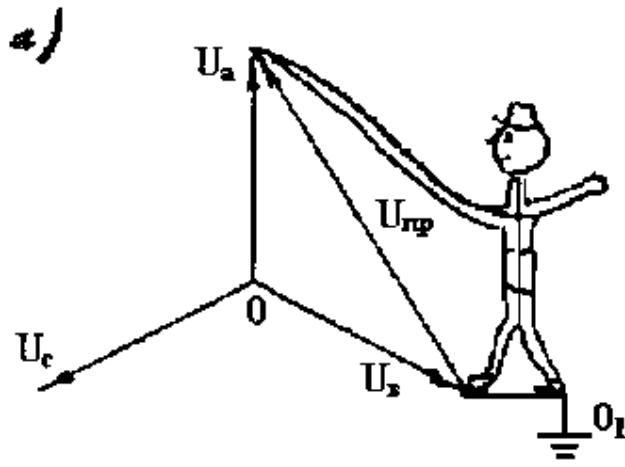
$U_{a3} \rightarrow 0, \quad U_{b3} = U_{c3} = U_l$

в) $Z_a = Z_b = Z_c \approx R_h$

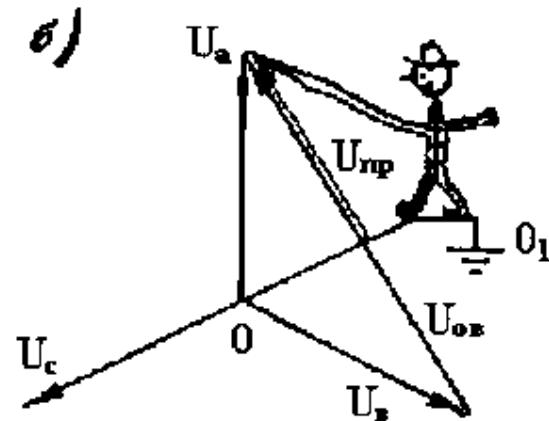
$0 < U_{a3} = U_{\text{пр}} < U_\phi$

$U_l > U_{b3} = U_{c3} > U_\phi$

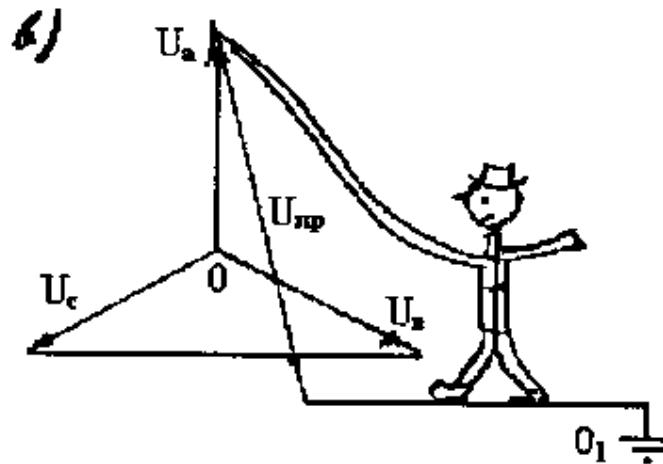
Напряжение фаз относительно земли перераспределяется в зависимости от соотношения значений сопротивления фаз относительно земли и сопротивления тела человека



замык. фазы В на землю

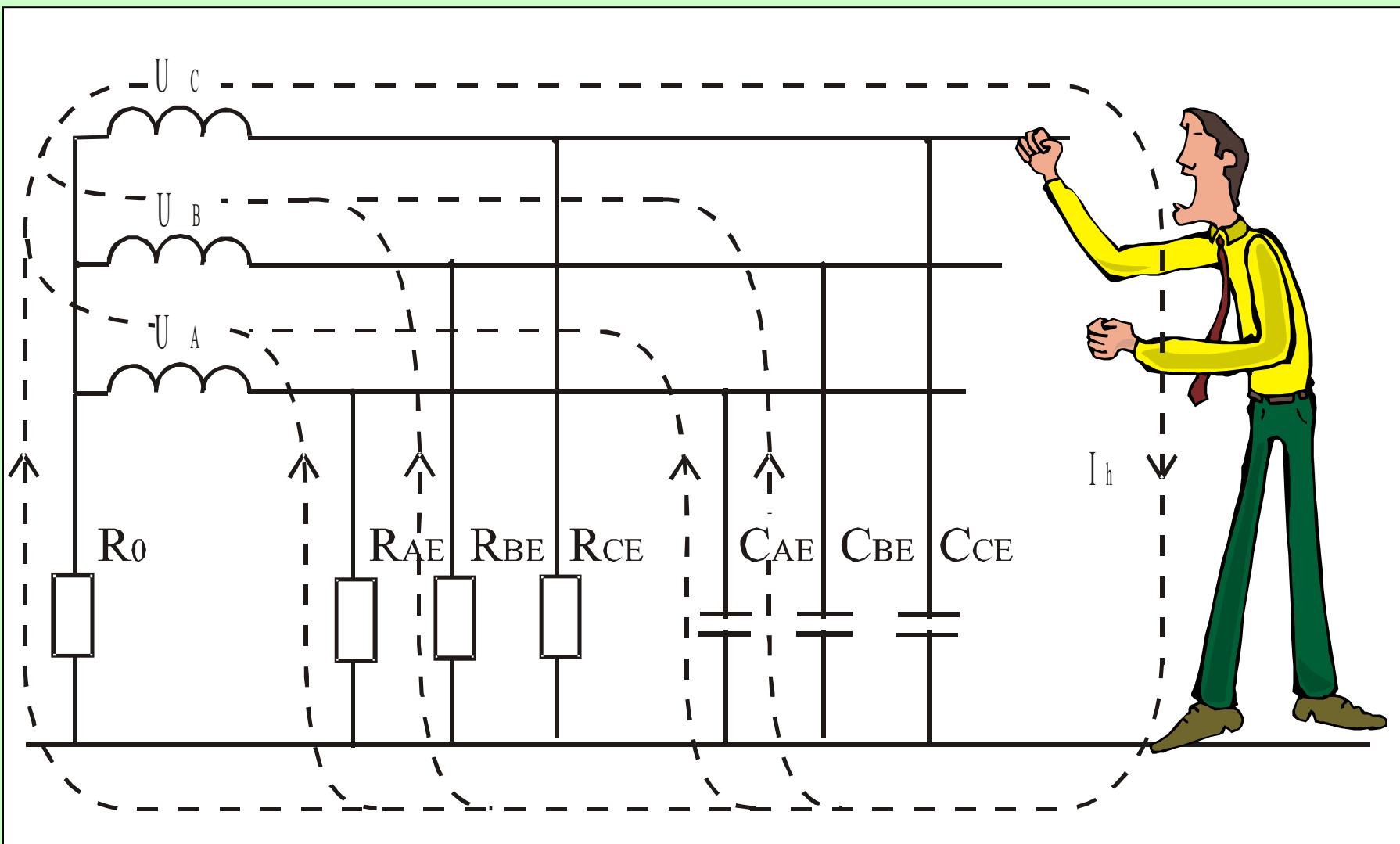


замык. фаз А и В на землю
 $Z_a = Z_b \ll R_h \ll Z_c$



замык. фаз В и С на землю
 $R_b \approx R_c \approx R_h \ll R_a$

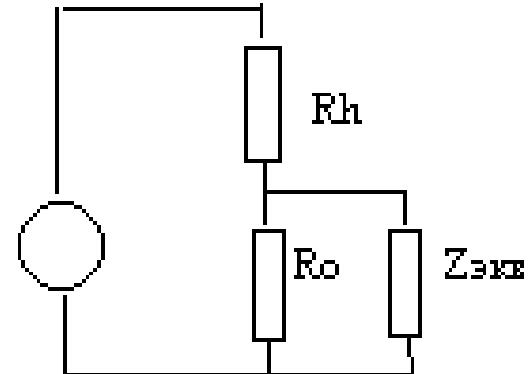
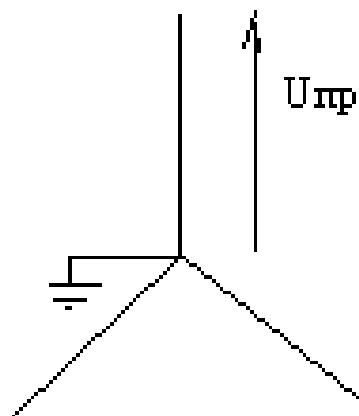
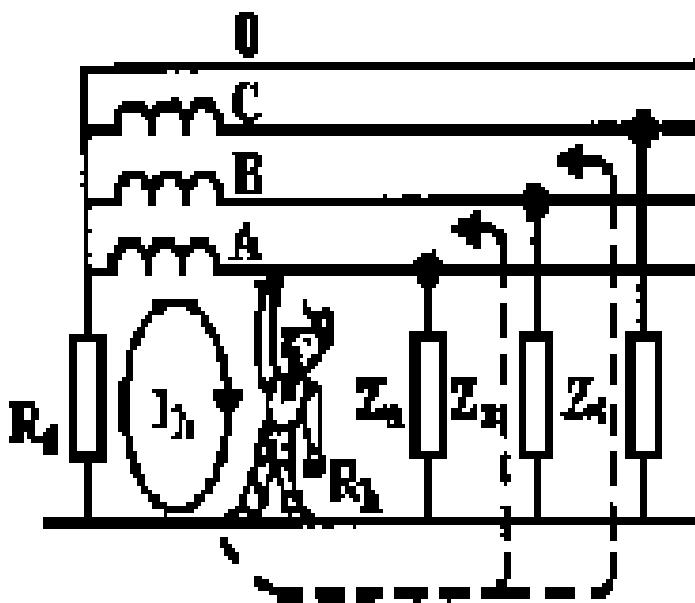
ПРИКОСНОВЕНИЕ К ФАЗЕ СЕТИ С ГЛУХИМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ (TN)

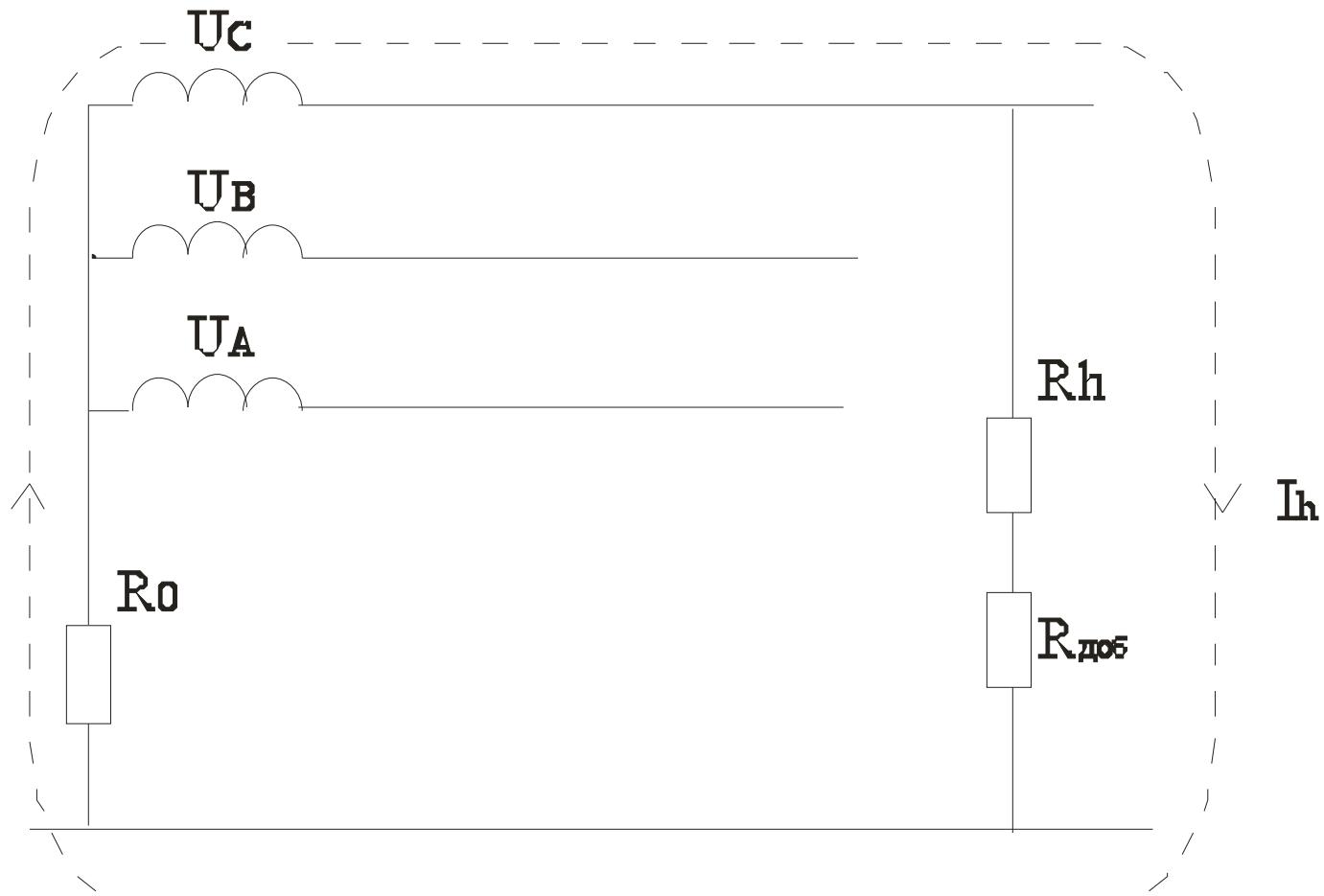


□ Прикосновение к сети с исправной изоляцией.

$$Z_{\text{из}} \gg R_o$$

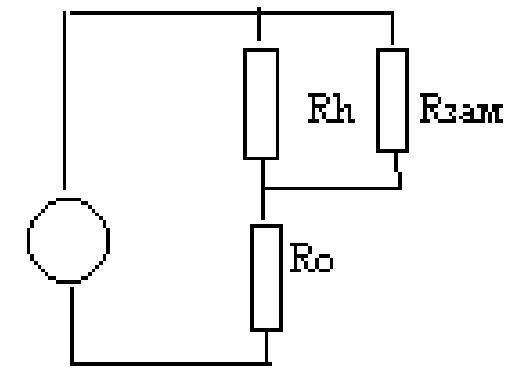
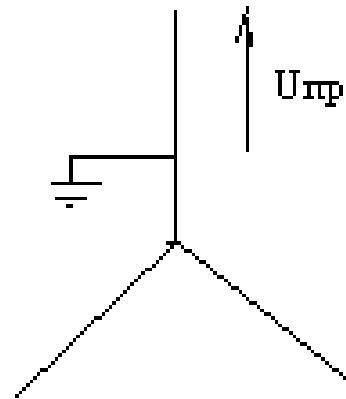
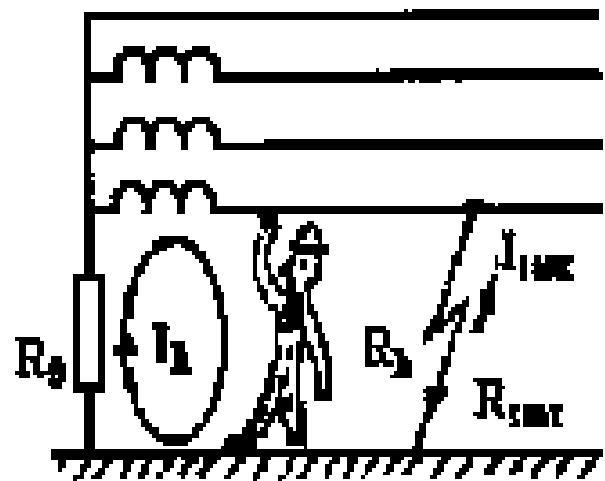
$U_{\text{пр}} = U_{\phi} \cdot R_h / (R_o + R_h) \approx U_{\phi}$ независимо от значения Z_{ϕ} .



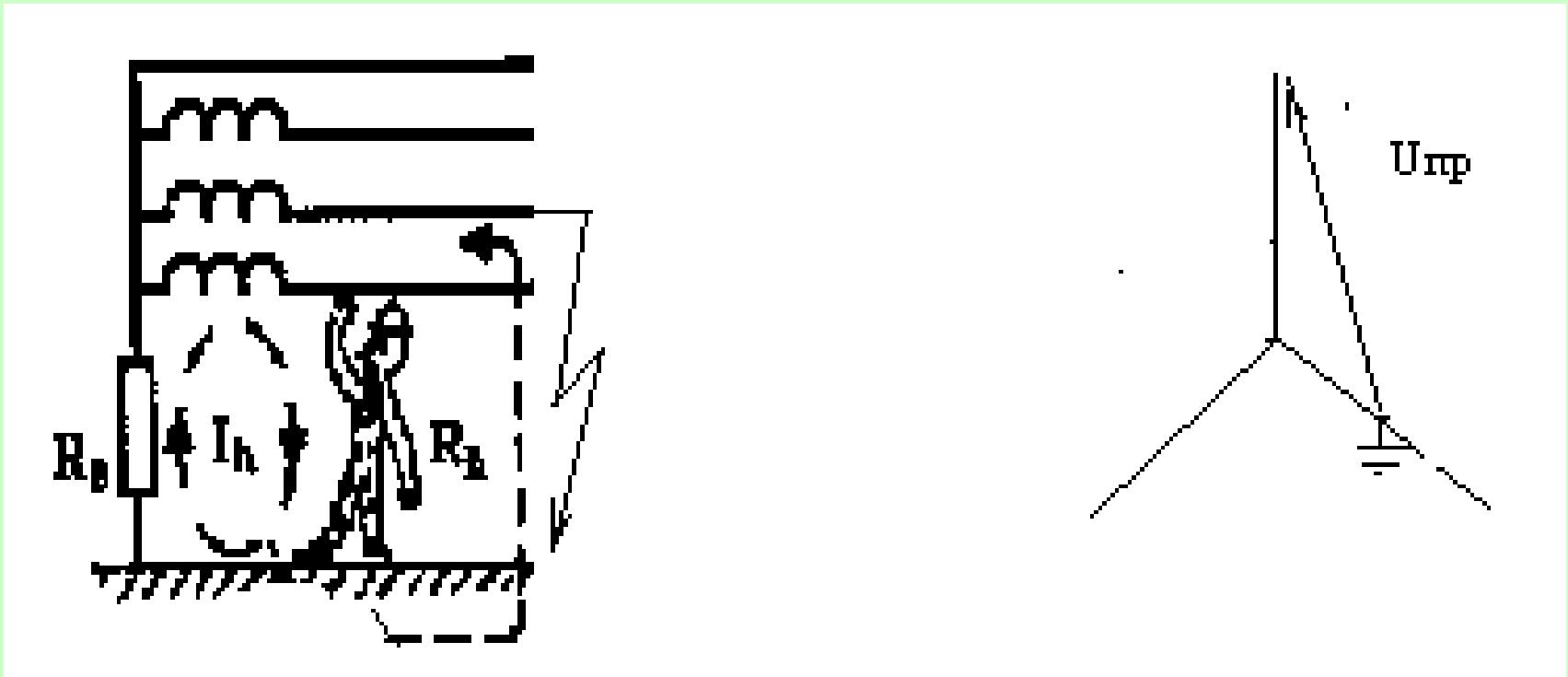


□ Человек касается фазы, замкнувшейся на землю

$$U_{\text{пр}} = U_{\phi} \cdot R_{\text{зам}} / (R_o + R_{\text{зам}} + R_o R_{\text{зам}} / R_h) < U_{\phi}$$



- Одна из фаз имеет замыкание на землю, а человек касается исправной («здоровой») фазы



$$U_{np} = U_\phi \frac{R_{зам} + RoR_{зам}\sqrt{3}}{Ro + R_{зам} + RoR_{зам}/R_h} > U_\phi$$

Прикосновение к заземленному проводу.

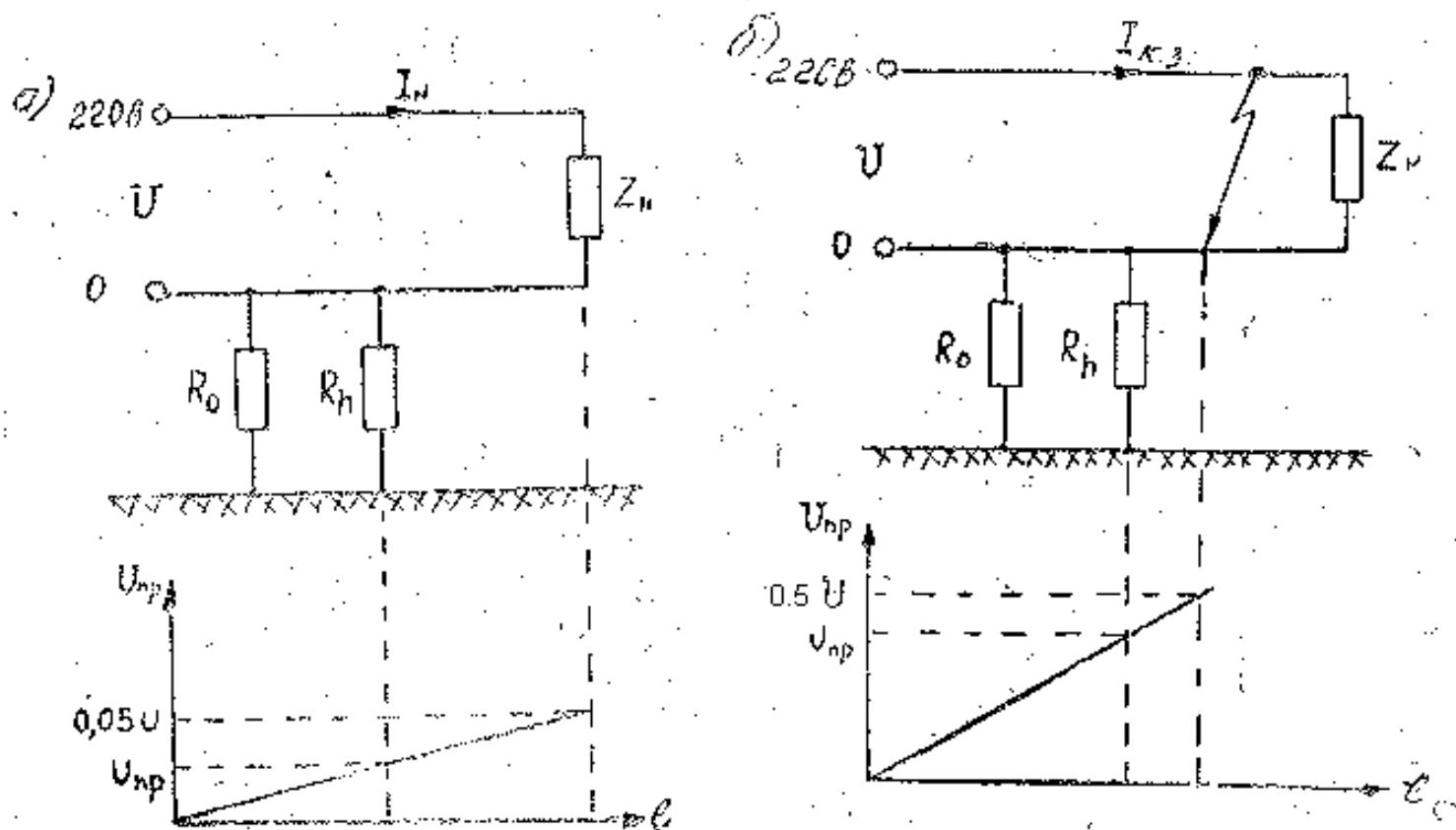


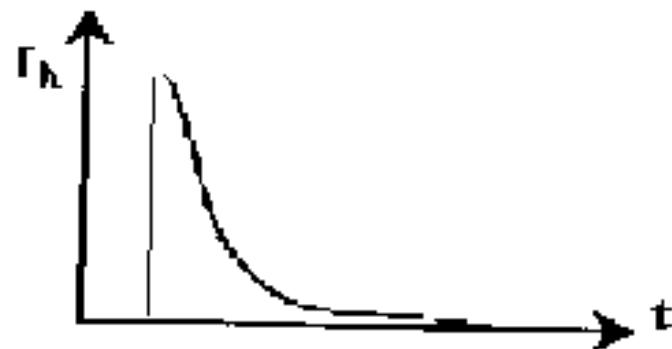
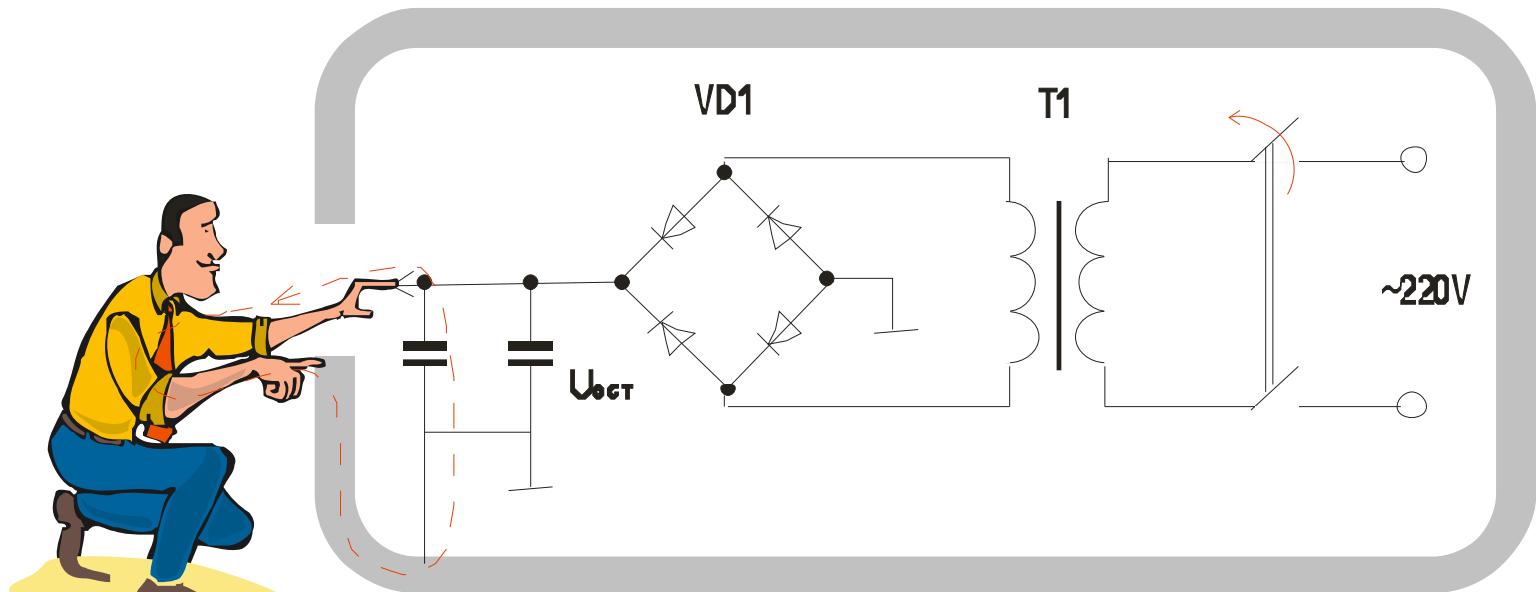
Рис. 2. Эквивалентная схема прикосновения человека к заземленному нейтральному проводу: а — в нормальном режиме; б — в режиме короткого замыкания

$$U_{\text{пр}} = I_{\text{Н}} r_{\text{п}}$$

$$\Delta U_{\text{ном}} = 5\% U_{\text{раб}}$$

$$\Delta U_{\text{авар}} \rightarrow 50\% U_{\text{раб}}$$

Остаточный заряд

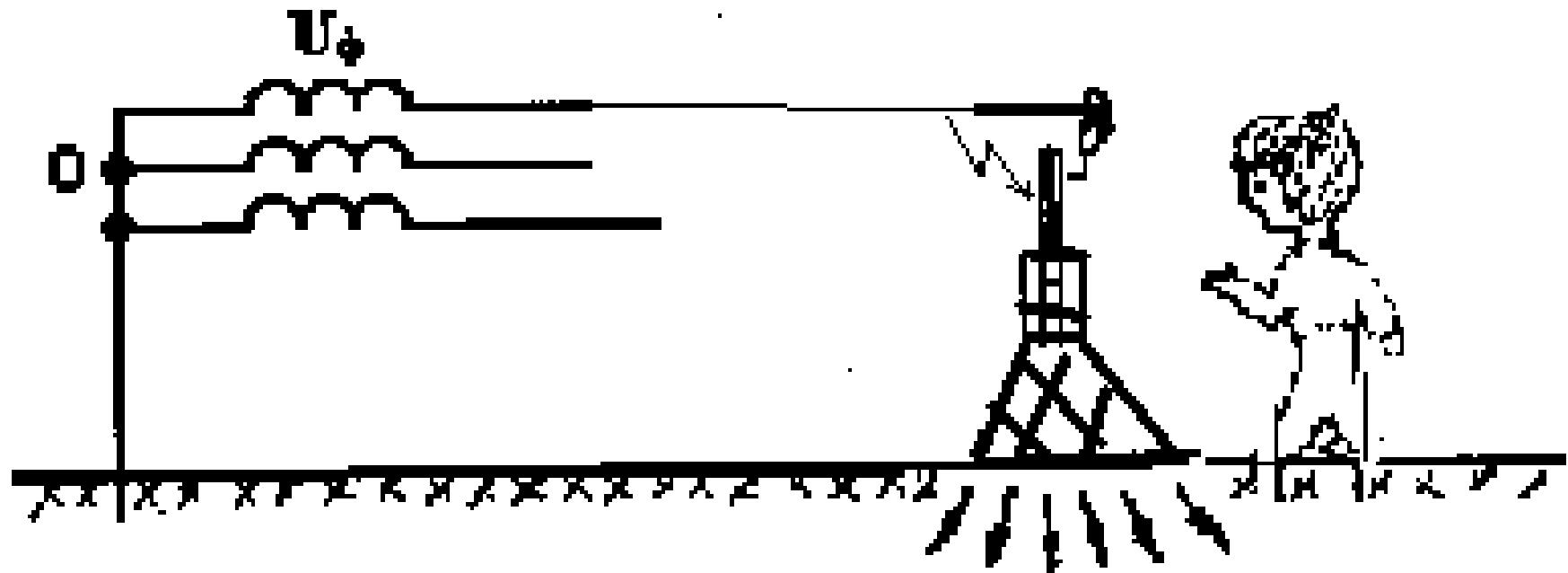


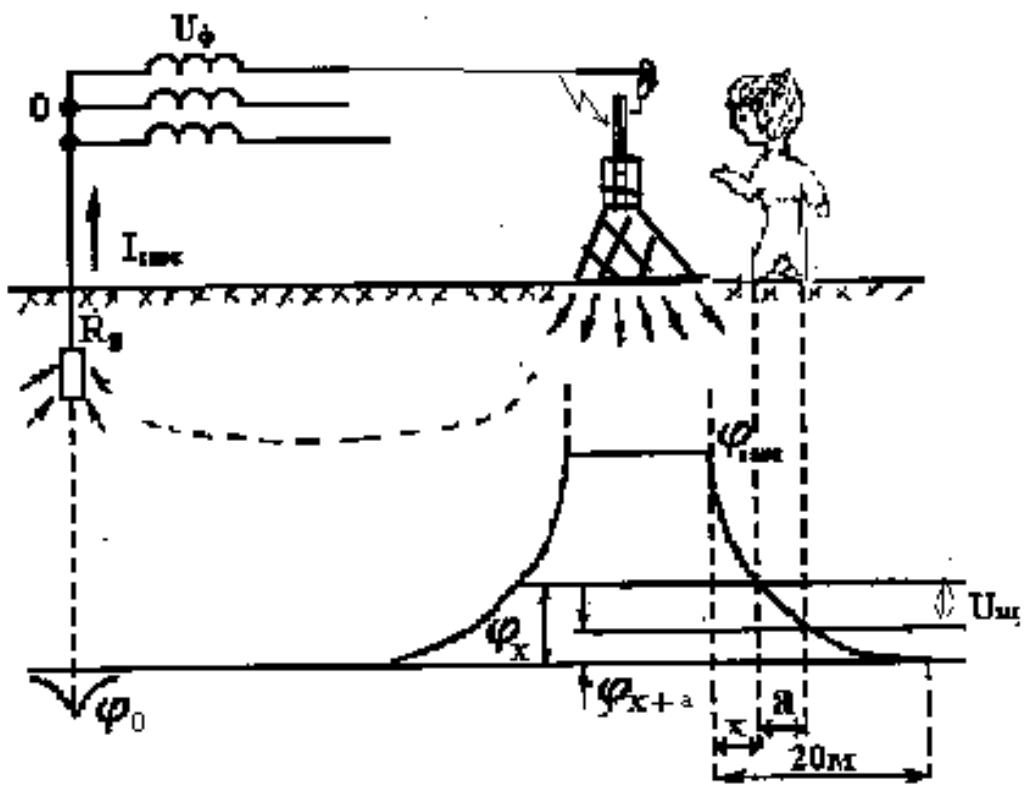
$$I_h = U_0 / R_h \cdot \exp(-t / R_h C)$$

После снятия рабочего напряжения не берись за токоведущие части, предварительно не разрядив емкости!

Напряжение шага

Первопричина - приближение человека к месту замыкания токоведущих частей на землю.





Поперечное сечение проводящего слоя земли можно принять за полусферу, площадь поверхности которой

$$S = 2\pi x^2,$$

где x - расстояние от опоры.

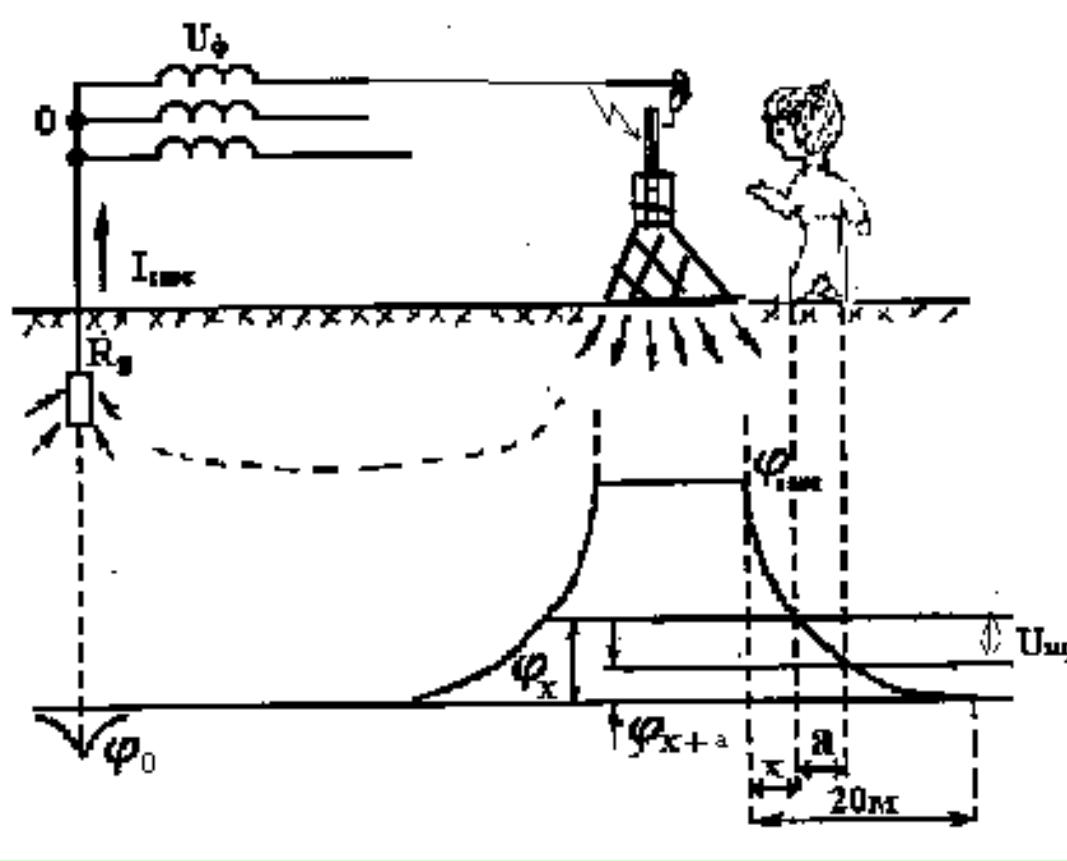
Плотность тока в земле
 $j = I_{зам}/S = I_{зам}/(2\pi x^2)$

Электрические потенциалы в зоне растекания тока

$$\varphi_{max} = I_{зам} R_{зам} = \frac{\rho I_{зам}}{2\pi x_3}$$

$$\varphi_x = \frac{\rho I_{зам}}{2\pi x} = \frac{\kappa}{x}$$

где $R_{зам}$ - сопротивление зоны растекания тока.

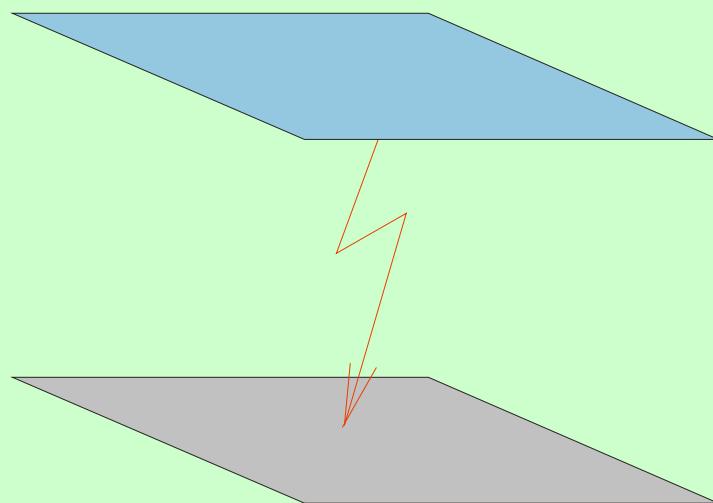


Напряжением шага называется разность потенциалов двух точек поверхности земли, на которых находится человек.
 (в расчетах ширина шага принимается равной $a=0,8\text{м}$)

$$U_{ш} = \varphi_x - \varphi_{x+a}$$

$$U_{ш} = \frac{I_{зам}\rho}{2\pi} \cdot \frac{a}{x^2 + ax}$$

Равномерное
электрическое поле
(плоскость – плоскость)



$$U_{\text{проб}} = 3 \dots 4 \text{ кВ/мм}$$

Неравномерное электрическое
поле (линия – игла)



$$U_{\text{проб}} < 0.4 \text{ кВ/мм}$$

Заряд статического электричества

Заряды статического электричества образуются при перемещении (трении) твердых, жидких или газообразных диэлектриков относительно других проводящих или непроводящих ток материалов:

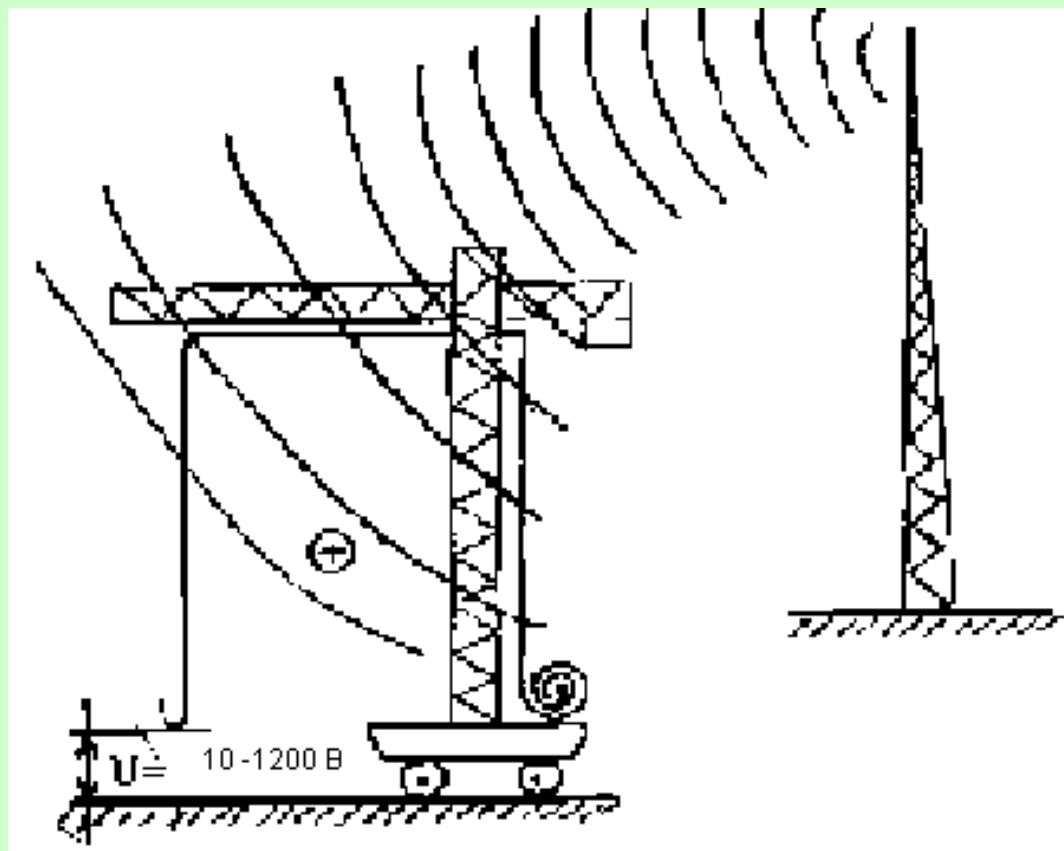
- ❖ **перемещение жидкостей** (транспортировка по трубопроводам, колебания в цистернах и т.п.);
- ❖ **перемещение частиц пыли в воздухе или при транспортировке** (электризация угольной, мучной пыли);
- ❖ **шлифовка металлов и неметаллов;**
- ❖ **деформация изоляционных материалов ;**
- ❖ **разделение складок ткани одежды.**

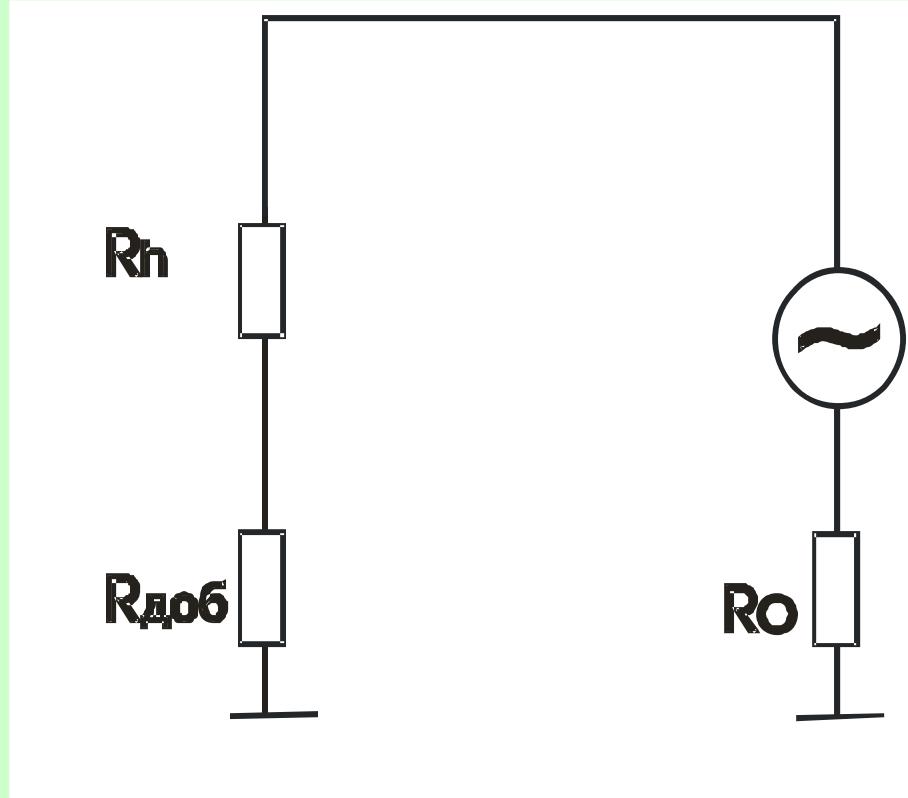
Основные способы защиты от статического электричества:

- forall• заземление оборудования, сосудов и коммуникаций, в которых накапливается статическое электричество;
- forall• увеличение поверхностной проводимости диэлектриков;
- forall• увлажнение окружающего воздуха;
- forall• ионизация воздуха или среды нейтрализаторами статического электричества;
- forall• подбор контактных пар.

Наведенный заряд

Наведенные заряды формируются на металлических предметах в зоне действия электромагнитных полей по законам электромагнитной индукции.





$$U_{\text{ист}} = 220 \text{ В}$$

$$R_h \sim 1 \text{ кОм}$$

$$R_o \sim 10 \text{ Ом} \quad \text{-пренебрегаем}$$

$$R_{\text{доб}} \text{ -?}$$

Сопротивление растеканию тока пола, на котором стоит человек

Материал пола	Степень влажности пола	
	Сухой	Мокрый
Бетон	2000 кОм	0,1 кОм

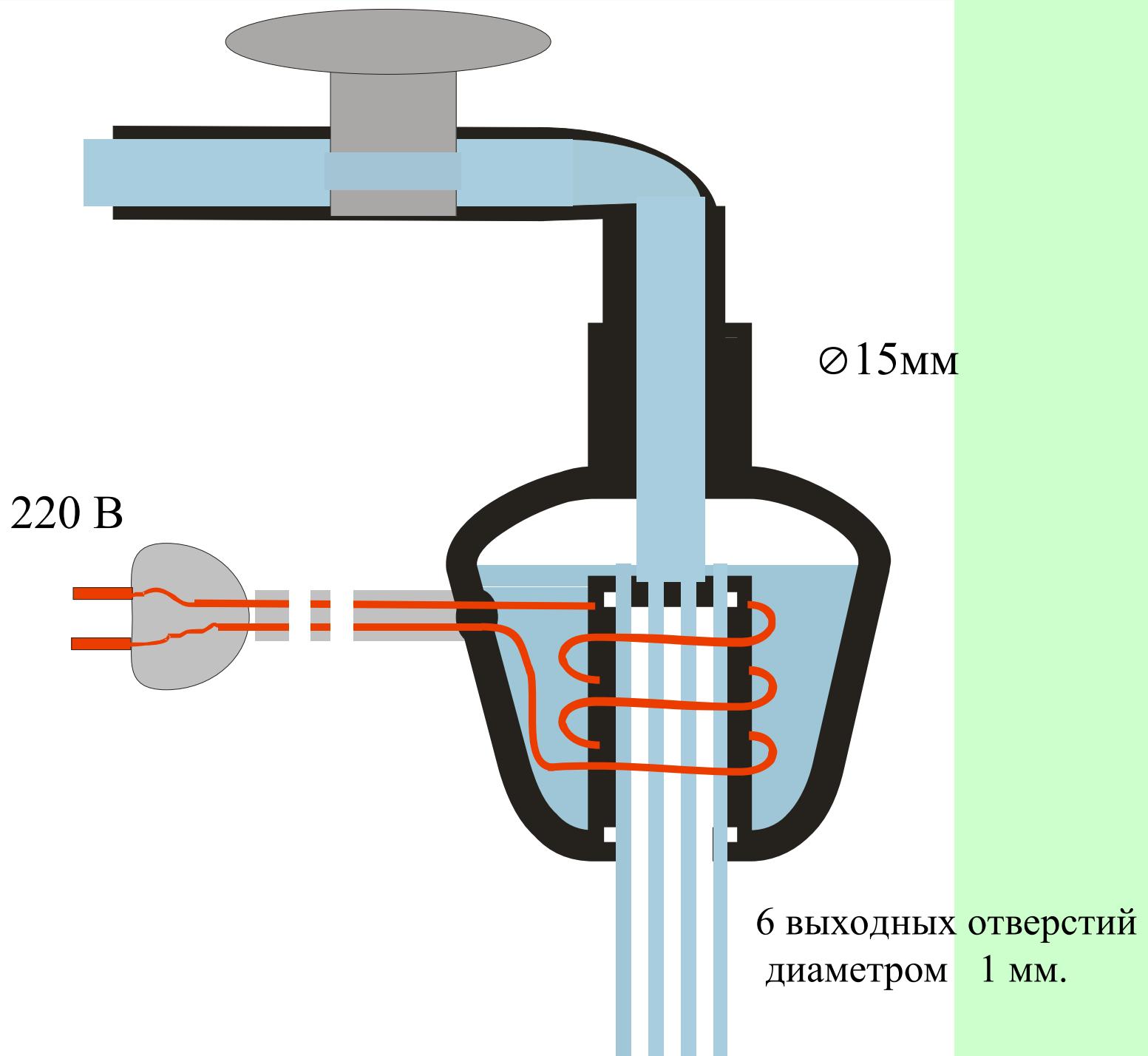
$$U_{np} = U_{ucm} \frac{R_h}{R_h + R_{\partial ob}}$$

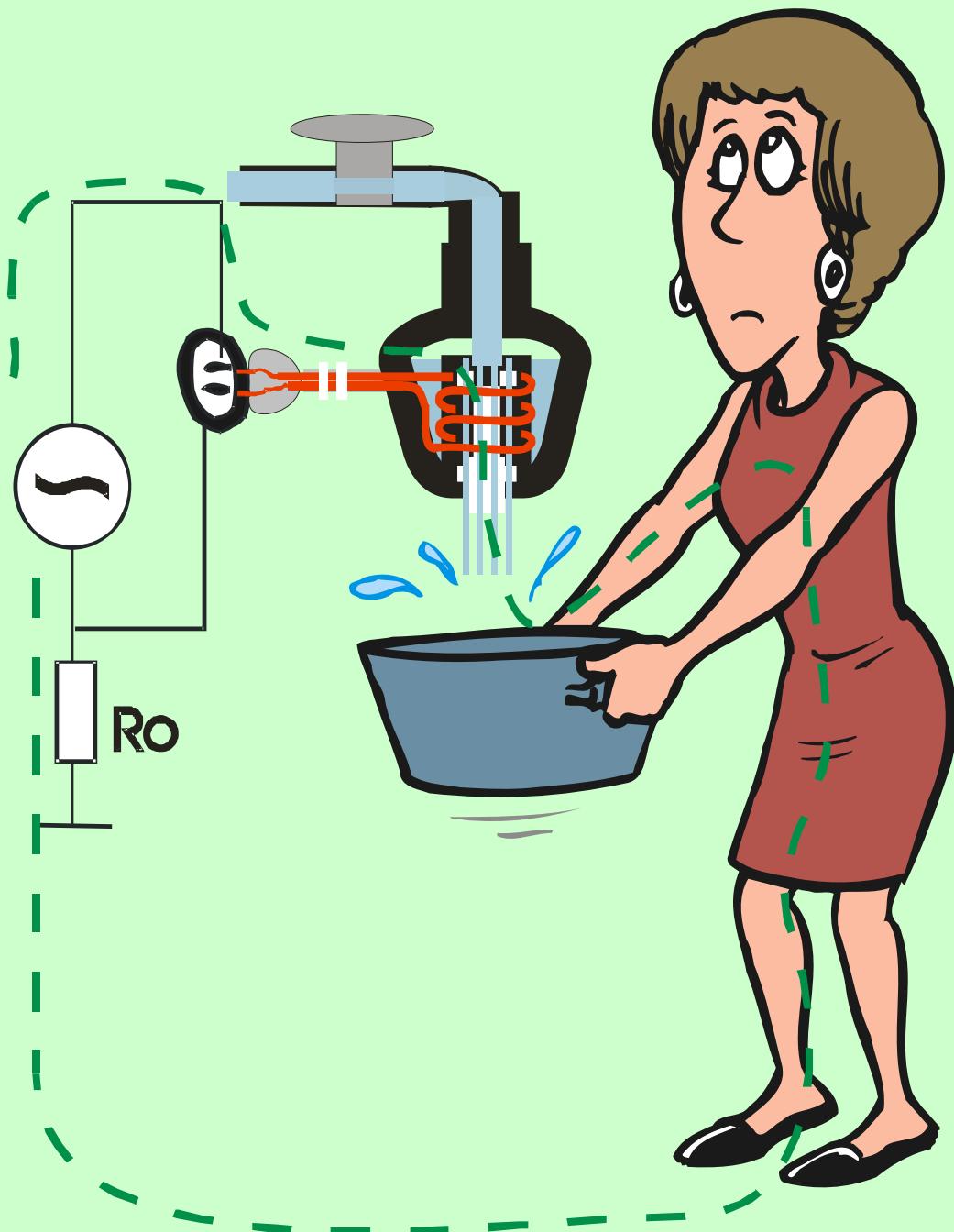
Если $R_{\partial ob} = 2000 \text{ кОм}$ $U_{np} = 220 \frac{4000}{4000 + 2000000} = 0.439 \text{ В}$

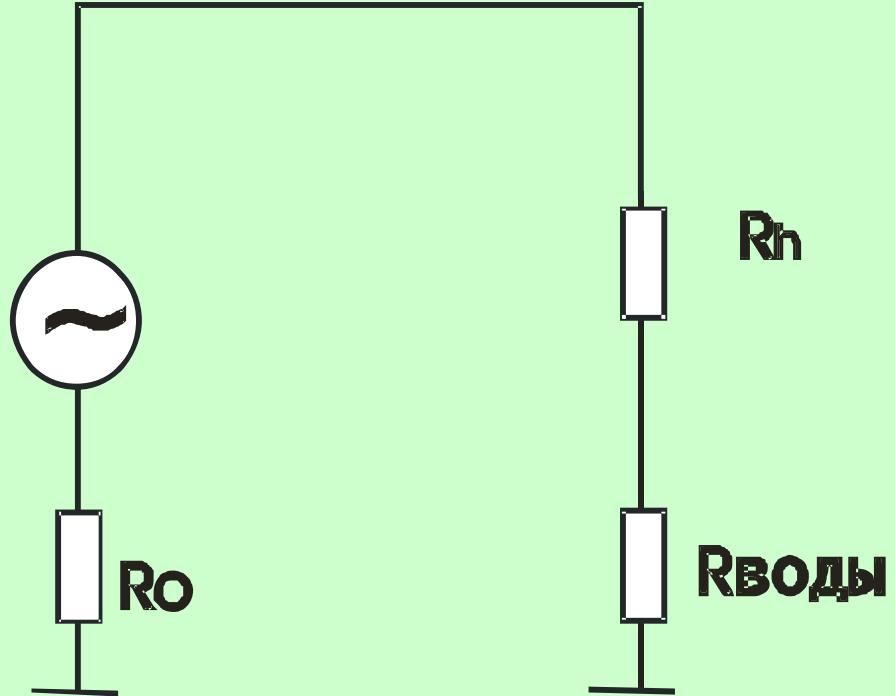
$I_h = U_{np} / R_h = 0.439 / 4000 = 0.1 \text{ мА} < \text{ПОТ} - \text{даже не почувствует}$

Если $R_{\partial ob} = 0.1 \text{ кОм}$ $U_{np} = 220 \frac{1000}{1000 + 100} = 200 \text{ В}$

$I_h = U_{np} / R_h = 200 / 1000 = 200 \text{ мА} > \text{фибрилл. тока} - \text{опасно}$







$$U_{np} = U_{ucm} \frac{R_h}{R_h + R_{воды} + R_0}$$

$$R_{воды} = \rho \frac{l_{струи}}{S_{струи}}$$

Удельное сопротивление ρ
водопроводной воды - 50 Ом·м,
речной воды - 10 Ом·м.

$$l_{cmyu} \geq 5 \text{ см} = 0.05 \text{ м} \quad S_{cmyu} = 6 \cdot \pi \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2 / 4 = 4.7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$R_{воды} = 0.5 \dots 2.5 M\Omega$$

$$U_{np} = 220 \frac{4000}{4000 + 500000 + 4} = 1,7 B \quad \text{Не опасно}$$

$$l_{cmyu} \geq 5 \text{ см} = 0.05 \text{ м} \quad S_{cmyu} = \pi \cdot (15 \cdot 10^{-3})^2 / 4 = 1.8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$R_{воды} = 2.8 \dots 14 \kappa\Omega\text{м}$$

$$U_{np} = 220 \frac{4000}{4000 + 2800 + 4} = 130 B$$

$$U_{np} = 220 \frac{1000}{1000 + 2800 + 4} = 57,8 B \quad \text{Опасно!}$$

Организационные защитные мероприятия от поражения электрическим током

- ❖ обучение (анализ принципов безопасной работы, моральное воздействие),
- ❖ аттестация (проверка знаний, присвоение квалификационной группы по электробезопасности I-V)
- ❖ инструктажи (вводный, текущий) -привязка общих знаний к предстоящей конкретной деятельности,
- ❖ проверки (плановые, контрольные).

ПОТ РМ-016-2001

Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок

Технические защитные мероприятия от поражения электрическим током

- ◆ Исключения (уменьшения вероятности) прикосновения к токоведущим частям вообще или только находящимся под рабочим напряжением.
- ◆ Исключение возможности (уменьшение вероятности) выноса напряжения сети на нетоковедущие части
- ◆ Уменьшения величины напряжения прикосновения
- ◆ Уменьшения длительности протекания через тело человека опасного по величине тока

1. Недоступность токоведущих частей.
 2. Малые напряжения.
 3. Защитное заземление
 4. Зануление
 5. Защитное отключение
 6. Защита от опасности перехода высокого напряжения на сторону низшего
 7. Защитное разделение сетей
 8. Выравнивание и уравнивание потенциалов
 9. Защитное шунтирование
 10. Двойная изоляция
 11. Компенсация емкостных токов
 12. Дополнительные защитные средства.
-
14. Контроль изоляции.
 15. Предупреждающая сигнализация, надписи и плакаты

Основная защита
от прямого
прикосновения

Выбор вида технических средств защиты зависит от:

- степени опасности поражения электрическим током, определяемой:
 - а) параметрами электрической сети (рабочее напряжение, уровни сопротивления изоляции и емкости относительно земли, режим нейтрали и пр.),
 - б) уровнем квалификации персонала,
 - в) условиями размещения оборудования.
- требований к обеспечению непрерывности питания электроприемников,
- экономических соображений.

Квалификация персонала:

- электротехнический персонал (*электропомещения*)
- производственный персонал (*производственные помещения*)
- население (*общественные и бытовые помещения, ...*)

Категории помещений по степени опасности поражения электрическим током

- без повышенной опасности
- с повышенной опасностью
- особо опасные

Признаки повышенной опасности (1 из 5):

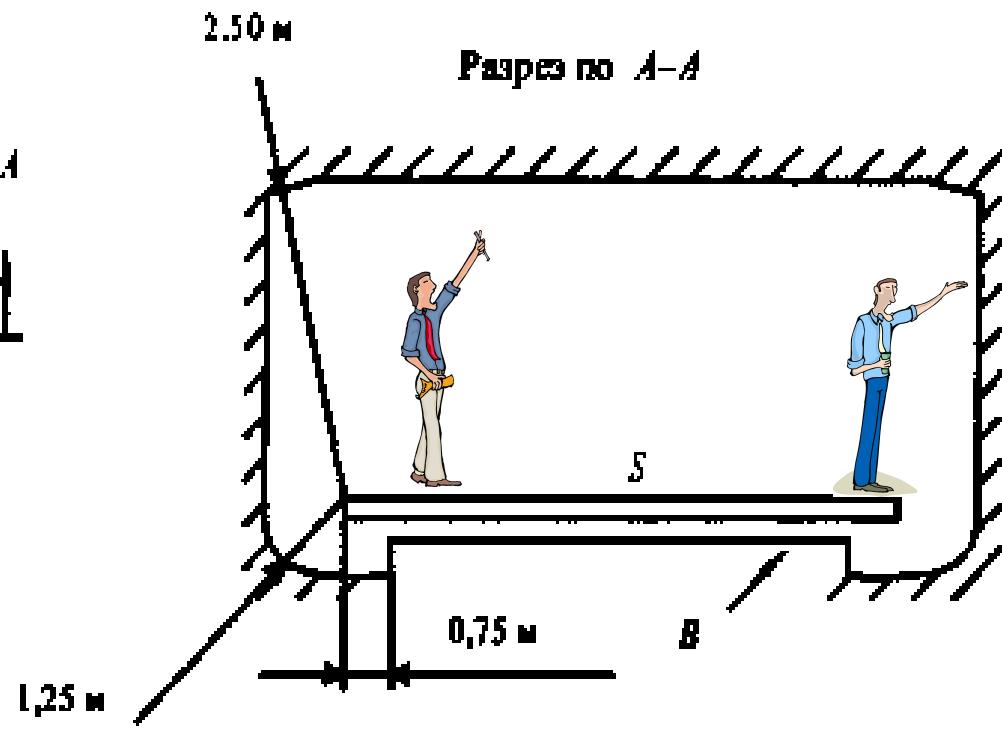
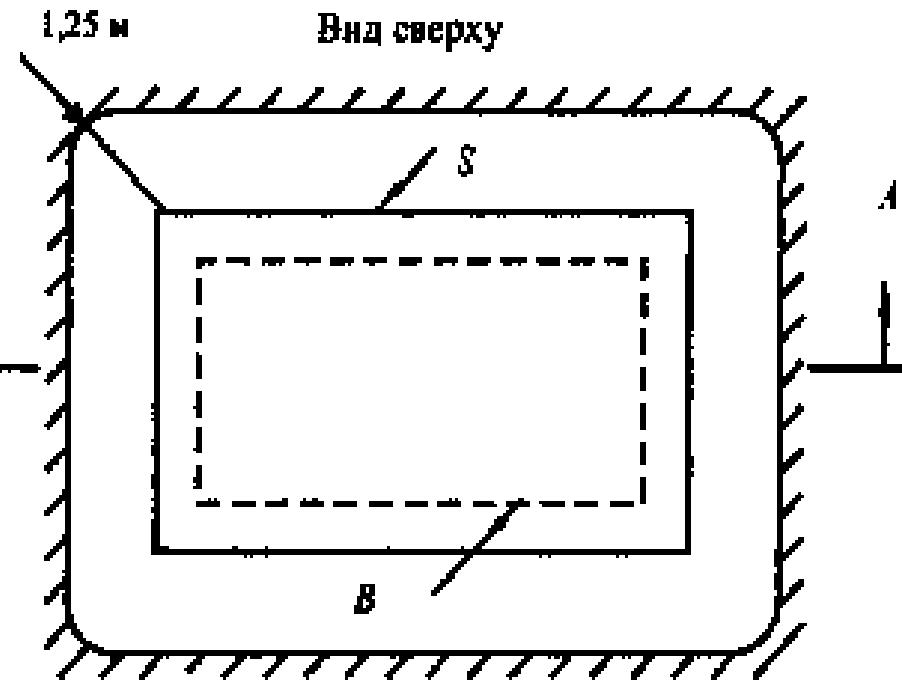
- а) сырость (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%);**
- б) токопроводящая пыль (технологическая пыль может оседать на провода, проникать внутрь корпусов электротехнических изделий);**
- в) высокая температура (температура постоянно или периодически - более 1 суток - превышает 35 С);**
- г) токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);**
- д) возможность прикосновения человека одновременно к металлическому корпусу прибора и к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п.**

Признаки особой опасности помещений :

- а) особая сырость (относительная влажность воздуха близка к 100% - влагой покрыты потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении);**
- б) химически активная или органическая среда (постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования);**
- в) одновременное наличие двух и более признаков повышенной опасности.**

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕДОСТУПНОСТИ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ

- электрическая изоляция токоведущих частей,
- расположение токоведущих частей вне зон досягаемости,
- корпуса устройств, ограждения, барьеры
- блокировки, сигнализации, маркировки, отличительная окраска



Зона досягаемости в электроустановках до 1 кВ:

S - поверхность, на которой может находиться человек;

- граница зоны досягаемости токоведущих частей рукой человека, находящегося на поверхности S ;

$0,75; 1,25; 2,50 \text{ м}$ - расстояния от края поверхности S до границы зоны досягаемости

ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89)

**СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ, ОБЕСПЕЧИВАЕМЫЕ
ОБОЛОЧКАМИ (КОД IP)**

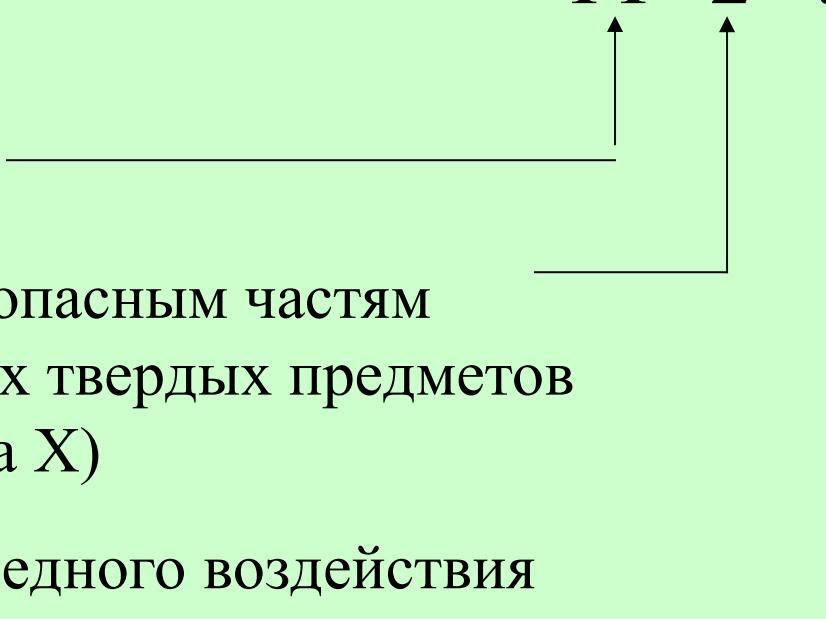
Буквы кода

(Международная защита)
(International Protection)

Задача людей от доступа к опасным частям
и от проникновения внешних твердых предметов
(цифры от 0 до 6 либо буква X)

защиты оборудования от вредного воздействия
в результате проникновения воды
(цифры от 0 до 8 либо буква X)

I P 2 3



0 - Защита от прикосновения и от попадания твердых посторонних предметов внутрь корпуса **отсутствует**

1 - Исключена возможность прикосновения большим участком тела; защита от попадания внутрь корпуса твердых посторонних предметов диаметром более 52,5 мм.

2 - Защита от возможности прикосновения пальцами; защита от попадания внутрь корпуса предметов диаметром более 12,5 мм.

3 - Защита от возможности прикосновения проволокой, предметами толщиной более 2,5 мм; защита от попадания внутрь корпуса предметов диаметром более 2,5 мм.

4 - Защита от возможности прикосновения предметами толщиной более 1 мм. Защита от попадания внутрь корпуса тел диаметром более 1 мм.

5 - Полная защита персонала от соприкосновения с токоведущими частями; защита оборудования от вредных отложений пыли.

6 - Полная защита персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями; полная защита оборудования от попадания пыли.

Защита токоведущих частей от проникновения воды через корпус изделия:

- 0 - защита отсутствует;
- 1 - защита от падающих сверху капель конденсата;
- 2 - защита от капель воды, падающих под углом 15°;
- 3 - защита от дождя;
- 4 - защита от брызг;
- 5 - защита от водяных струй;
- 6 - защита от захлестывания волной;
- 7 - защита при кратковременном погружении в воду;
- 8 - защита при длительном погружении в воду.

Для наружных установок IP44

Лабораторное оборудование IP20.

БЛОКИРОВКА

Блокировка предотвращает ошибочные действия оператора и исключает возможность доступа к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

СИГНАЛИЗАЦИЯ

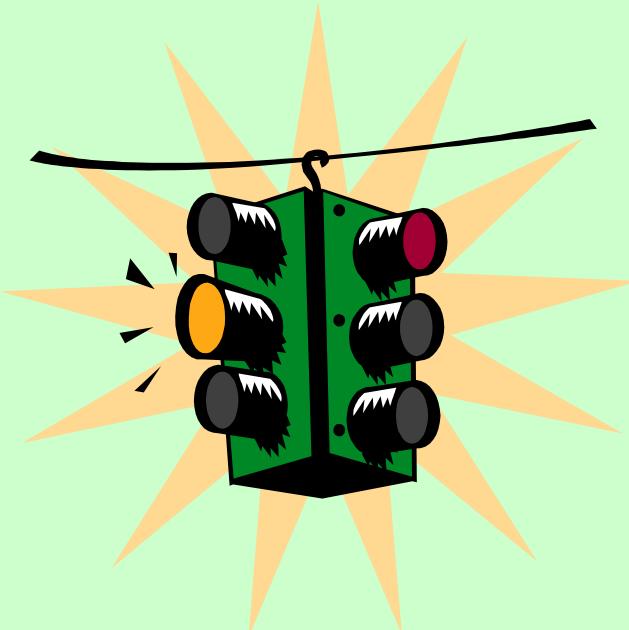
ГОСТ Р 12.4.026-2001 ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики.

Для световых сигналов должны применяться следующие цвета:

красный - запрещающие и аварийные сигналы, предупреждение о перегрузках, неправильных действиях, опасности и о состоянии, требующем немедленного вмешательства;

желтый - привлечение внимания (предупреждение о достижении предельных значений, о переходе на автоматическую работу и т.п.);

зеленый - сигнализация безопасности (нормальный режим работы, разрешение на начало действия и т.п.);



Группа	Геометрическая форма			
Запрещающие знаки	Круг с поперечной полосой			
Предупреждающие знаки	Треугольник			
Предписывающие знаки	Круг			
Знаки пожарной безопасности*	Квадрат или прямоугольник			
Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения	Квадрат или прямоугольник			
Указательные знаки	Квадрат или прямоугольник			

МАРКИРОВКА

ГОСТ Р 50462 «Идентификация проводников по цветам или цифровым обозначениям».



Проводники защитного заземления, а также нулевые защитные проводники, должны иметь буквенное обозначение ***PE*** и цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными **полосами желтого и зеленого цветов**.

Нулевые рабочие (нейтральные) проводники обозначаются буквой ***N*** и **голубым** цветом. Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники должны иметь буквенное обозначение ***PEN*** и цветовое обозначение: голубой цвет по всей длине и желто-зеленые полосы на концах.

Шины должны быть обозначены:

- 1) при переменном трехфазном токе: шины фазы *A* - желтым,
фазы *B* — зеленым,
фазы *C* - красным цветами;
- 2) при переменном однофазном токе шина *B*, присоединенная к концу обмотки источника питания, - красным цветом,
шина *A*, присоединенная к началу обмотки источника питания, - желтым цветом.
- 3) при постоянном токе:
положительная шина (+) - **красным** цветом,
отрицательная (-) – **синим**,
нулевая рабочая *M* - **голубым** цветом.

ПРИМЕНЕНИЕ МАЛЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

В зависимости от категории помещения нормируется максимально допустимое рабочее напряжение приемников электроэнергии, эксплуатируемых без средств защиты

Защита от прямого прикосновения (недоступность токоведущих частей) не требуется, если электрооборудование находится в зоне **системы уравнивания потенциалов**, а наибольшее рабочее напряжение не превышает:

в помещениях без повышенной опасности

$$\sim \qquad \qquad =$$

в помещениях с повышенной опасностью, особенно опасных и в наружных установках

6 B 15 B

**Захист при косвенном прикосновении
требуется при рабочих напряжениях более:**

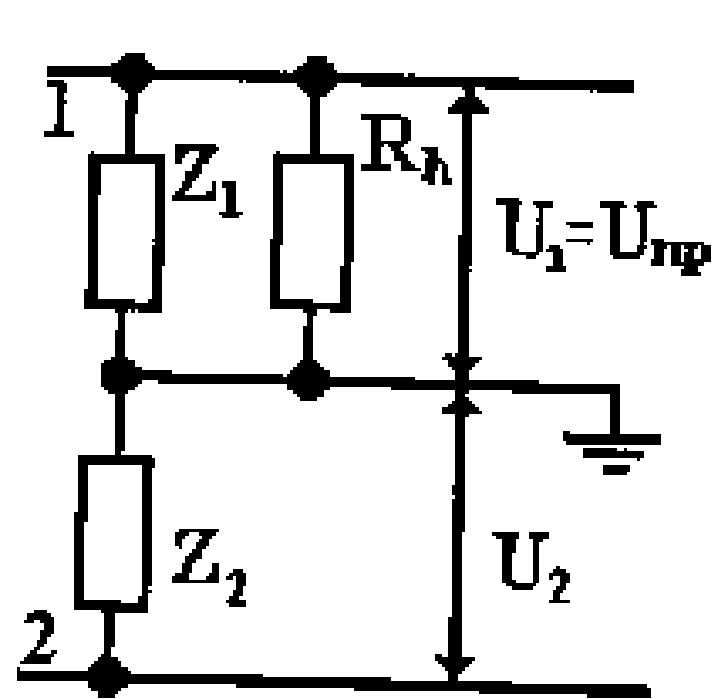
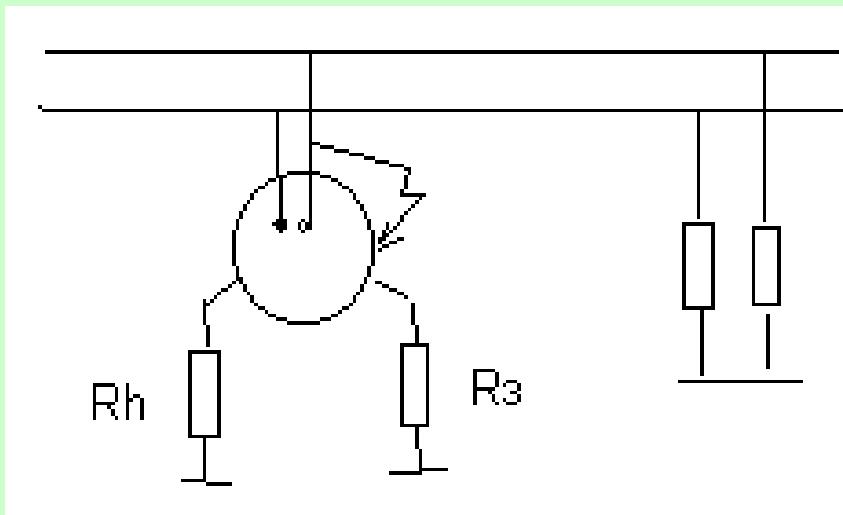
Категория помещения	Максимальное рабочее напряжение, В	
	Постоянное	Переменное
Без повышенной опасности	120	50
С повышенной опасностью	60	25
Особо опасное	30	12

Защитное заземление

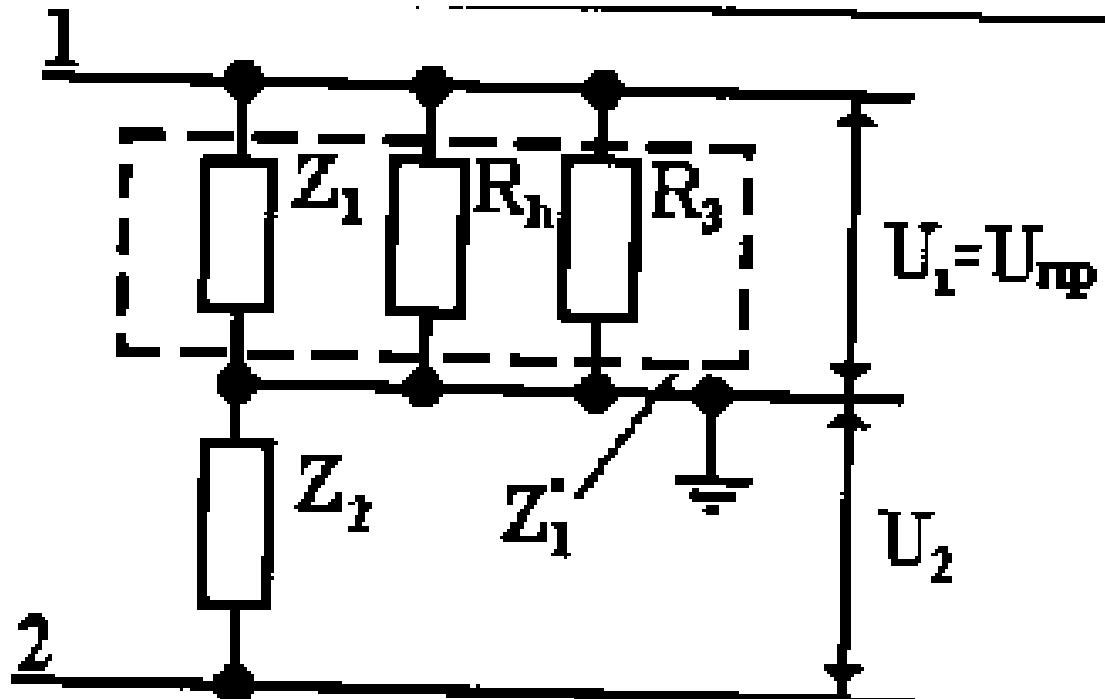
Защитное заземление - намеренное соединение с землей металлических нетоковедущих частей, могущих оказаться под напряжением.

При наличии защитного заземления в случае повреждения электрической изоляции (замыкание фазы на корпус электроприемника) рабочее напряжение с приемника электроэнергии не снимается, но напряжение прикосновения уменьшается до безопасного значения.

Защитное заземление не защищает от других вариантов поражения током, кроме случая прикосновения к корпусу устройства с поврежденной изоляцией.

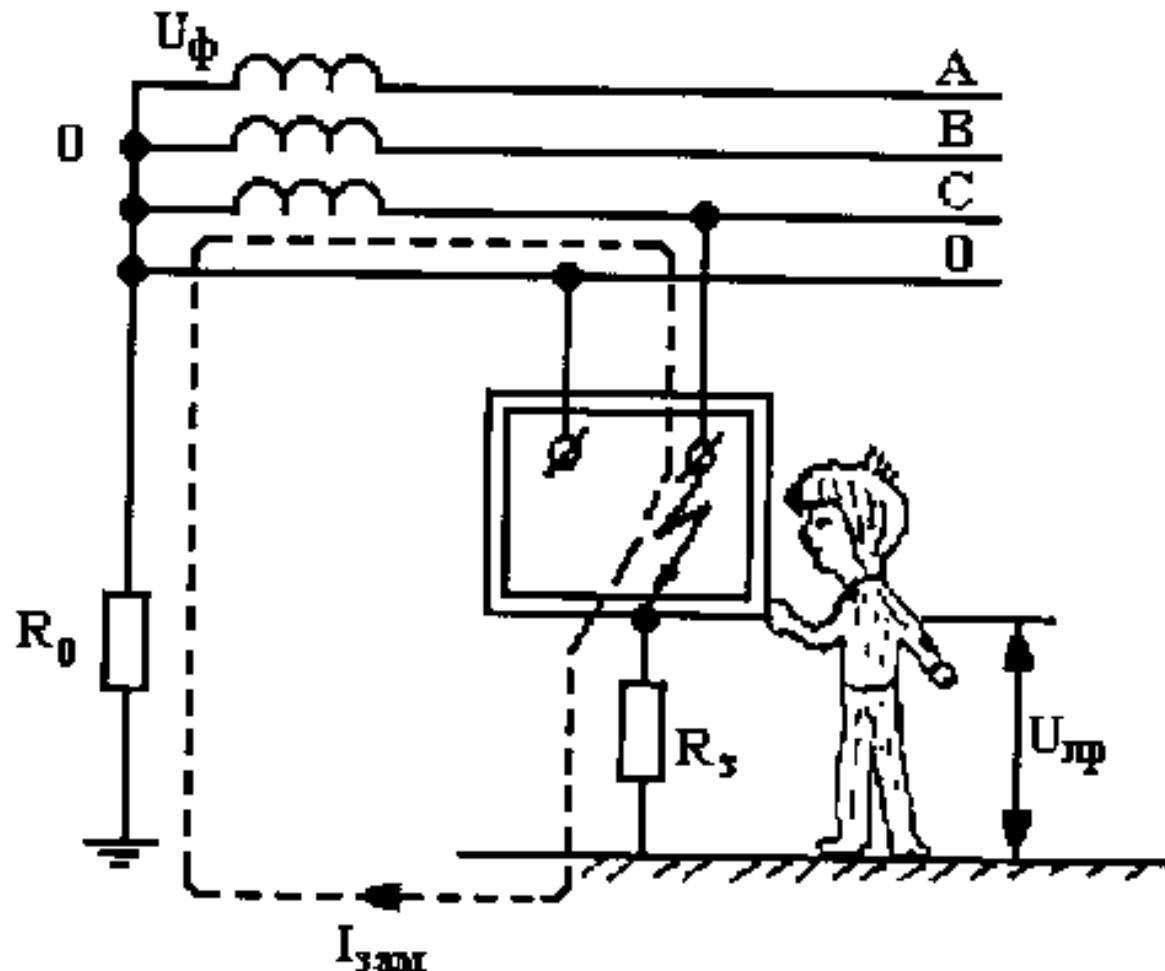


$$R_3 \ll R_h, Z_1$$



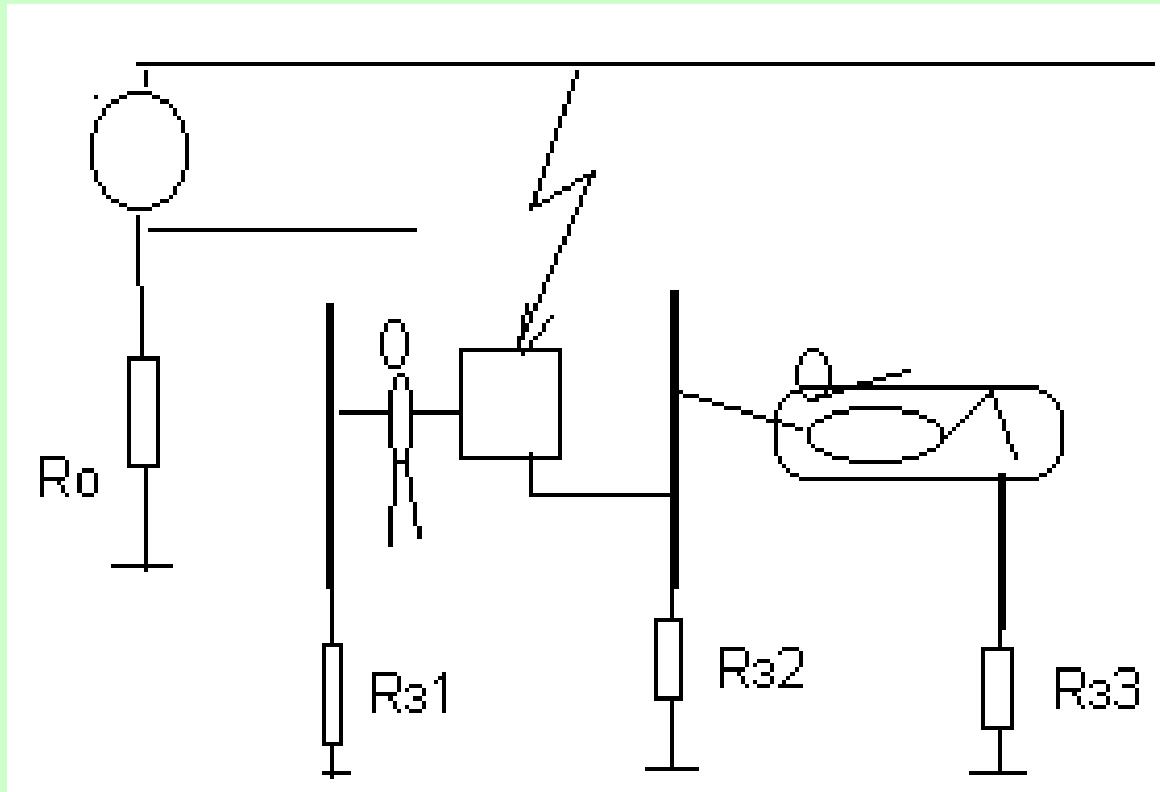
$$Z_1' \ll Z_2 \quad U_{np} = U_1' \rightarrow 0$$

НЕЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В СЕТЯХ С ЗАЗЕМЛЕННЫМ НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ



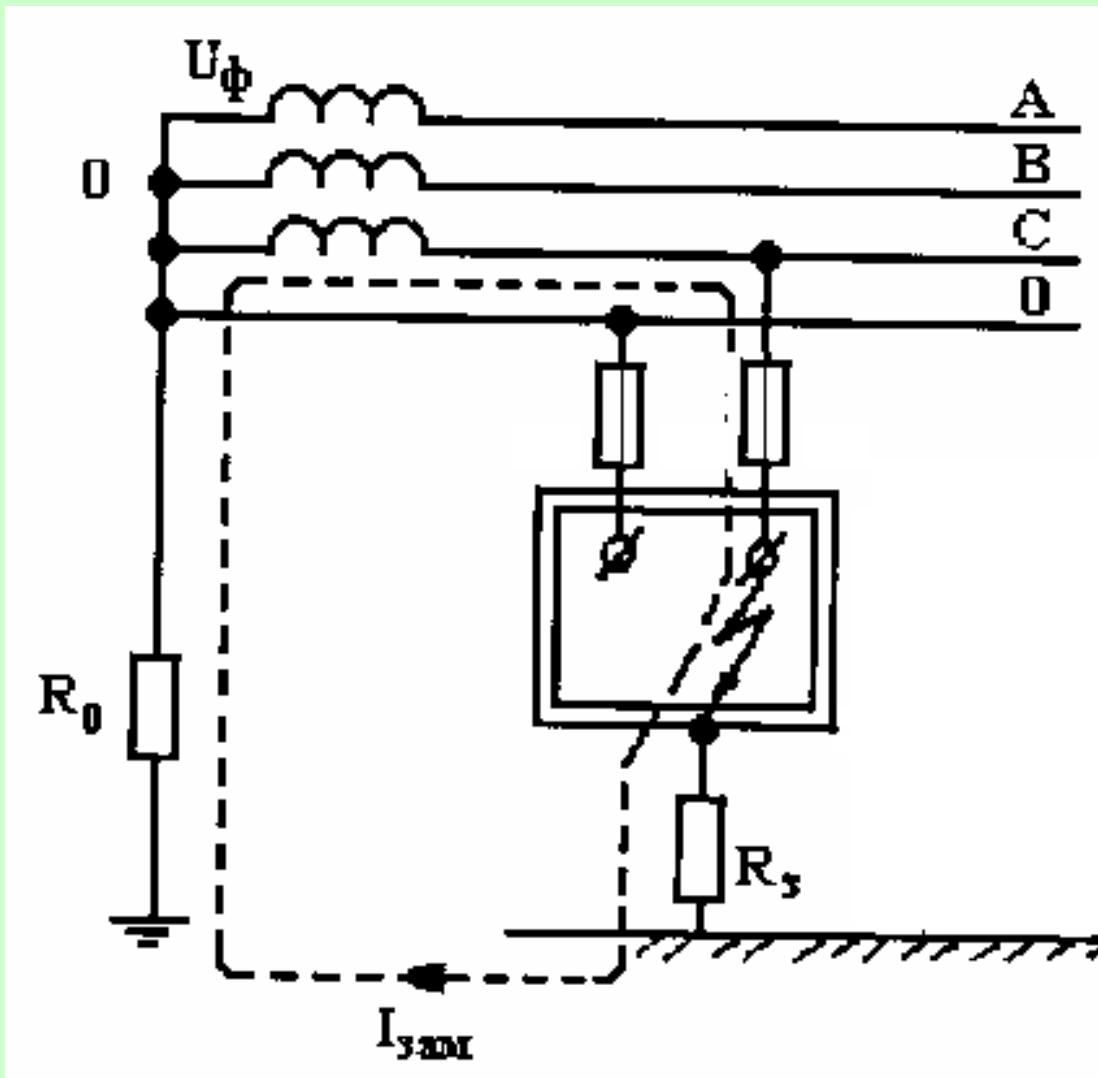
$$R_3 \approx R_0 \quad U_{нр} \approx U/2.$$

ОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБ И ПОДОБНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ



Использование металлоконструкций, связанных с землей, в
целях **заземления** корпусов электротехнических изделий
в **сетях с глухозаземленной нейтралью** (полюсом)
ЗАПРЕЩЕНО Правилами устройства электроустановок !

Защитное заземление в высоковольтных сетях с глухозаземленной нейтралью



$$I_{зам} = U_\phi / (R_3 + R_0)$$

$$R_3 \approx R_0 < 0.5 \text{ Om}$$

$$U_\phi > 1000 \text{ В}$$

$$I_{зам} > 1000 \text{ А} > I_{потр}$$

⇒ Отключение

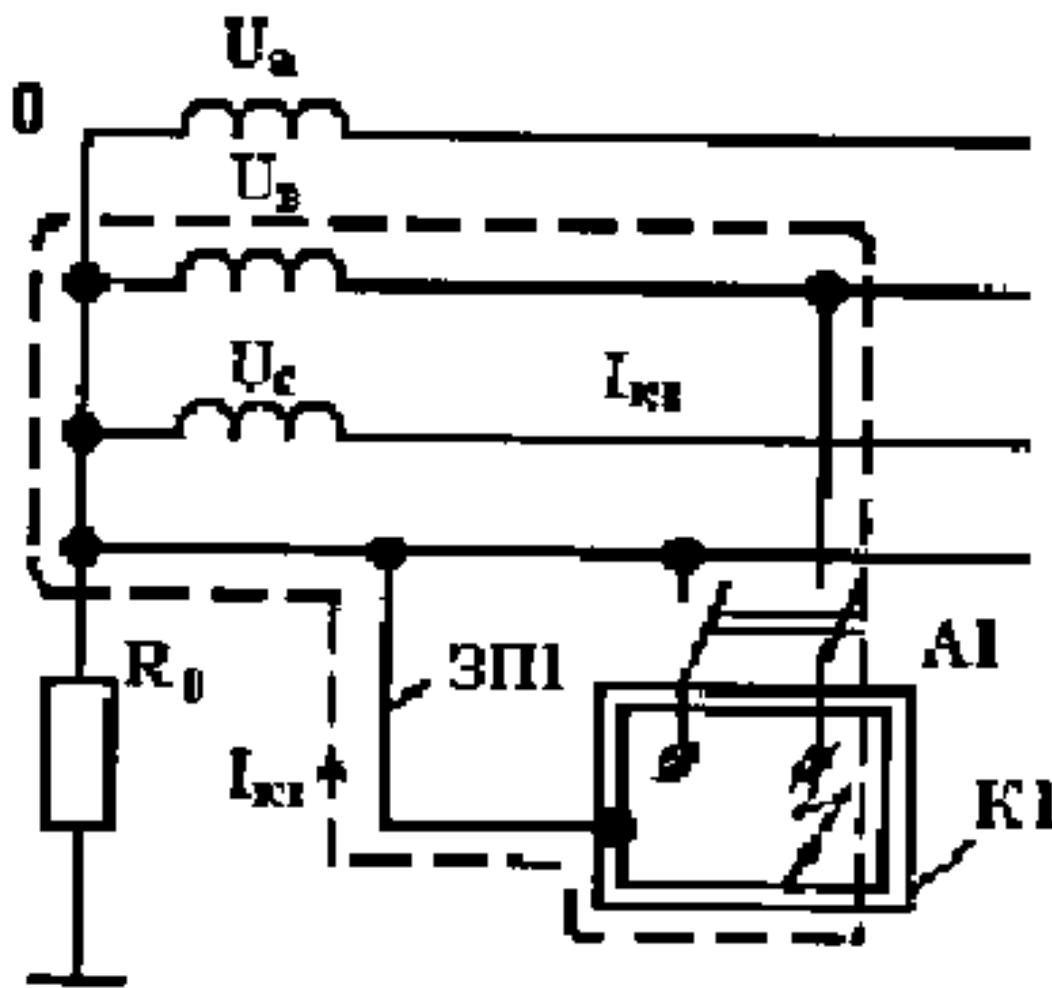
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Защитное заземление применяется

- >All• в электроустановках переменного тока с изолированной нейтралью при напряжении 380 В и выше и постоянного тока с изолированной средней точкой при напряжении 440 В и выше - *всегда* ;
- All• в электроустановках с изолированной от земли нейтралью (полюсом), если рабочее напряжение выше 50 (25, 12) В переменного и 120 (60, 30) В постоянного тока (в зависимости от категории опасности помещения) - *как вариант защиты*
- All• во взрывоопасных зонах - заземляются все нетоковедущие части независимо от значения рабочего напряжения электрооборудования
- в электроустановках с глухозаземленной нейтралью при напряжении более 1000 В - *всегда*

Зануление

- намеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей с многократно заземленным нулевым проводом питающей сети.



· ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАНУЛЕНИЯ

- в электроустановках переменного тока с глухозаземленной нейтралью (полюсом) при напряжении 380 В и выше и постоянного тока с заземленным полюсом (средней точкой) при напряжении 440 В и выше - *всегда* ;
- в электроустановках с заземленной нейтралью (полюсом), если рабочее напряжение выше 50 (25, 12) В переменного и 120 (60, 30) В постоянного тока (в зависимости от категории опасности помещения) - *как вариант защиты*
- во взрывоопасных зонах в электроустановках с заземленной нейтралью (полюсом) - независимо от значения рабочего напряжения электрооборудования - *всегда*.

РАСЧЕТ ЗАНУЛЕНИЯ

1. Выбор $I_{ном}$ _{TЗ}

- $I_{ном}$ установки

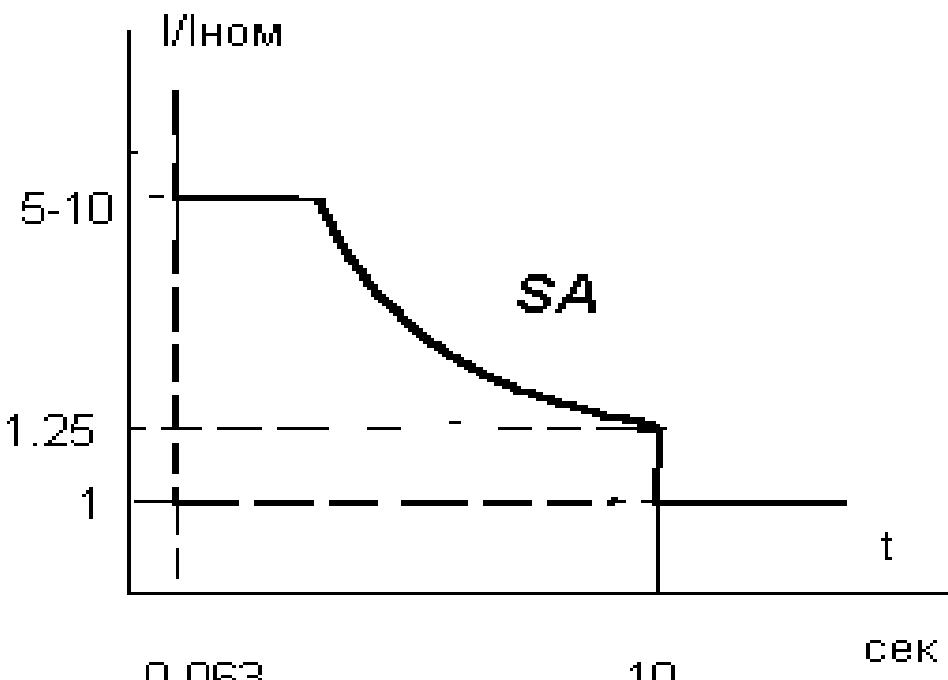
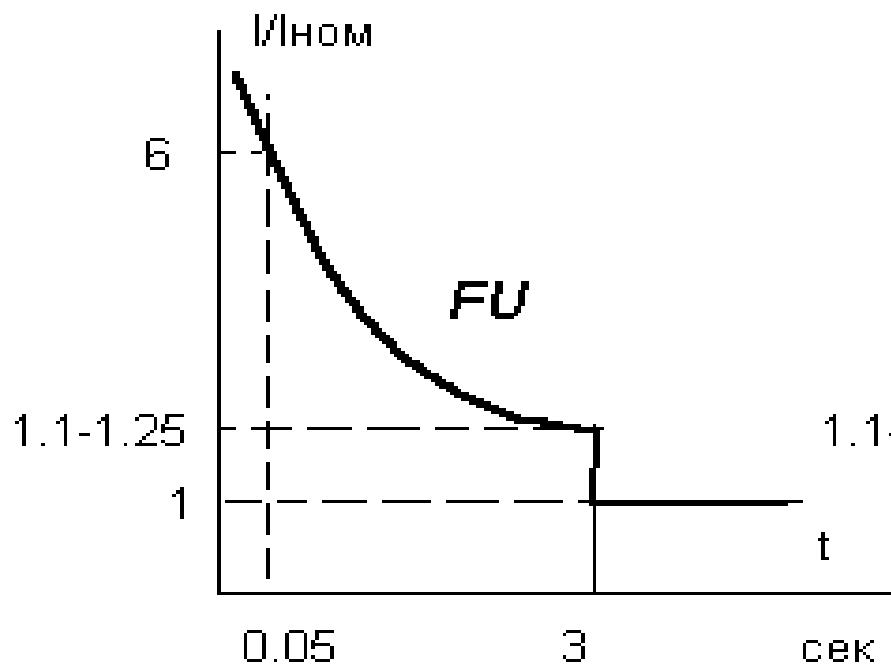
- $I_{пуск} = k_1 I_{ном}$, $k_1 = 1.2$ – для активной нагрузки,

$k_1 = 5 - 6$ – электродвигатель

- Выбирают устройство ТЗ $I_{ном} \geq I_{пуск}$

2. Расчет тока замыкания $I_{змкн} \leq t_{h_{допуст}}$

-
-
-
-
-
-
-
-



3. Выбор провода

$$I_{K3} = \frac{U\phi}{R_{\Sigma}} = \frac{U\phi}{Z_T + Z_{\phi} + Z_{hn} + Z_{внупр}} \approx \frac{U\phi}{1.5 \cdot R_{внупр}}$$

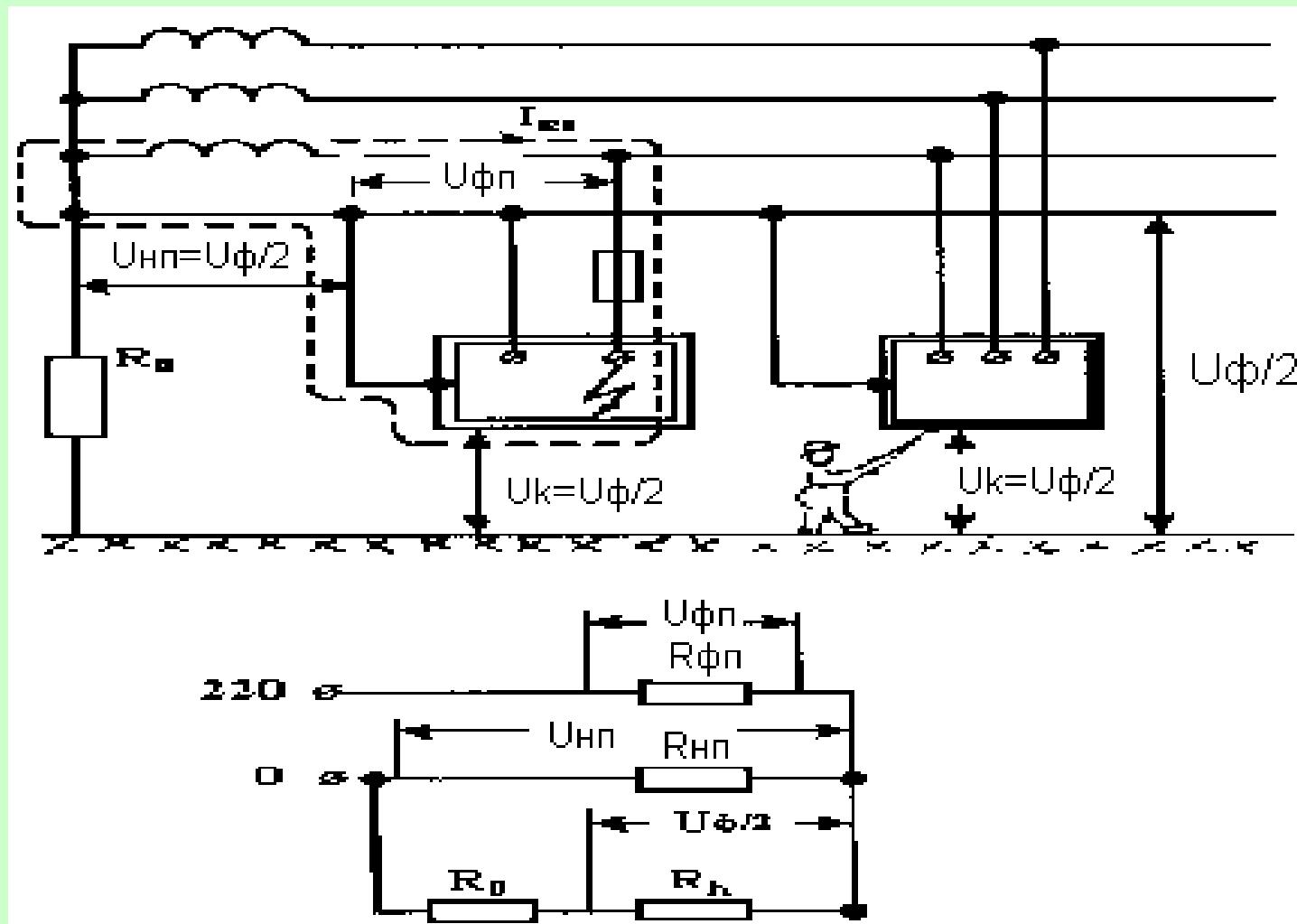
$$R_{внупр} = \frac{U}{1.5 \cdot I_{K3}} = \rho \frac{l}{S}$$

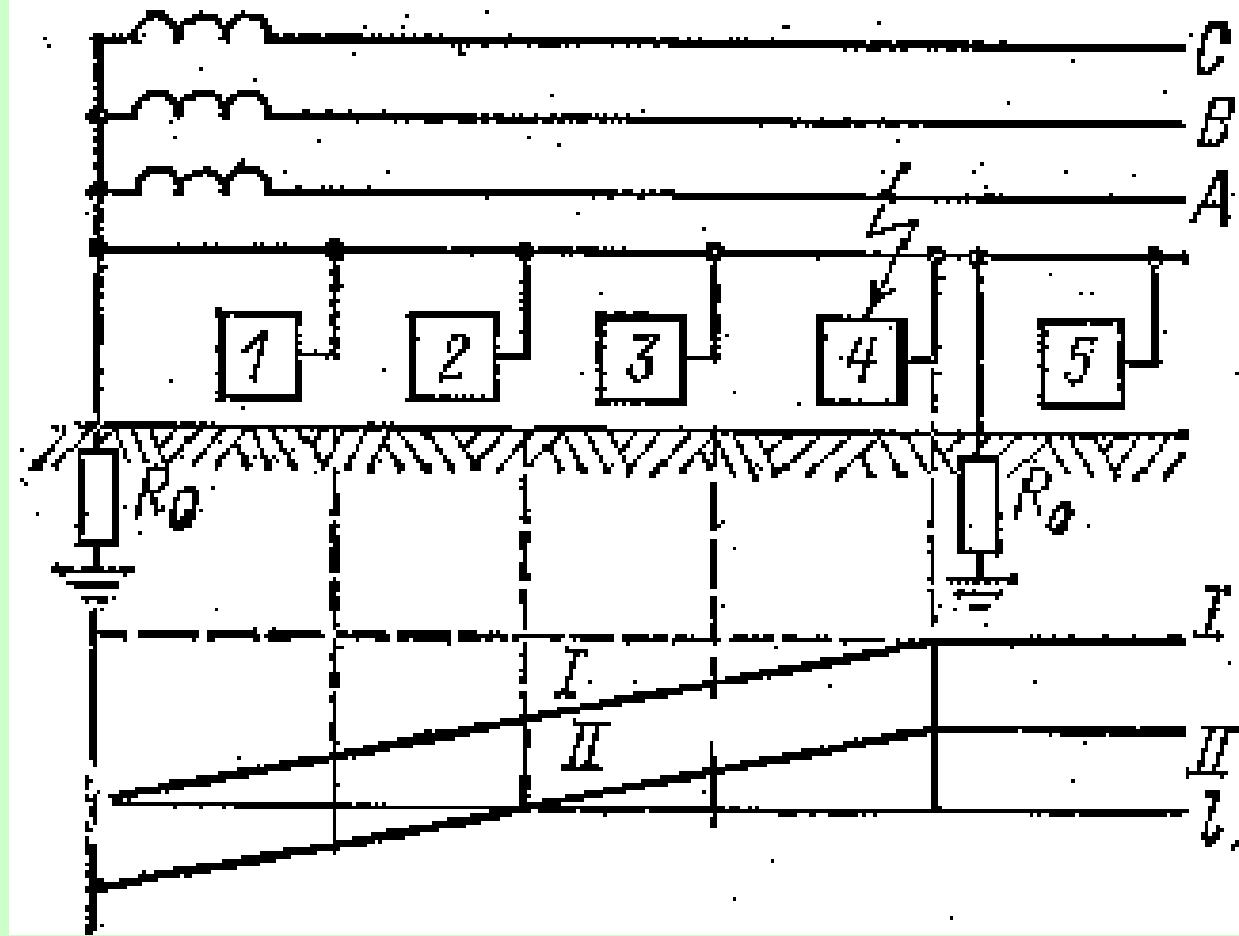
При этом по условиям механической прочности $S > S_{min}$, мм² :

Материал	Отдельный провод		Жила в кабеле (шнуре питания)
	неизолированный	изолированный	
меди	4	1.5	1 (0.35 – в бытовых приборах)
алюминий	6	2.5	2.5

ОПАСНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ В СИСТЕМЕ ЗАНУЛЕНИЯ

1. Несоответствие уставок срабатывания автоматических выключателей или номинальных токов плавких вставок предохранителей параметрам защищаемых цепей.





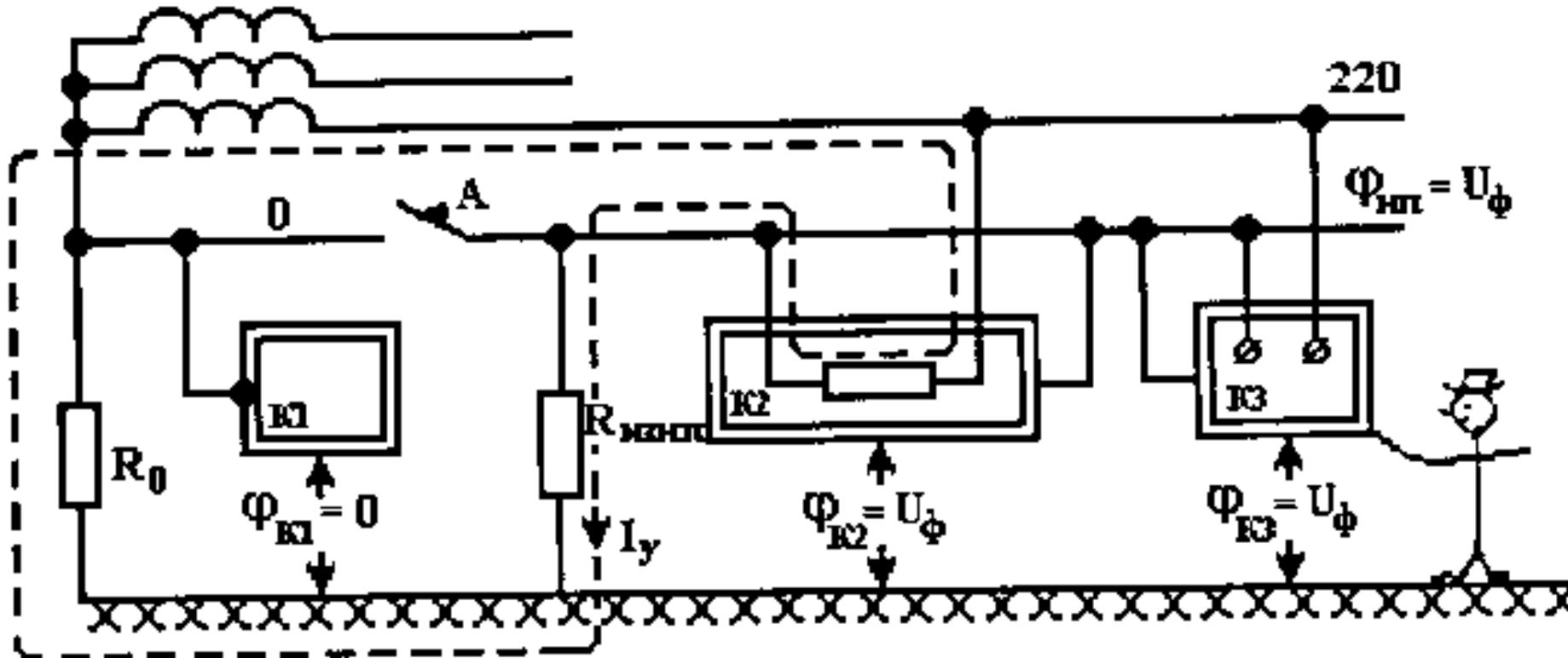
Распределение потенциалов вдоль нулевого провода:

I – без повторного заземления $U_{np}/3 = 0 - U_\phi/2$

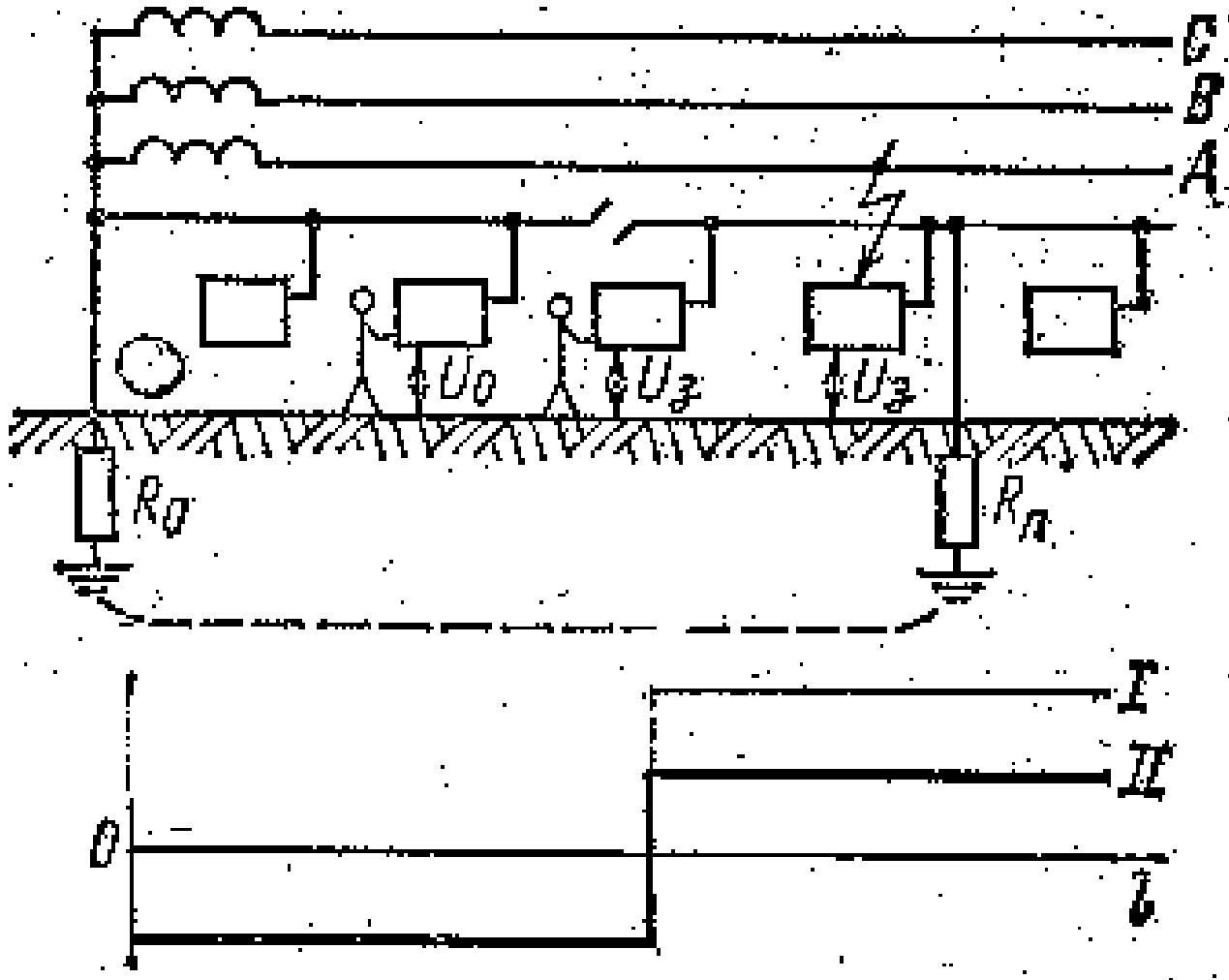
II- с повторным заземлением $U_{np}/3 = 0 - U_\phi/4$

Повторное заземление нулевого защитного проводника снижает напряжение на запуленных корпусах в период замыкания фазы на корпус.

2. Установка коммутационных аппаратов (рубильников, выключателей) не в фазном, а в нулевом проводе.



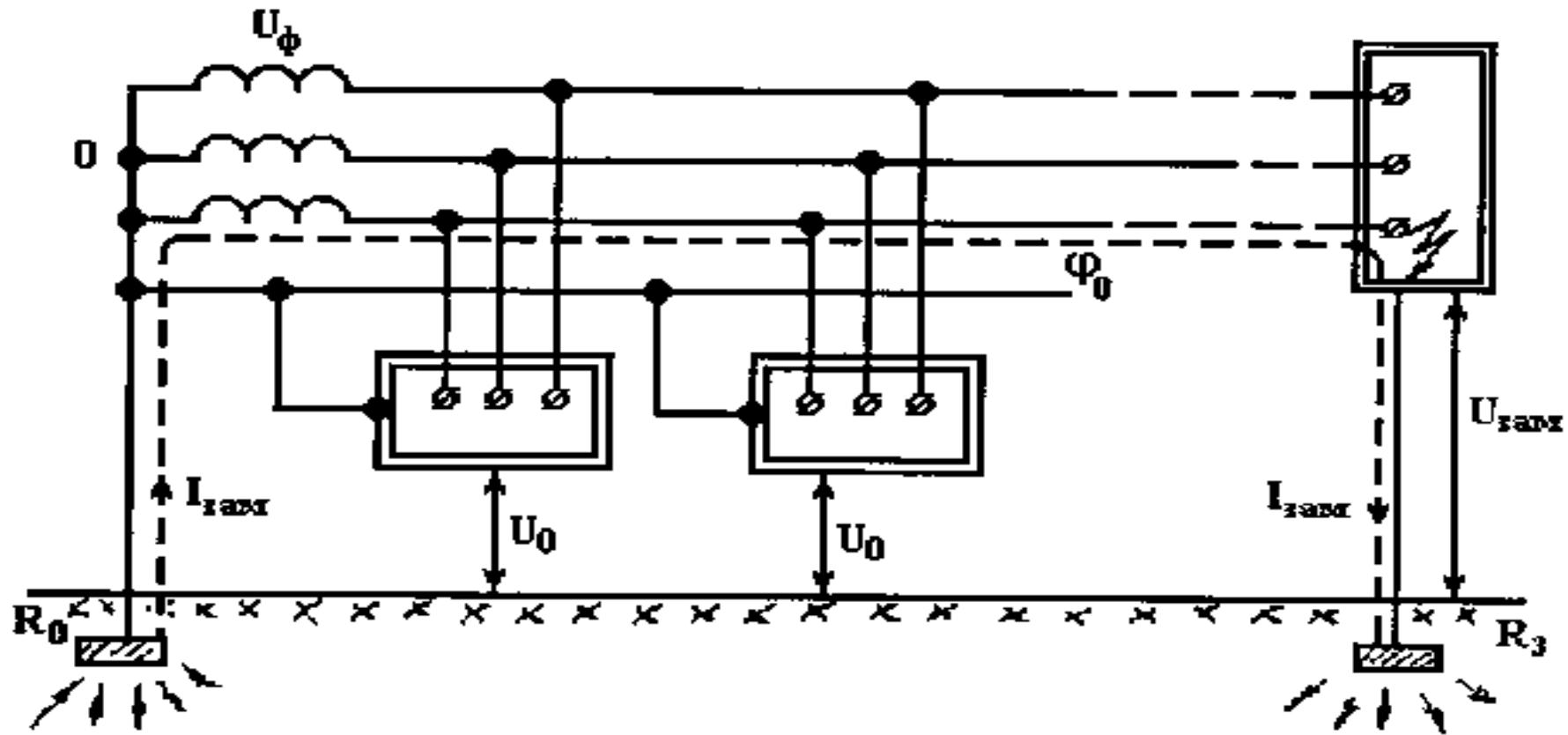
$$\varphi_{hn} = U_\phi R_{uz.hn} / (R_h + R_{uz.hn} + R_o) \quad \varphi_{\text{НП}} \approx U_\phi$$



$$\varphi_{hn} = U\phi \cdot R_{hn} / (R_o + R_{hn} + R_{нагр}) \approx U / 2 \quad \varphi_o = U\phi \cdot R_o / (R_o + R_{hn} + R_{нагр}) \approx U / 2$$

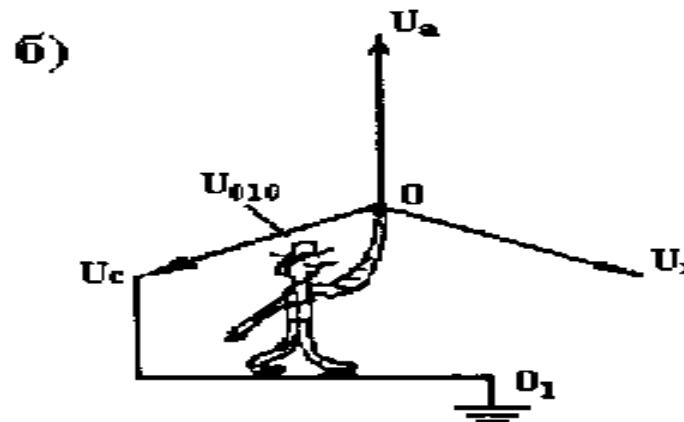
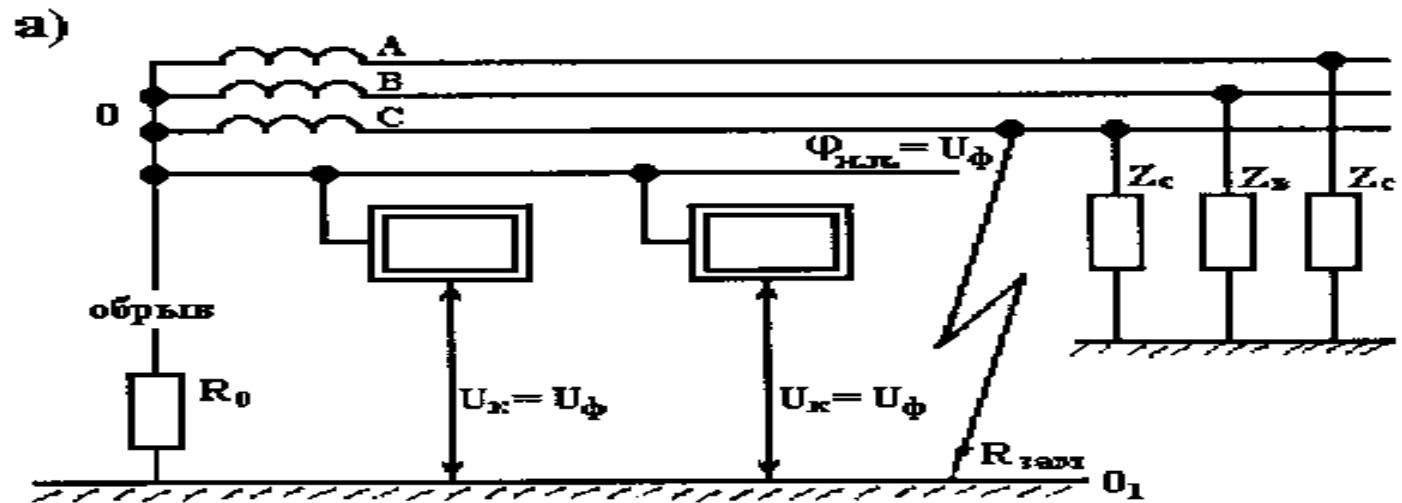
Назначение повторного заземления защитного проводника — снижение напряжения относительно земли зануленных конструкций в период замыкания фазы на корпус как при исправной схеме зануления, так и в случае обрыва нулевого защитного проводника.

3. Корпуса одних приемников занулены, а других - заземлены.



$$\varphi_0 = U_\phi \cdot R_0 / (R_0 + R_3)$$

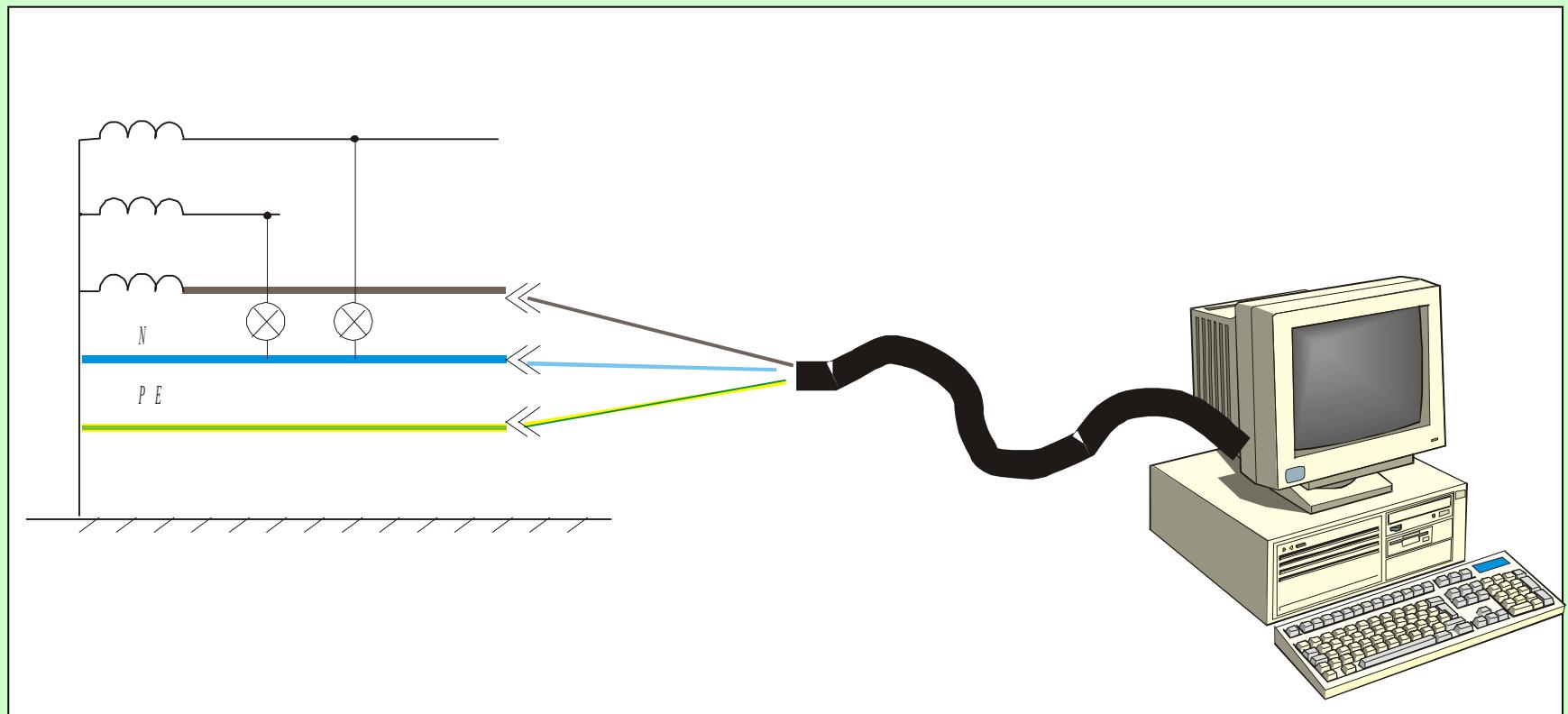
4. Обрыв цепи заземления нейтрали R_0



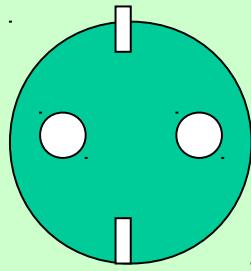
$$U_{\text{пр}} = U_{\Phi}$$

Повторное заземление нулевого провода снижает напряжение U_0 за счет перераспределения падений напряжения на $R_{\text{зам}}$ и $R_{\text{повт}}$.

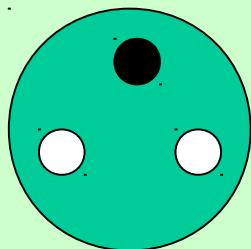
Практические способы выполнения зануления



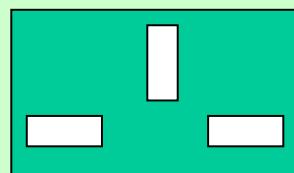
Rus



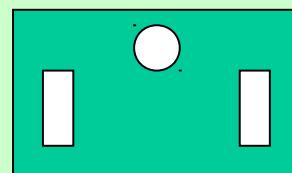
Fr



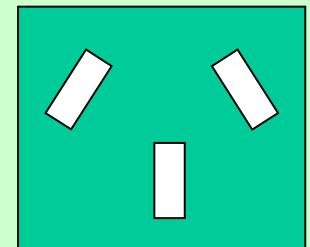
GB

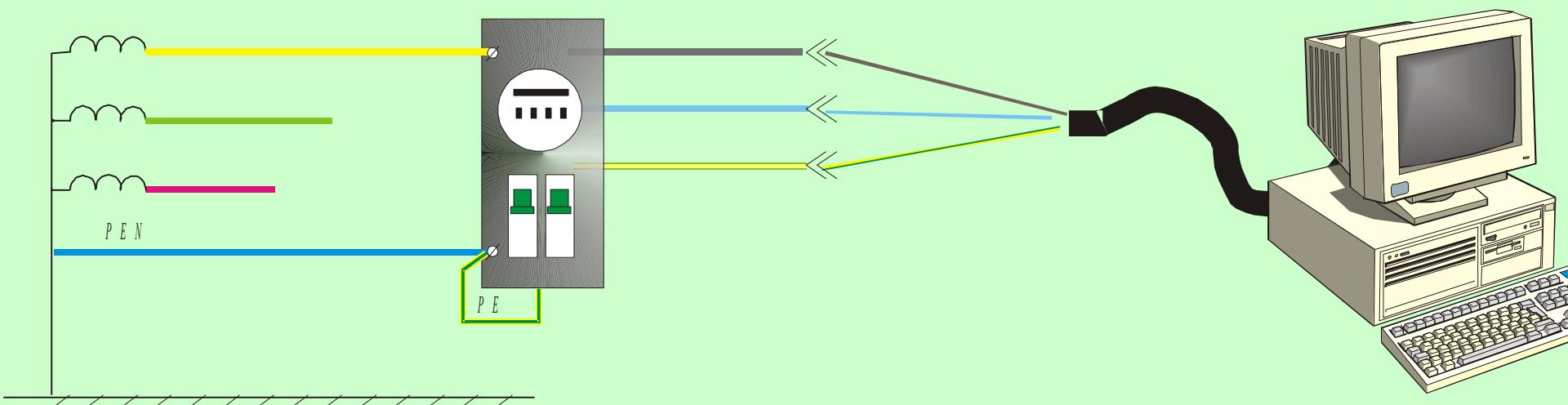
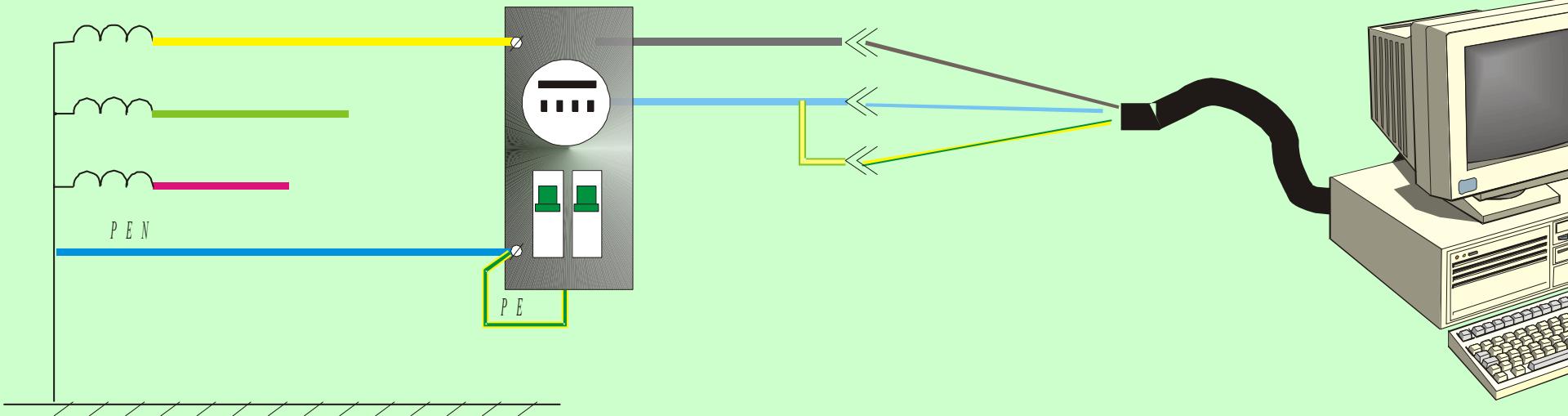


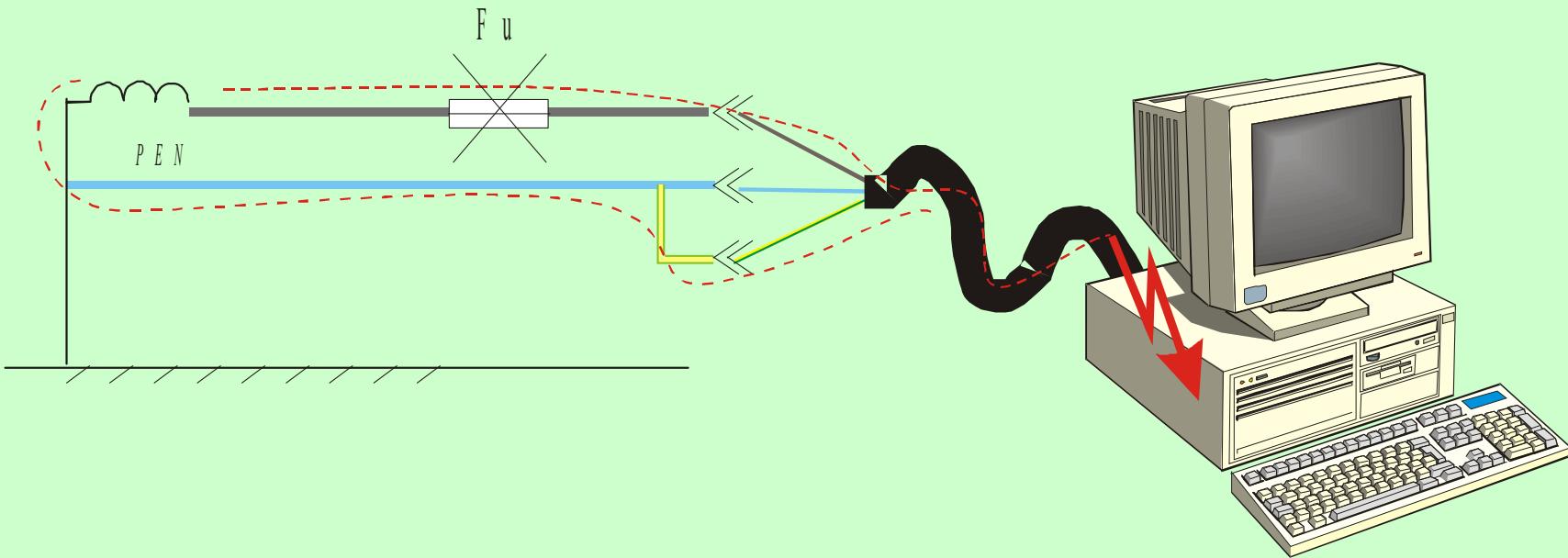
USA

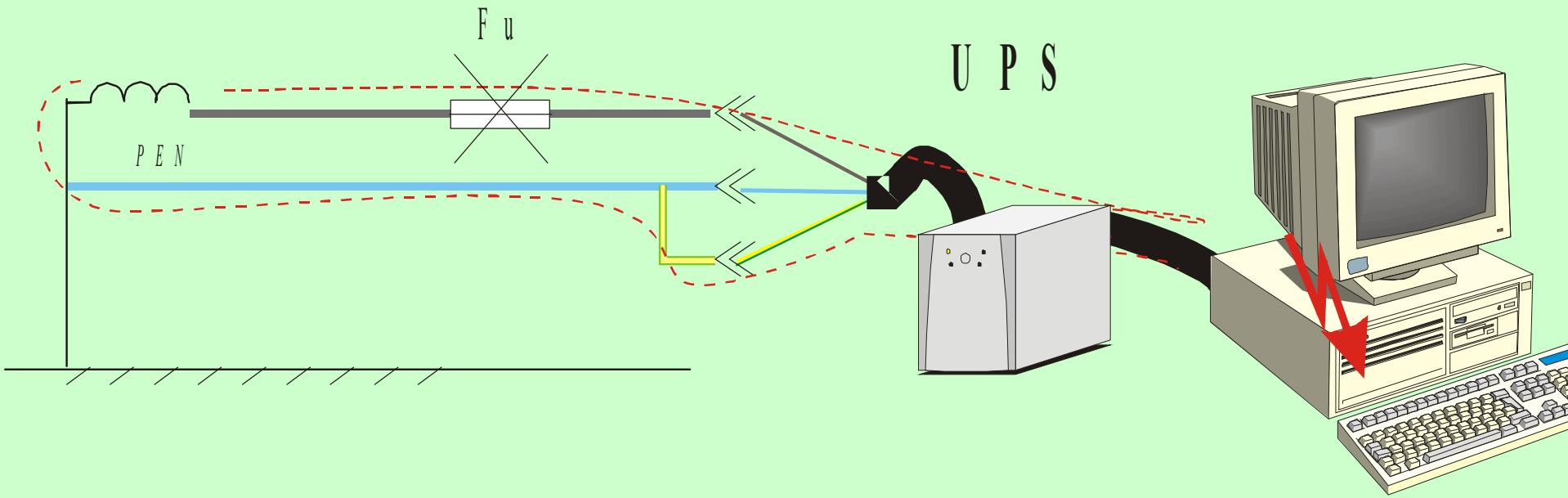


Aus

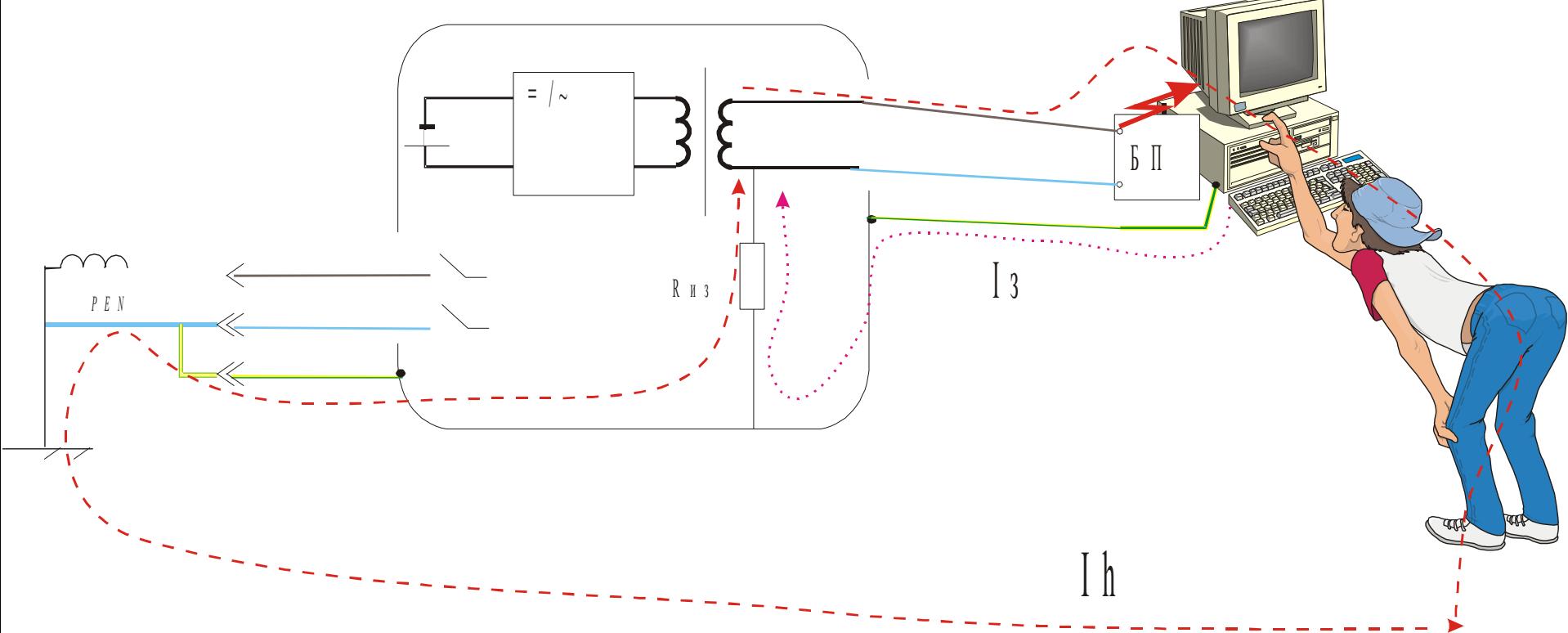




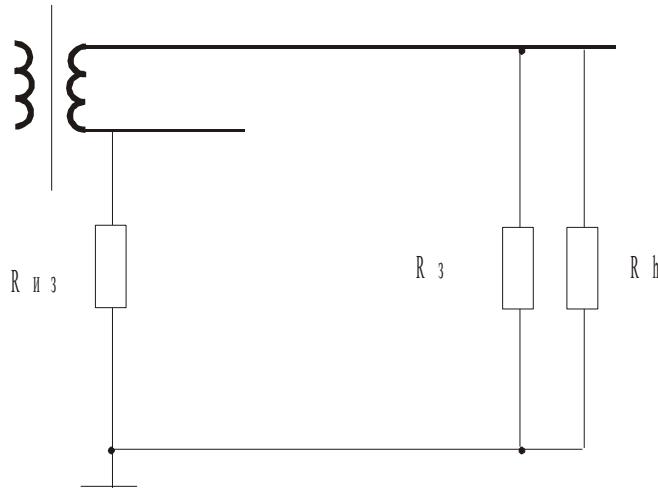


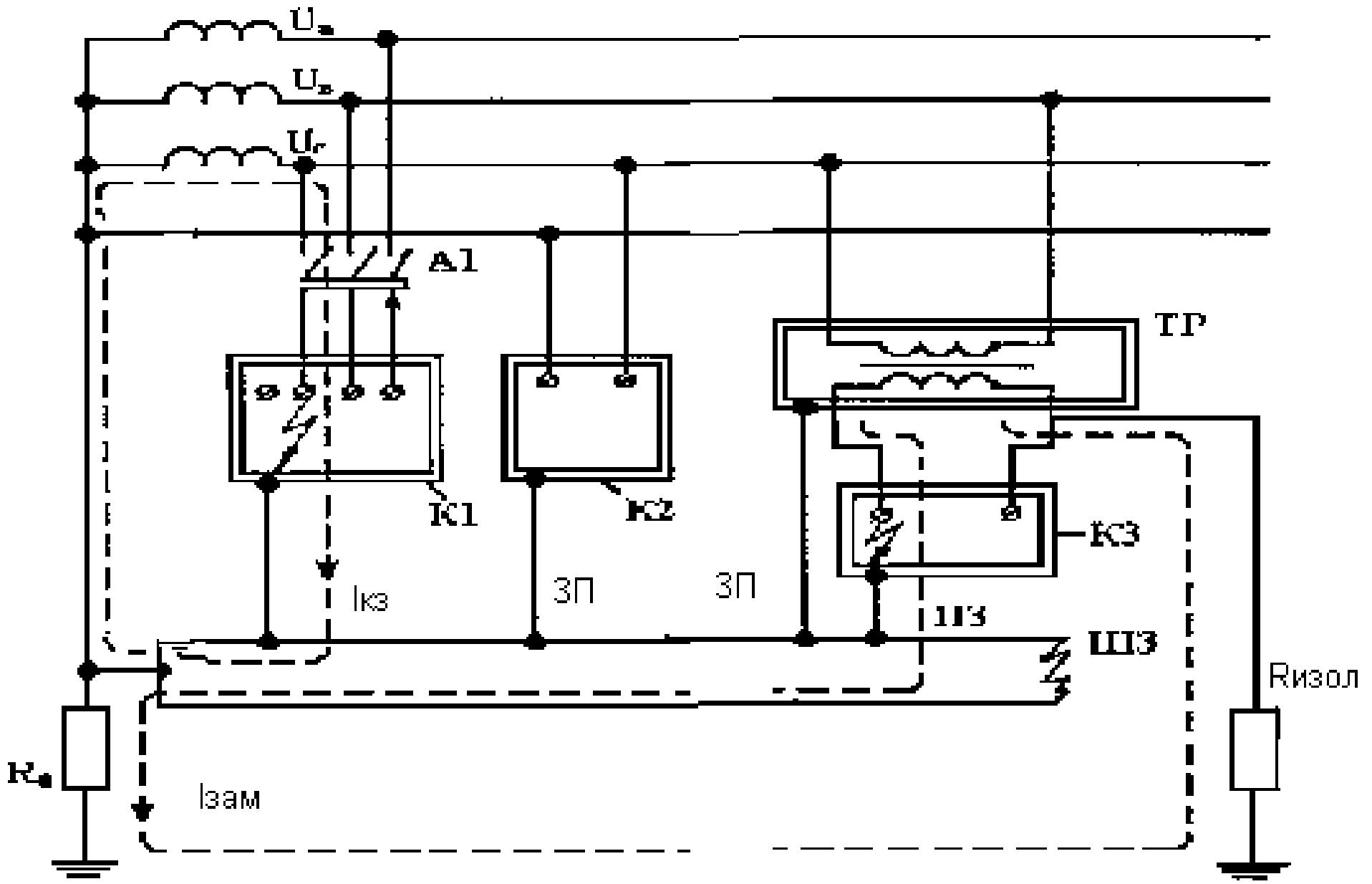


УПС



УПС





Международная классификация электрических сетей

(в соответствии с ГОСТ Р 50571-94)

I - isolato (изолированный);

T - terra (земля);

C - commune (общий);

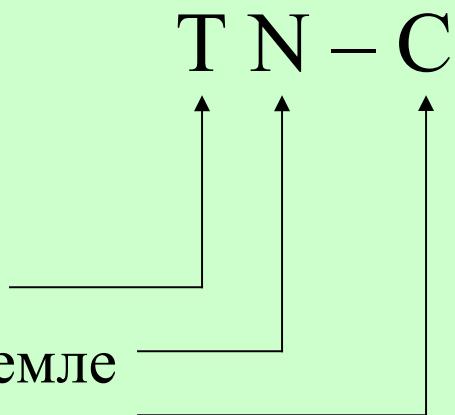
S - separate (раздельный);

N - neutral (нейтральный).

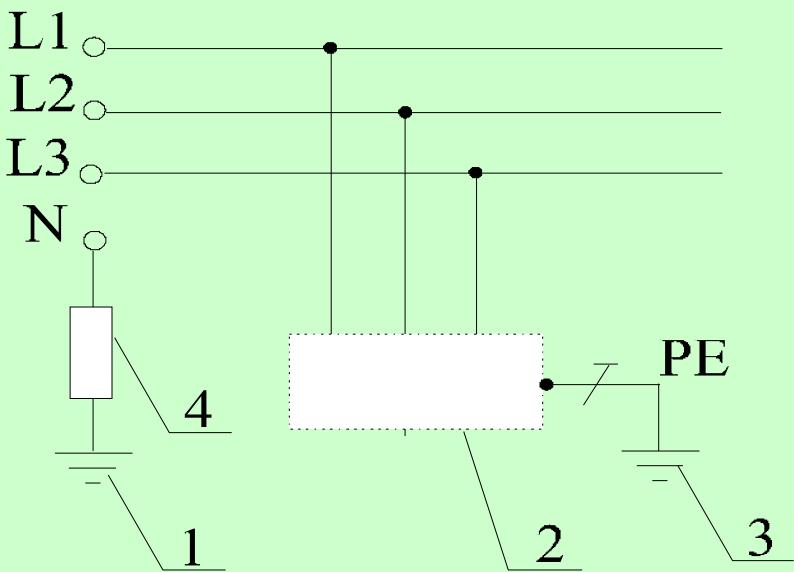
Отношение нейтрали к земле

Отношение корпуса приёмника к земле

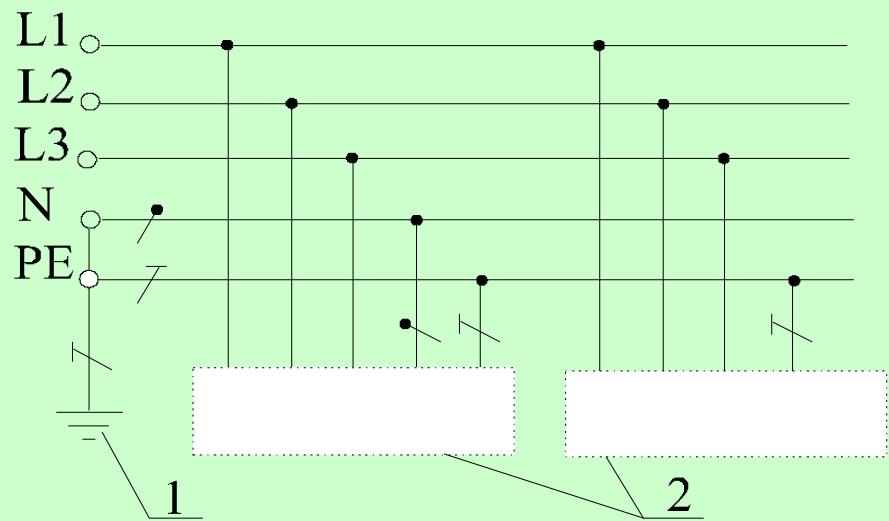
Выполнение защитного проводника



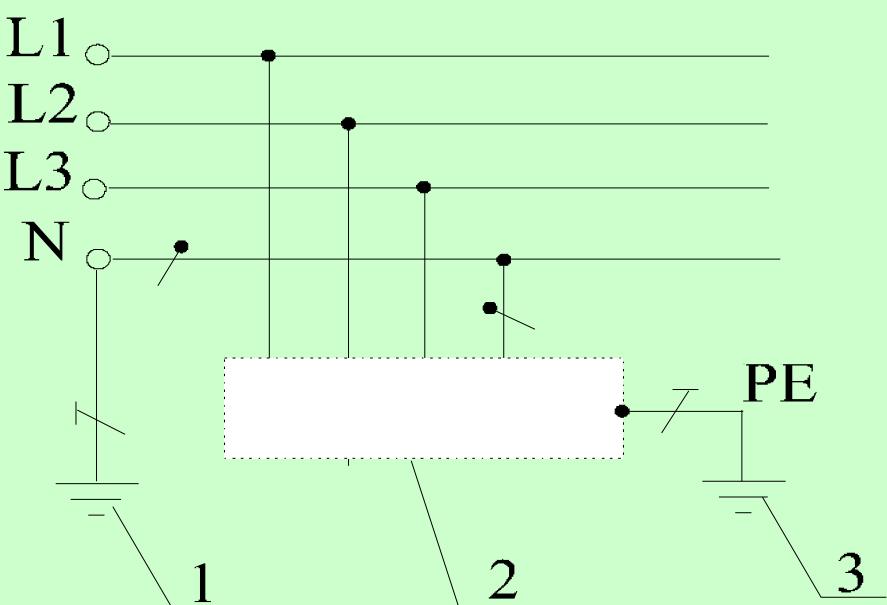
Система IT



Система TN-S

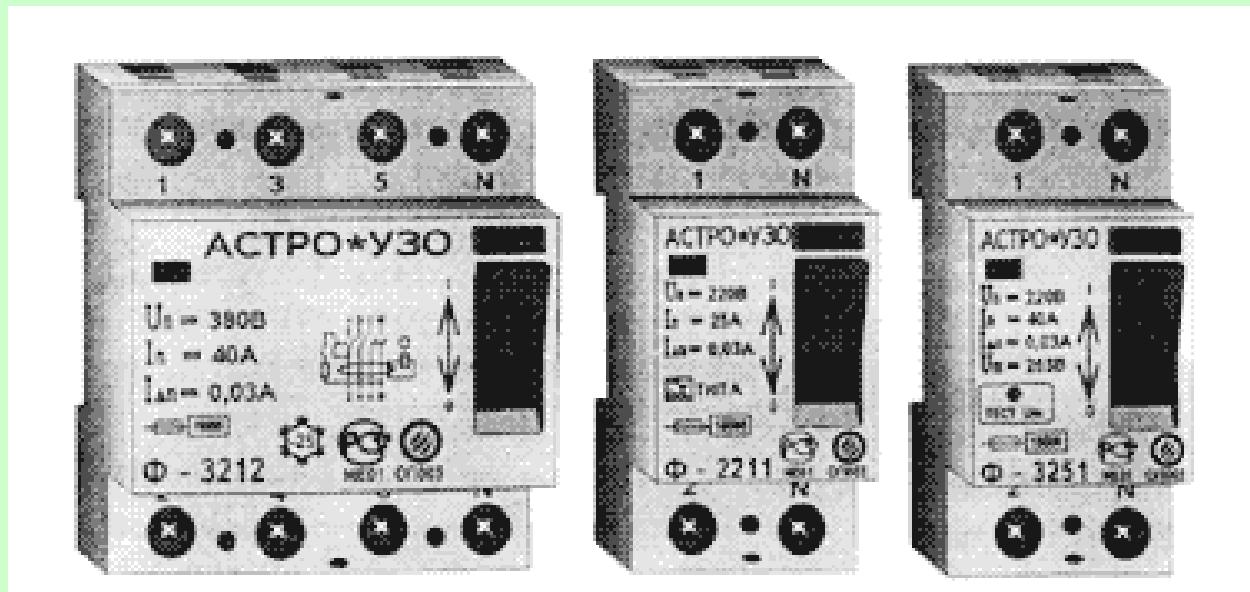


Система TT



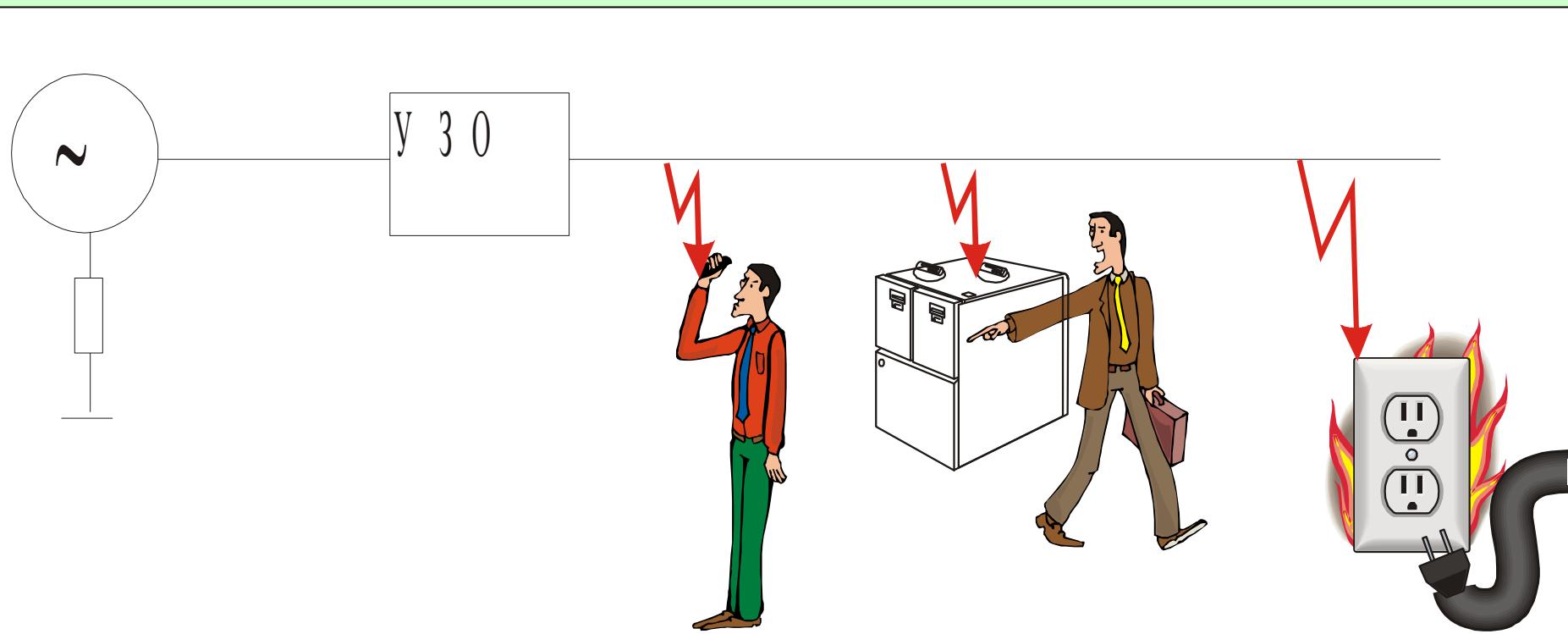
ЗАЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ

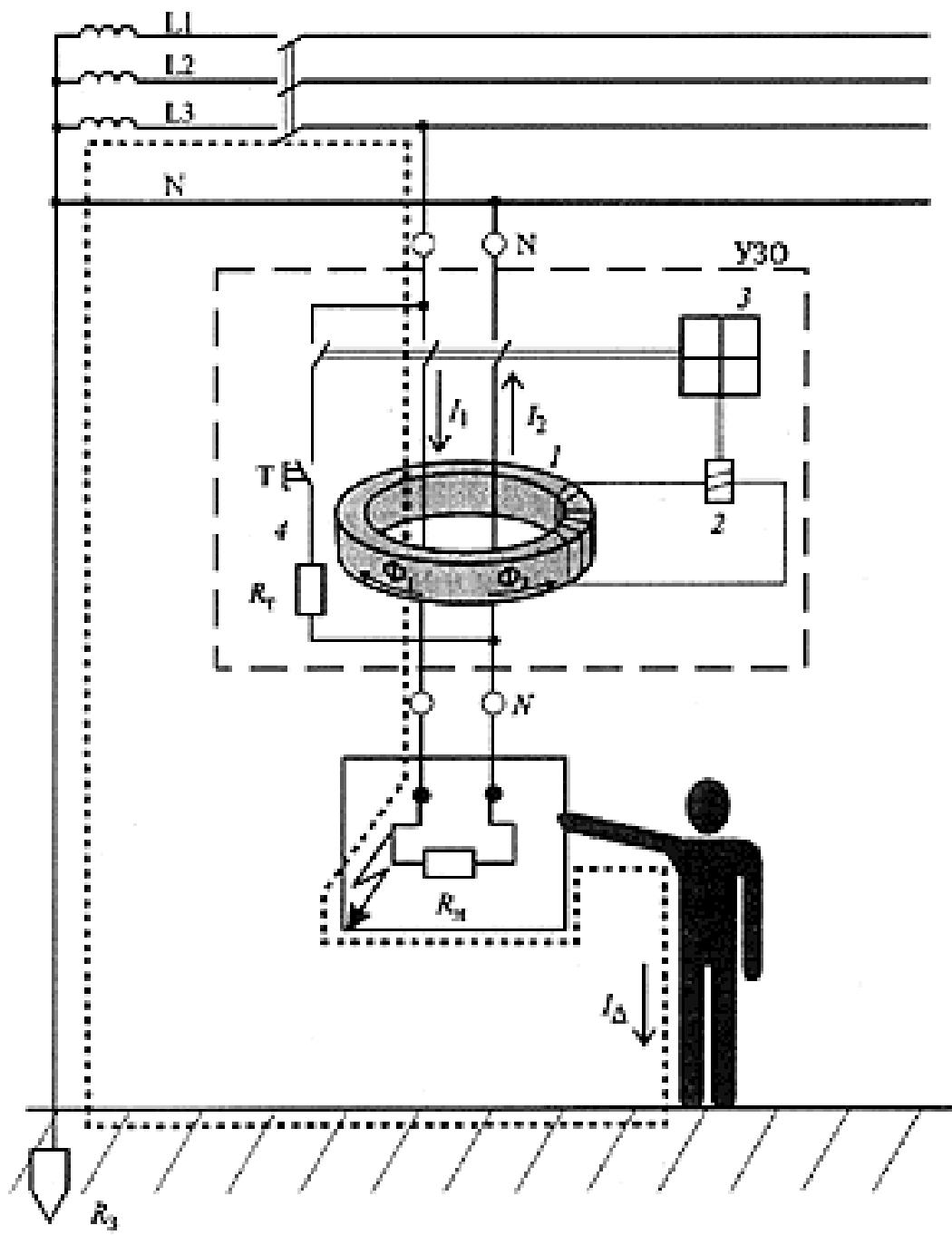
Устройства защитного отключения (УЗО) выявляют факт однофазного (однополюсного) прикосновения человека либо факт однофазного снижения сопротивления изоляции и снимают питание с защищаемого участка сети.



Особенности:

- Разнообразие защищаемых ситуаций
 - прямое и косвенное однофазное прикосновение,
 - пожарная опасность однофазных замыканий.
- Высокая чувствительность (способность выявить опасность на ранней стадии возникновения).
- Высокое быстродействие ($t_{\text{откл}} < t_{\text{h доп}}$)

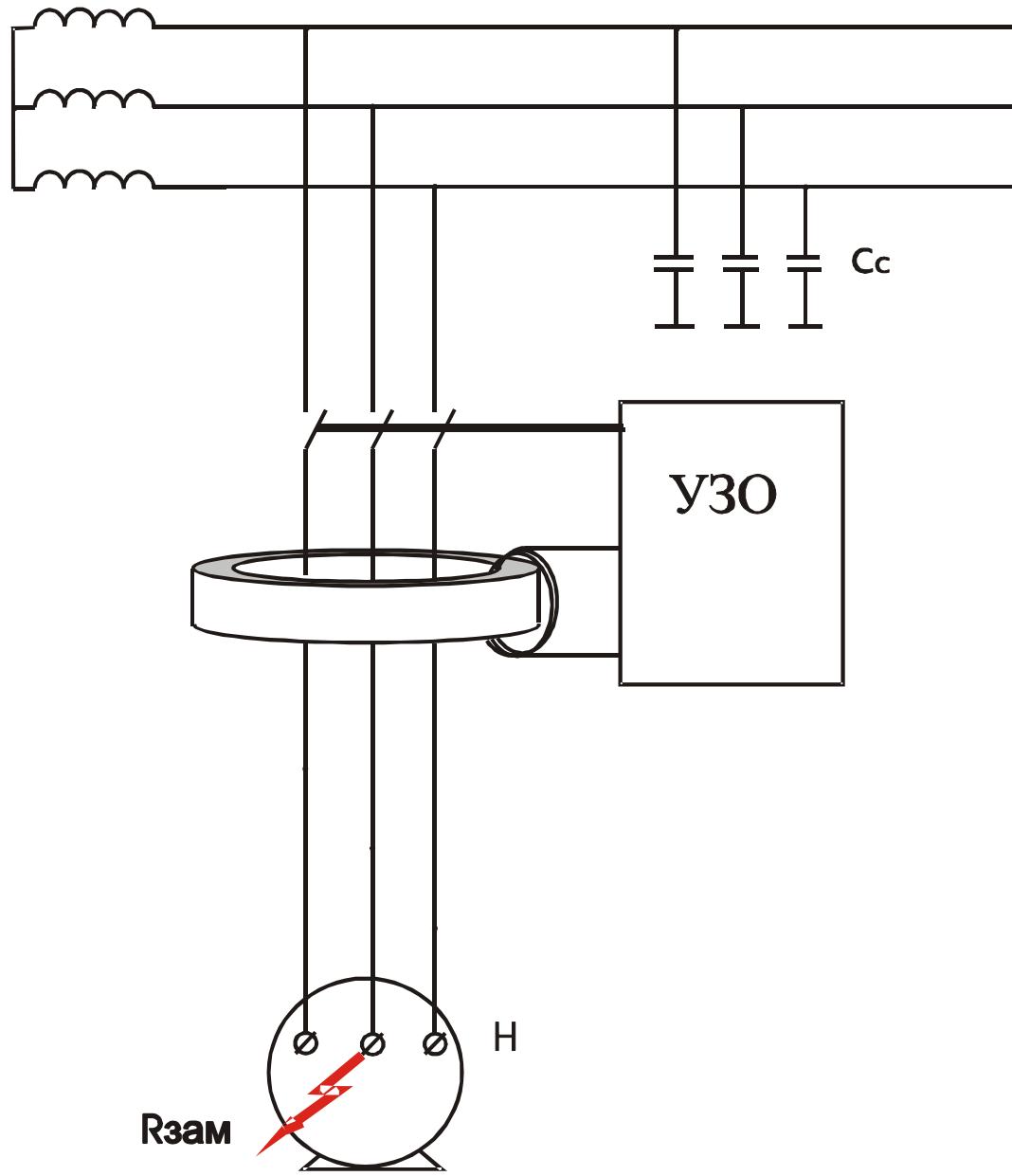




$$\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c + \dot{I}_N = 0$$

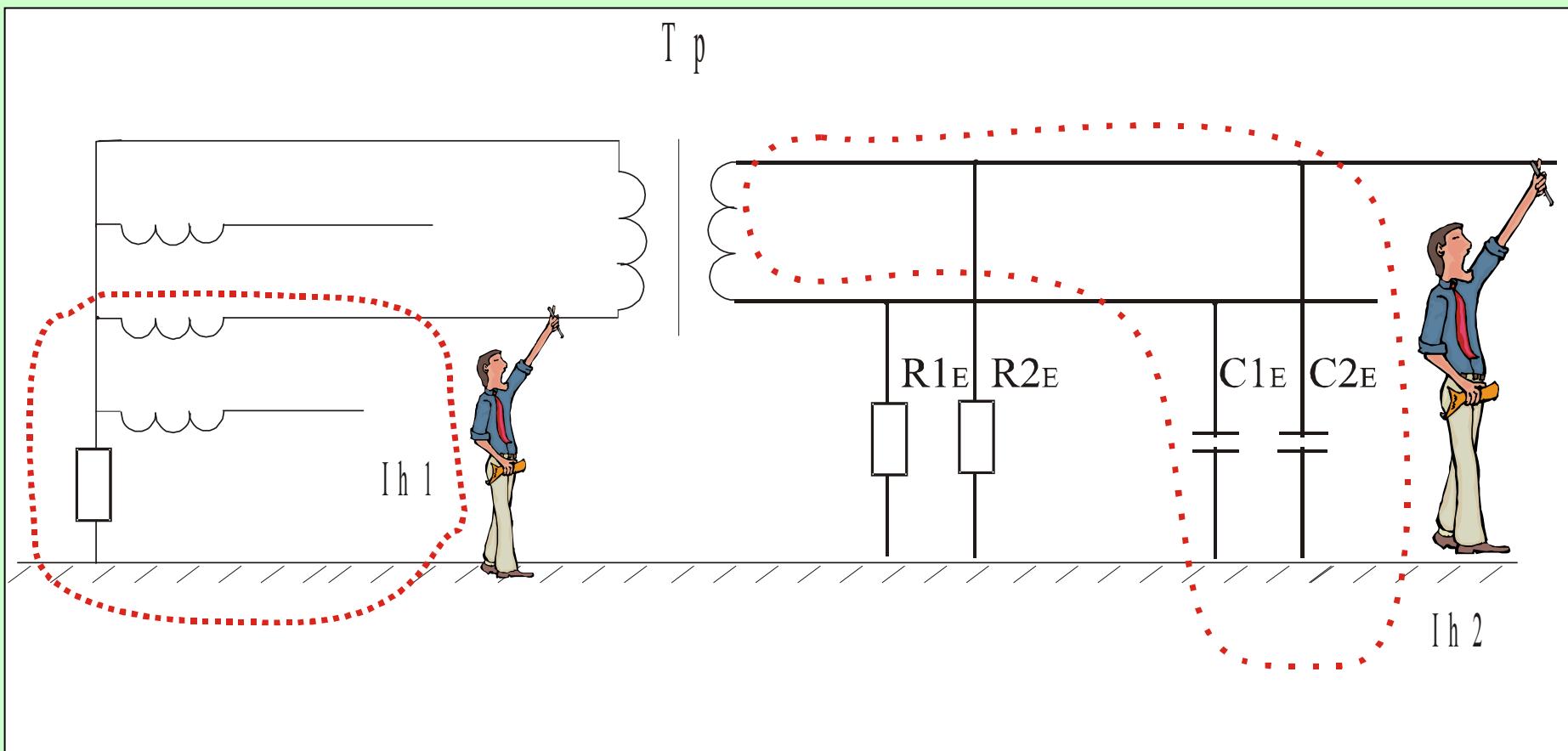


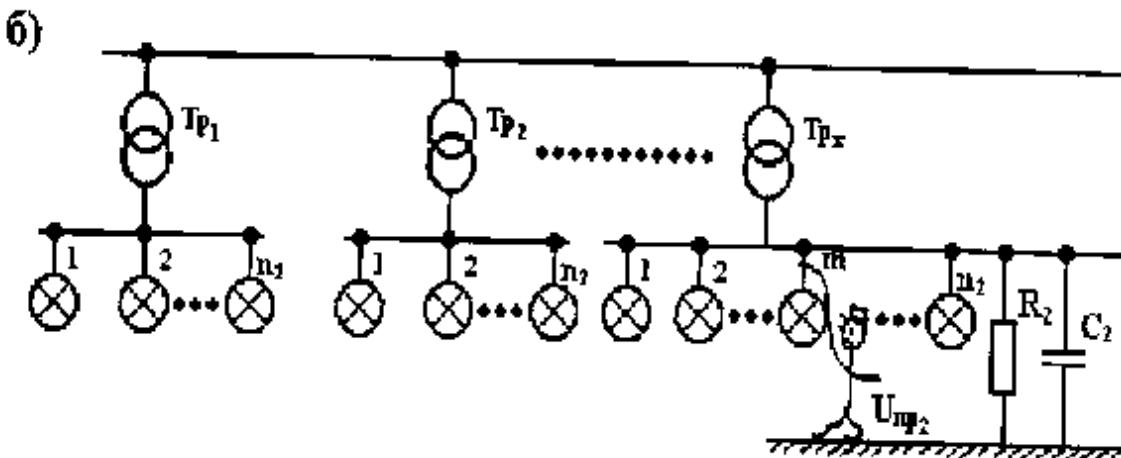
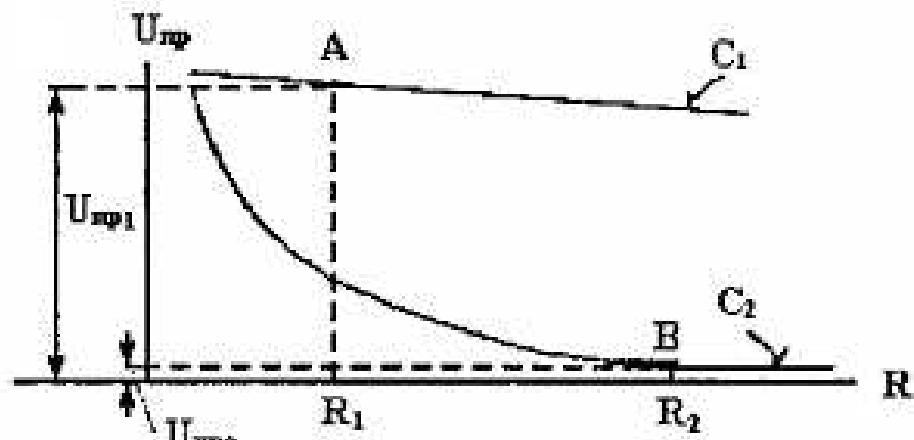
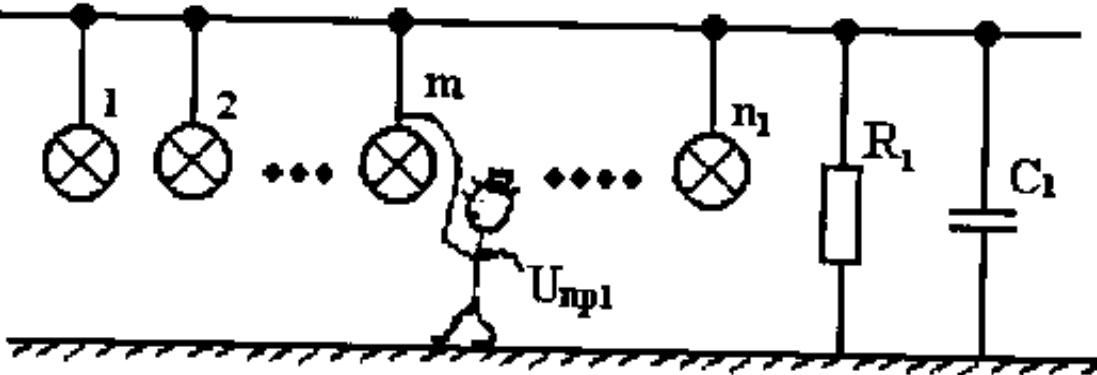
t



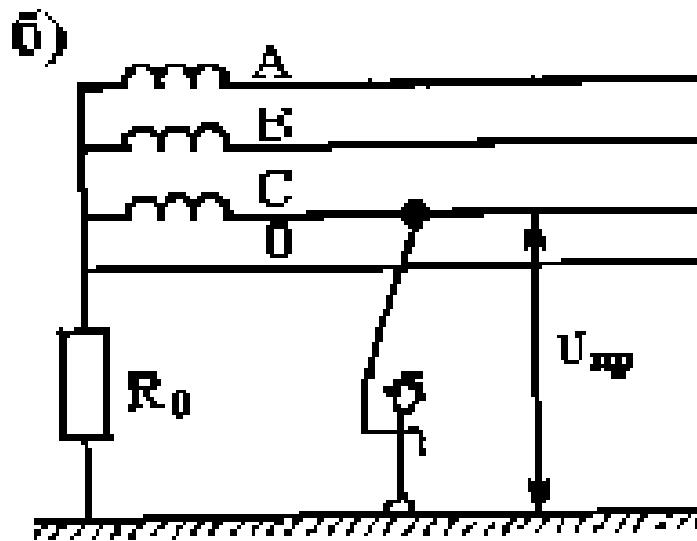
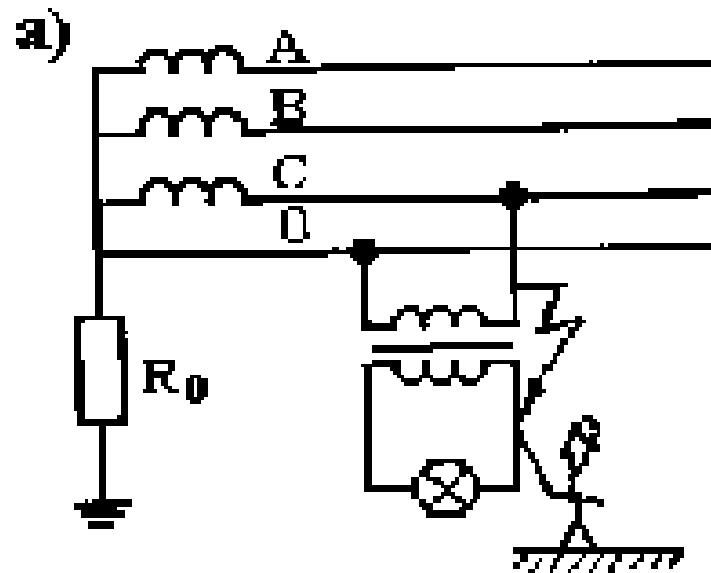
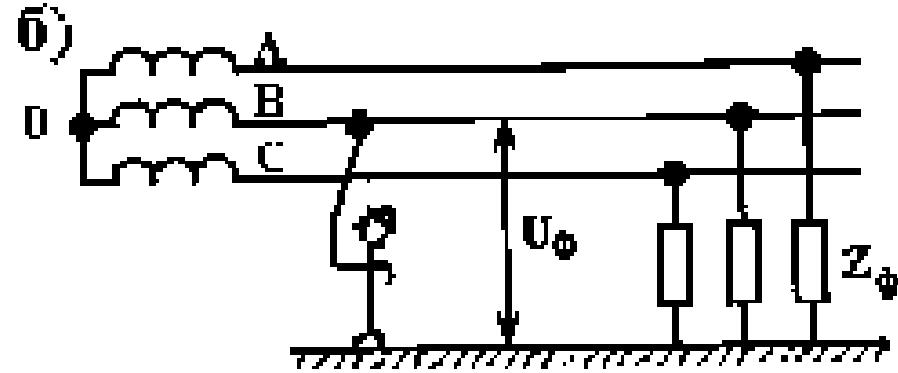
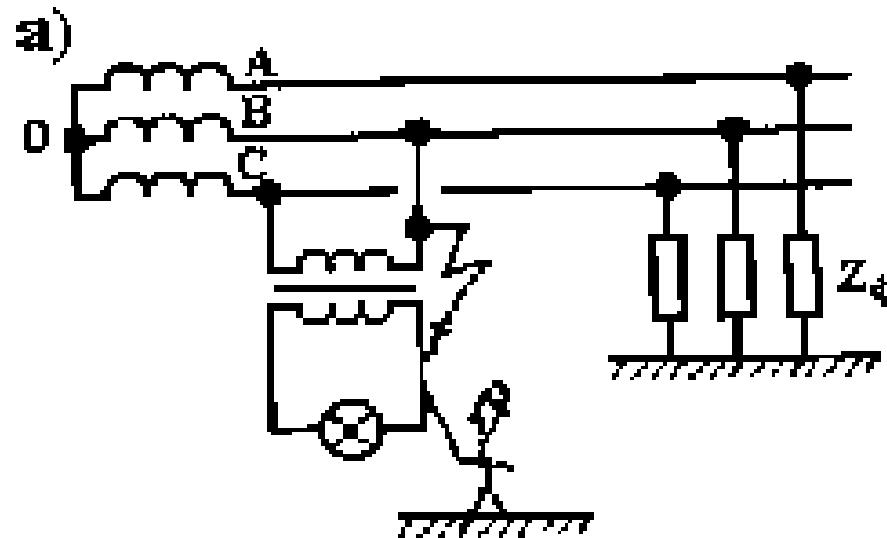
ЗАЩИТНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СЕТЕЙ

Разделительным называется трансформатор, предназначенный для отделения сети, питающей электроприемник, от первичной электрической сети, а также от сети заземления или зануления (ПУЭ, п.1.7.31).



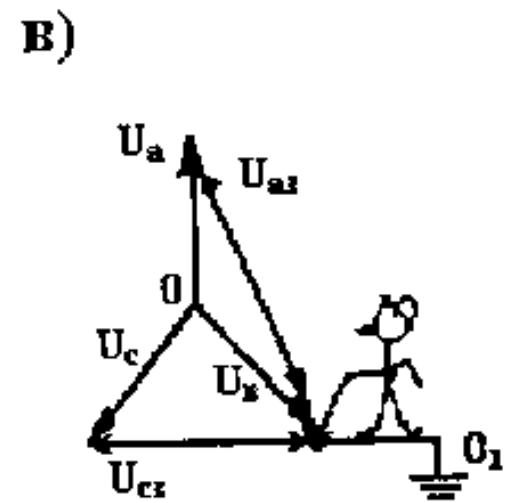
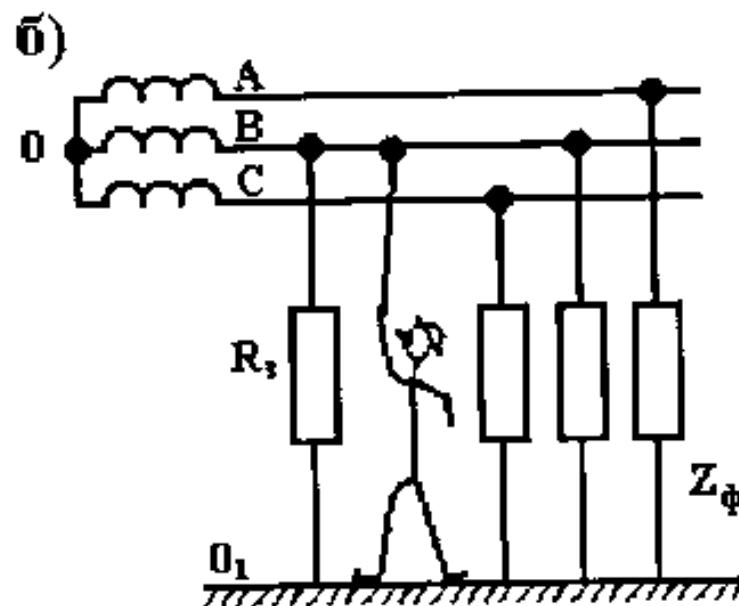
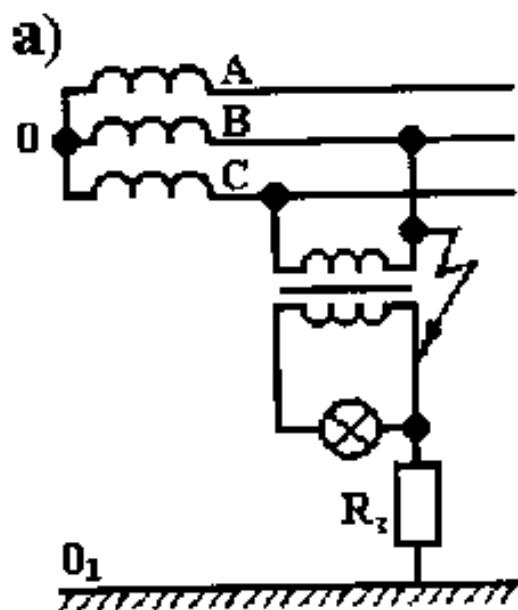


Захист від небезпеки переходу високого напруження на сторону нижчого



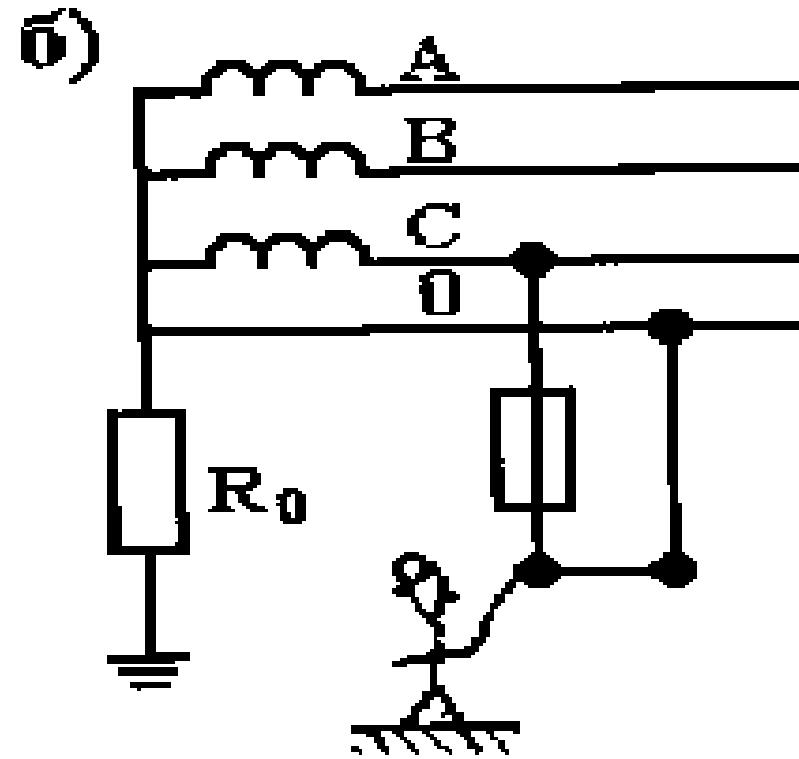
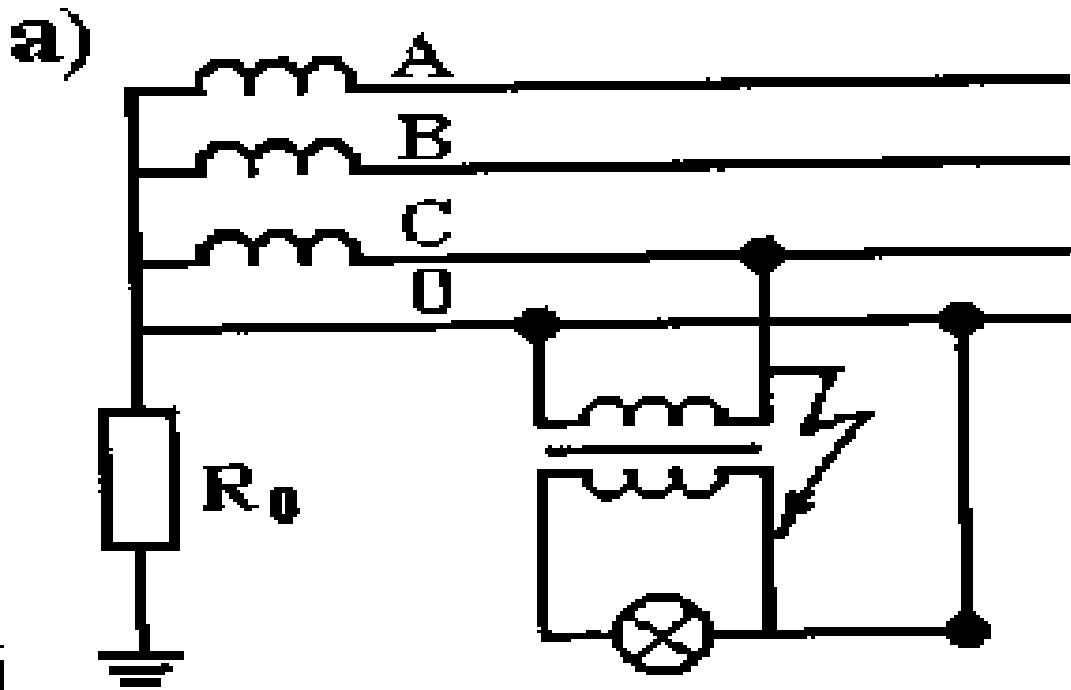
Защита в сетях с изолированной нейтралью

- осуществляется путем заземления одного полюса вторичной обмотки трансформатора



Защита в сетях с глухим заземлением нейтрали

- путем зануления одного полюса вторичной обмотки понижающего трансформатора



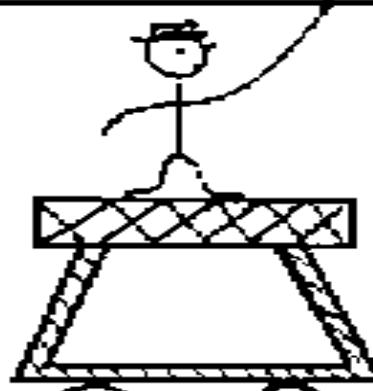
УРАВНИВАНИЕ и ВЫРАВНИВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ

Уравнивание потенциалов - электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.

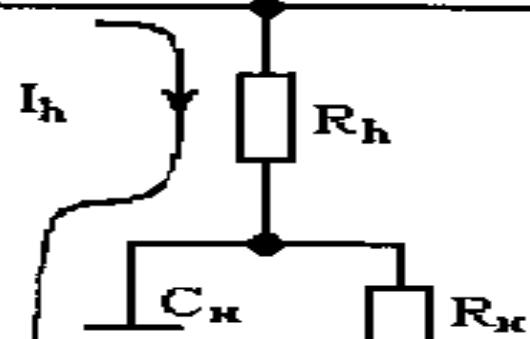
Выравнивание потенциалов - снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли.

$$\Phi = 3 \text{ mB}$$

a)

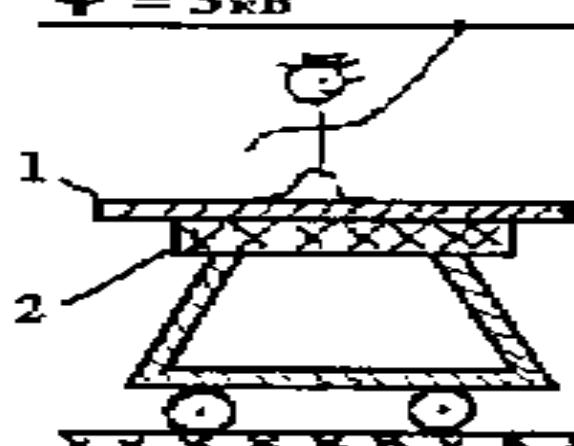


c)

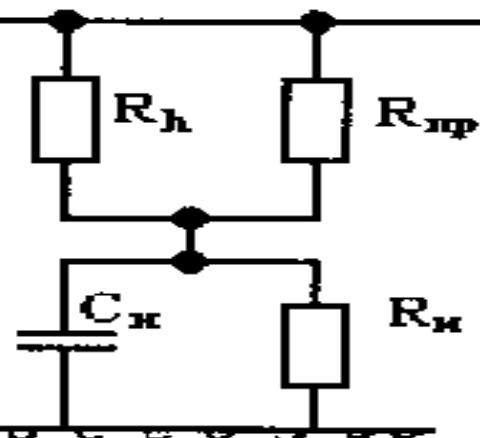


$$\Phi = 3 \text{ mB}$$

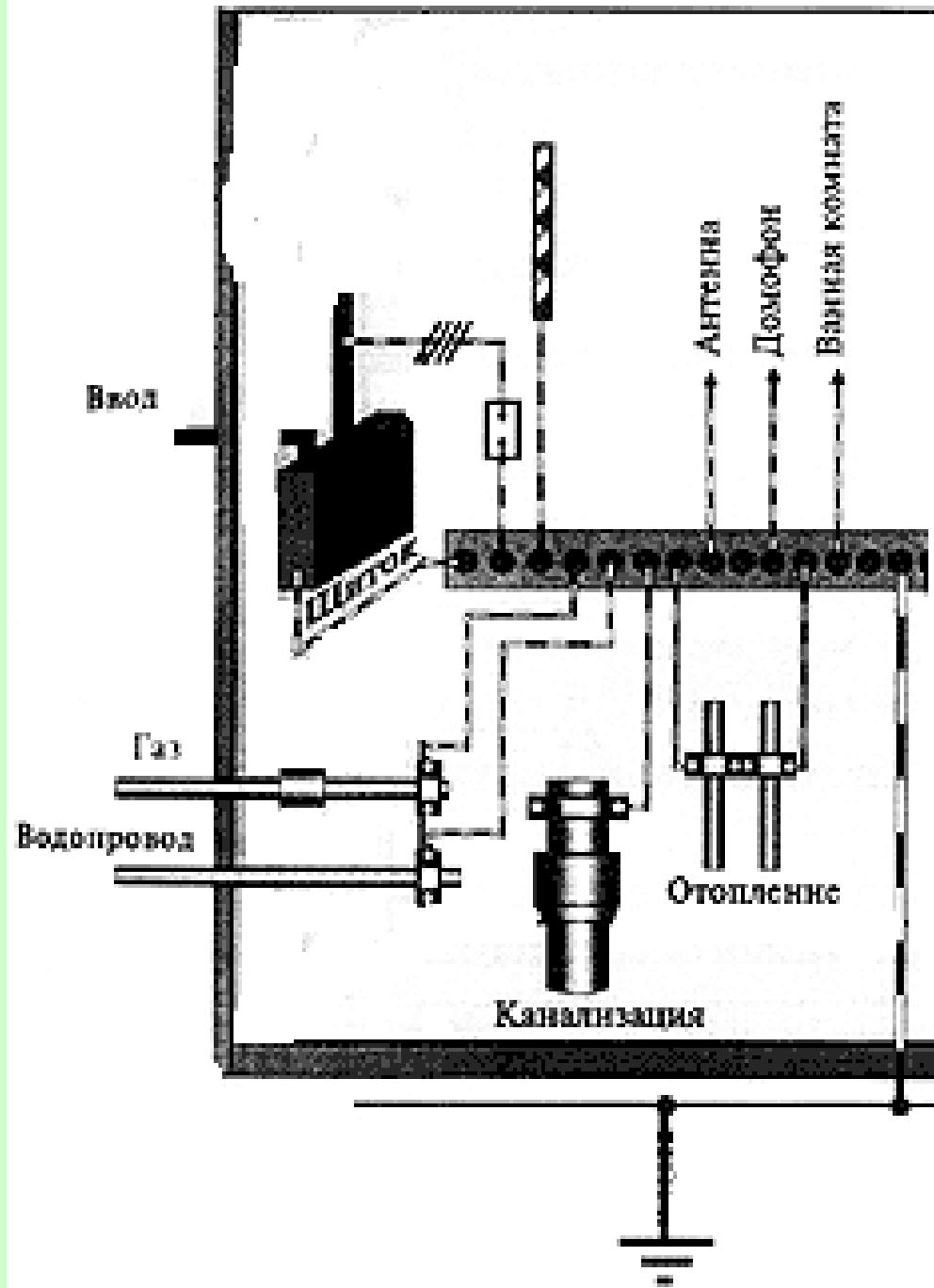
d)

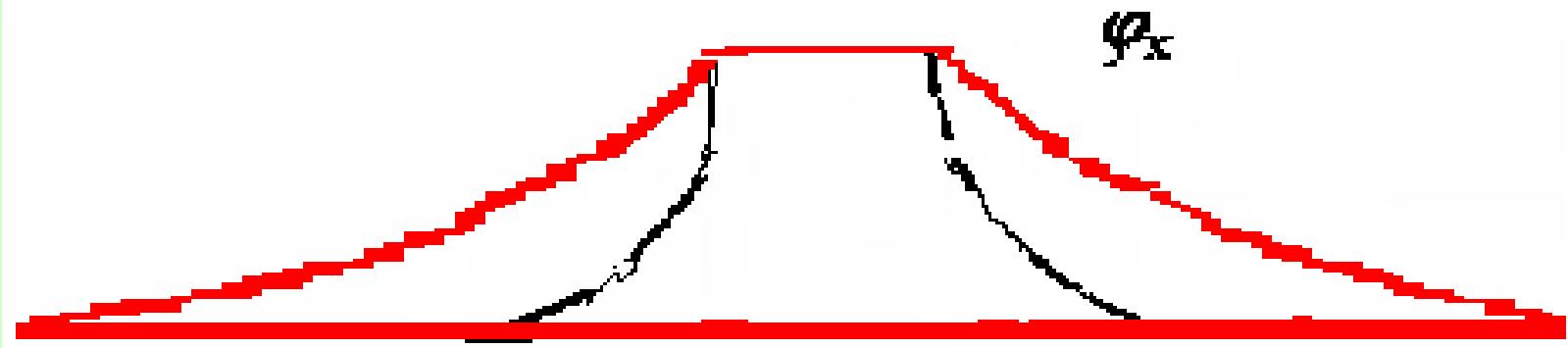
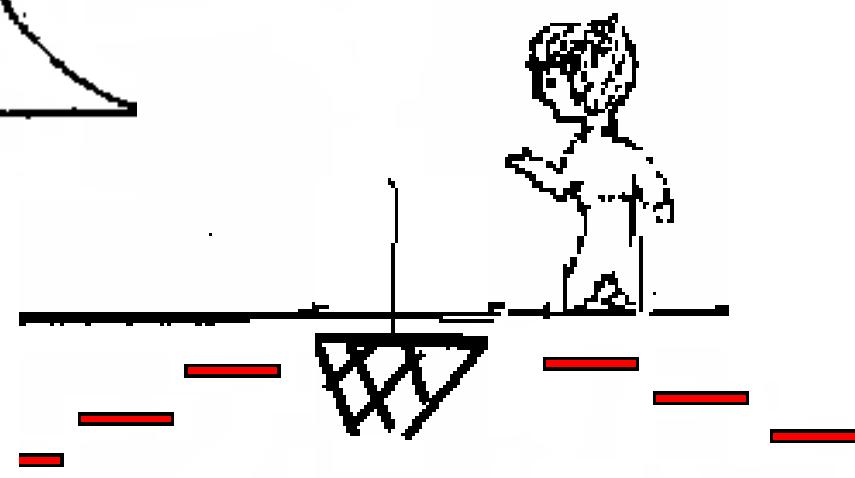
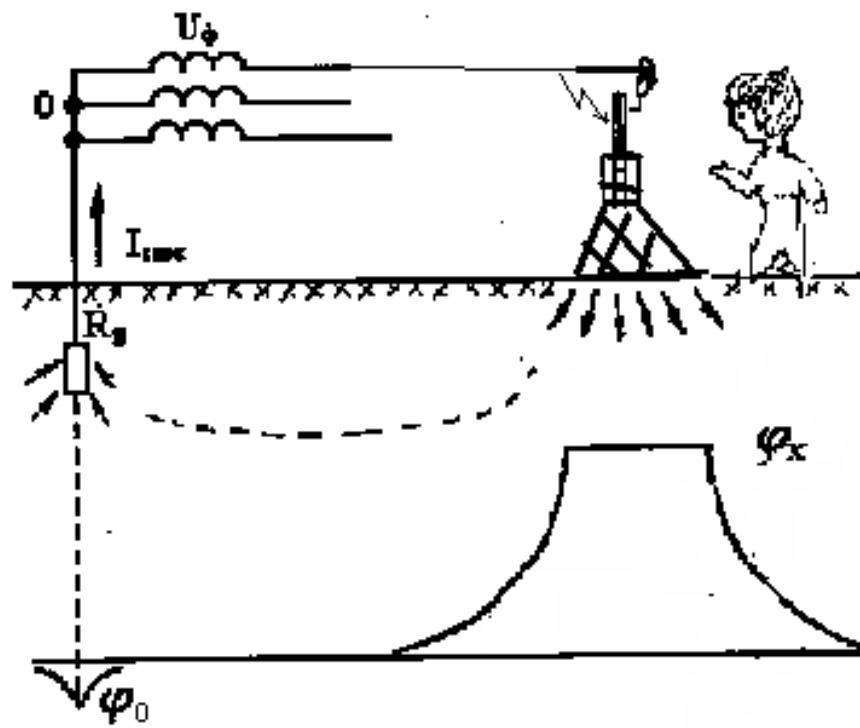


d)



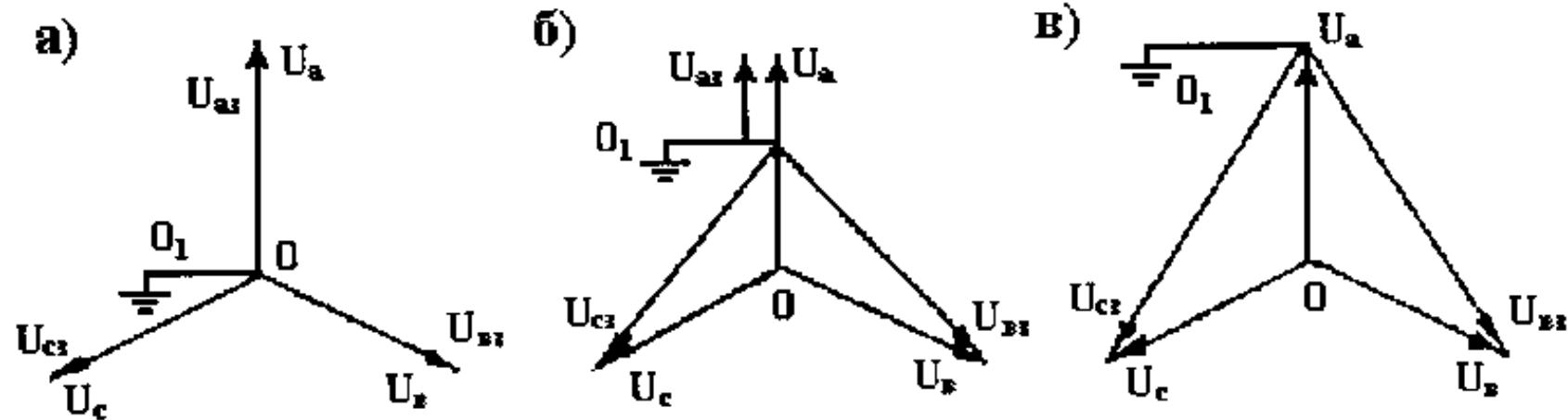
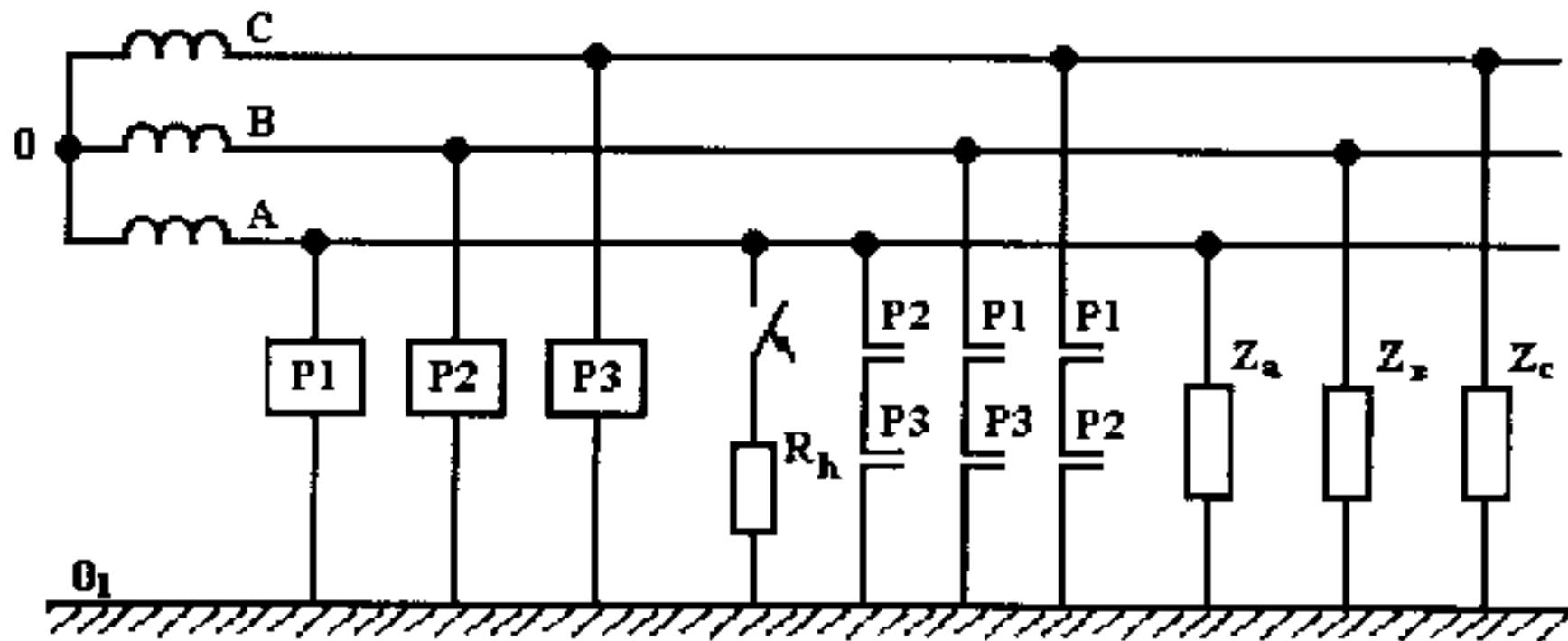
Правила выполнения
системы уравнивания
потенциалов определены
стандартом МЭК 364-4-41 и
пп. 7.1.87 и 7.1.88 ПУЭ





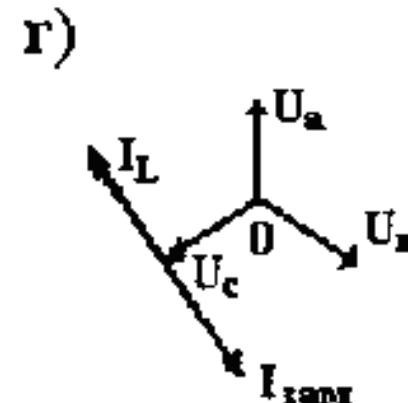
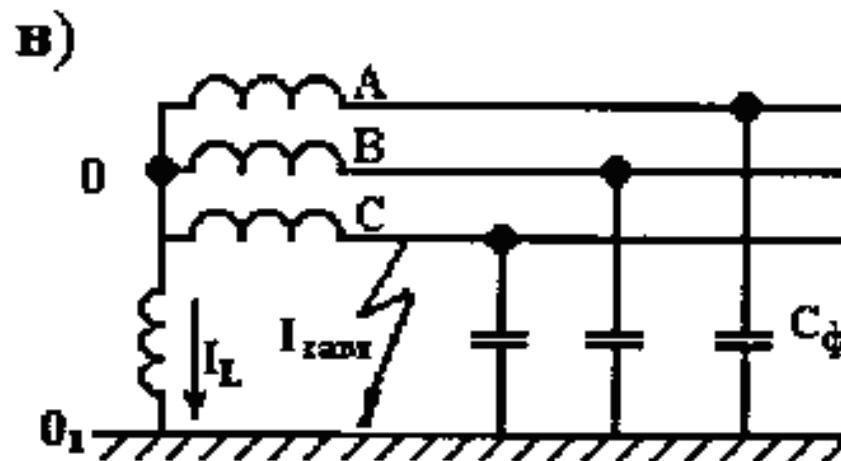
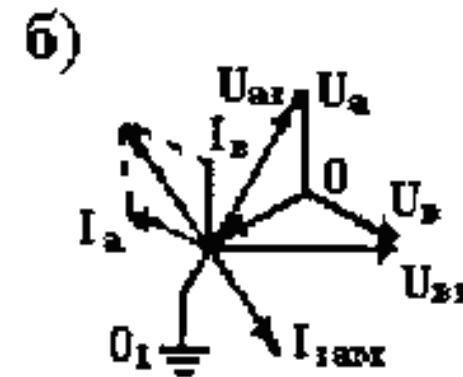
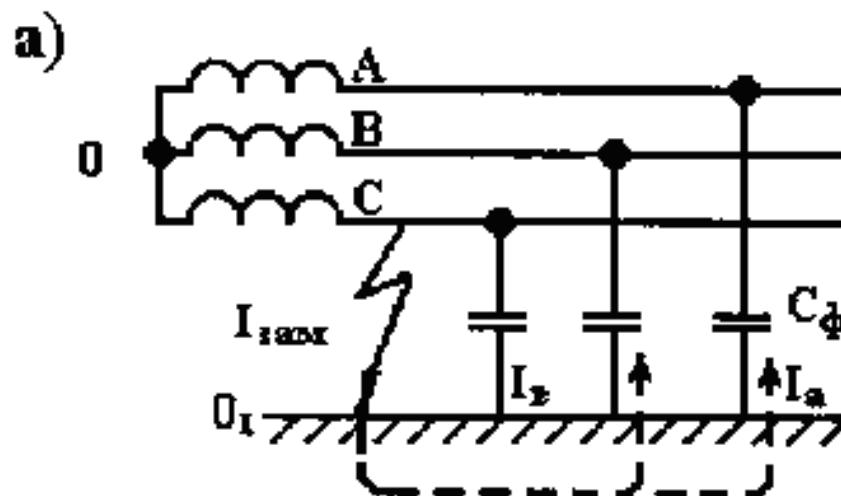
ЗАЩИТНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ (ЗАМЫКАНИЕ)

- Защита от прямого и косвенного однофазного прикосновения
- Без снятия напряжения с приемников электроэнергии
- Применяют в сетях, изолированных от земли



КОМПЕНСАЦИЯ ЕМКОСТНЫХ ТОКОВ

В сетях переменного тока с изолированной нейтралью при значительной емкости фаз относительно земли.

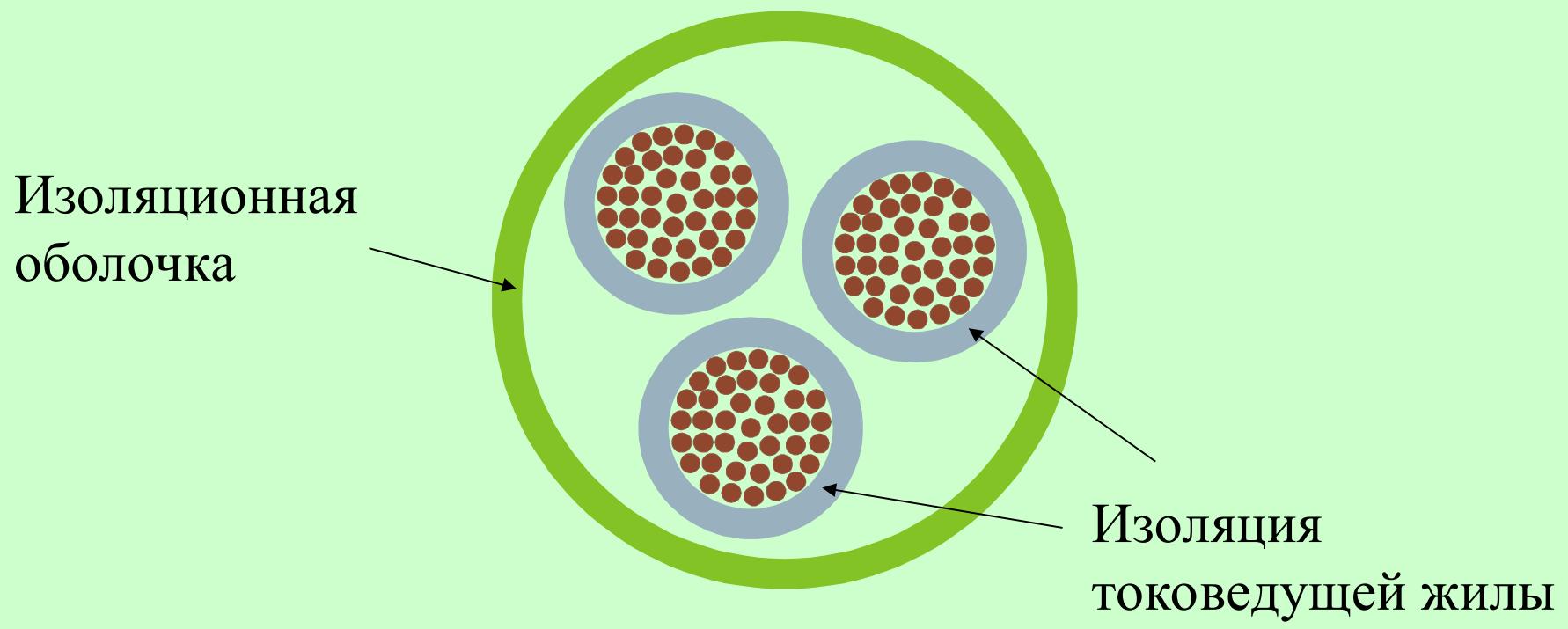


Условие полной компенсации

$$X_L = X_C \quad \omega L = \frac{1}{3\omega C_\phi}$$

ДВОЙНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

-совокупность рабочей и дополнительной изоляции, при которой доступные прикосновению части не приобретают опасного потенциала при повреждении только рабочей или только дополнительной изоляции.



КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПО СПОСОБУ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ по ГОСТ Р МЭК 536-94.

Класс 0 - защита обеспечивается основной изоляцией.

(отсутствует электрическое соединение открытых проводящих частей, если таковые имеются, с защитным проводником) .

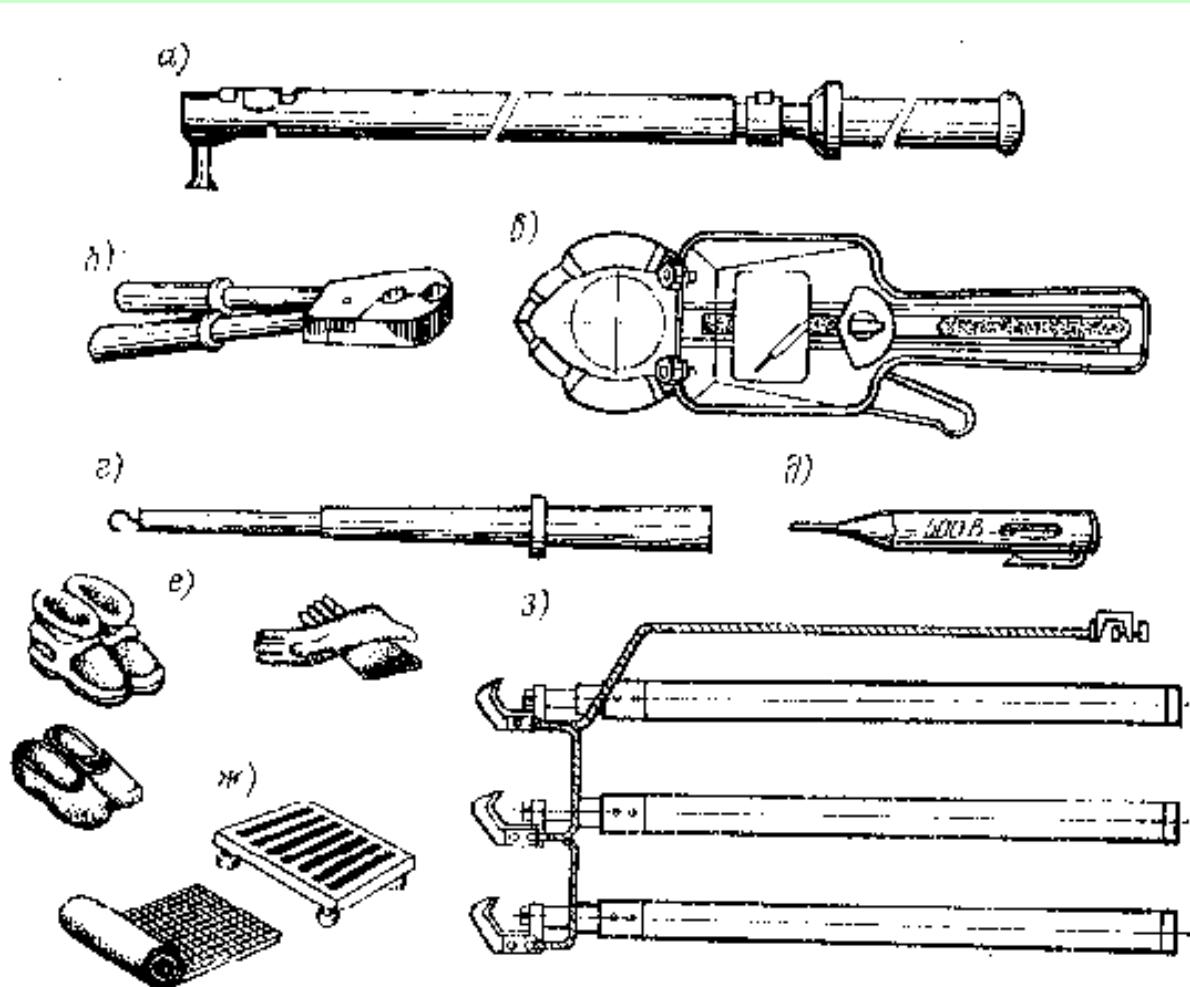
Класс I - защита обеспечивается основной изоляцией и соединением открытых проводящих частей, доступных прикосновению, с защитным проводником стационарной проводки.

Класс II - защита обеспечивается применением двойной или усиленной изоляции (отсутствуют средства защитного заземления).

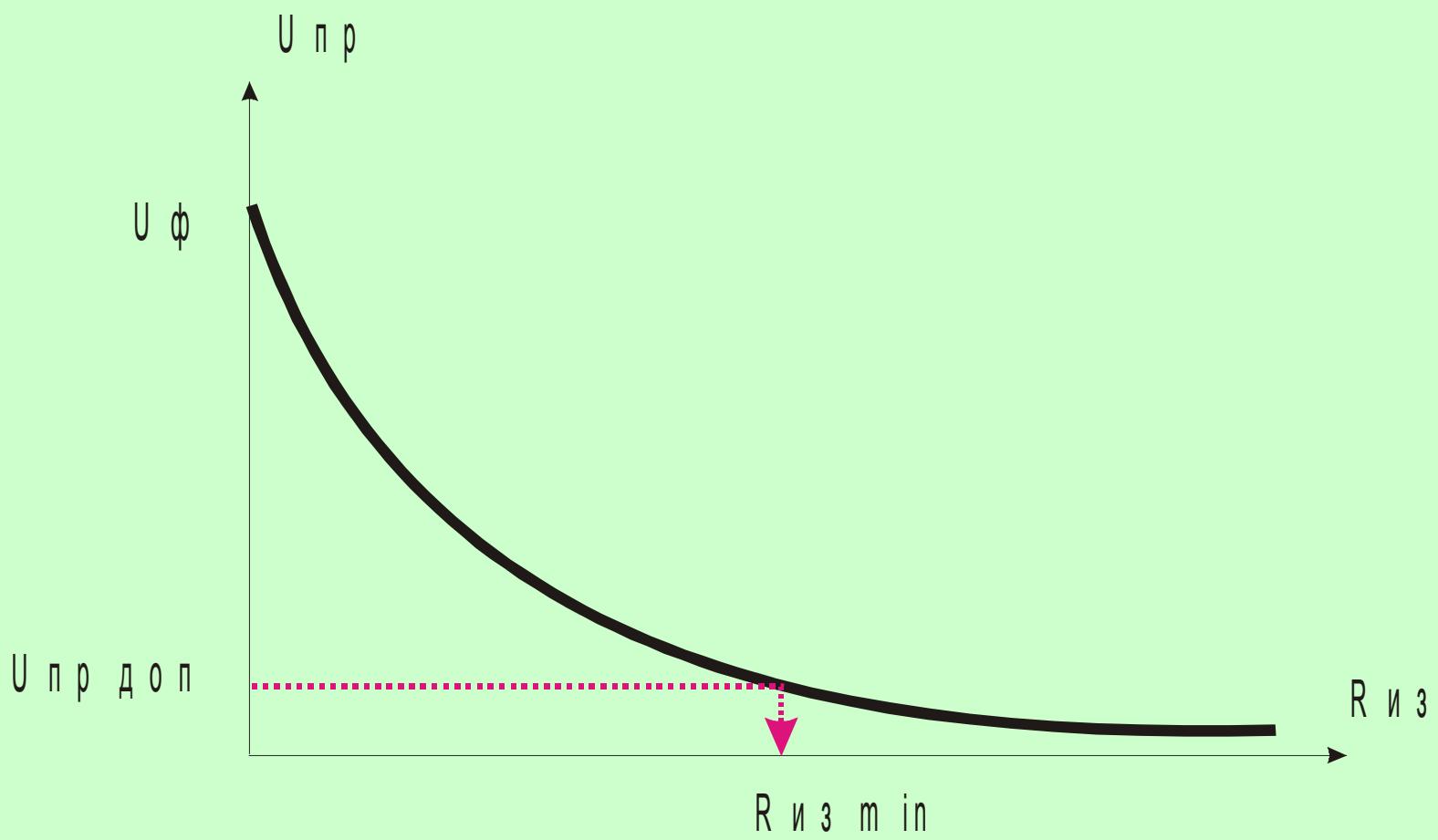
Класс III - защита основана на питании от источника безопасного сверхнизкого напряжения
(не возникают напряжения выше безопасного сверхнизкого напряжения).

Электрозащитные средства

- **основные** (позволяют работать на токоведущих частях)
- **дополнительные** (усиливают действие основных).



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



$U_{\text{раб}} < 1000 \text{ В}$

$U_{\text{пр доп}} < 2 \text{ В}$

$R_{\text{из min}} > 500 \text{ кОм}$

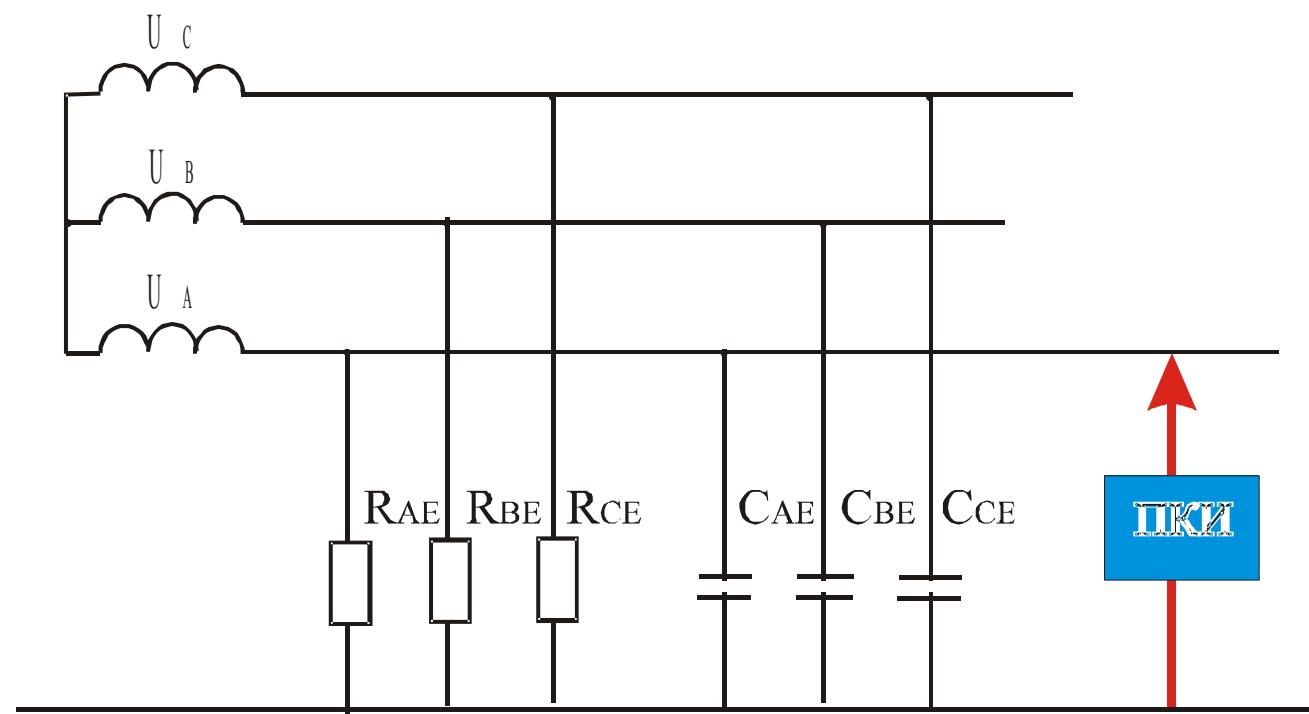
КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ

-профилактическое мероприятие, направленное на выявление неисправностей электрической изоляции, влияющих на:

- Электробезопасность
- Пожаробезопасность электроустановок
- Надежность функционирования электроустановок

Общие требования к приборам контроля изоляции:

- испытательное напряжение \approx рабочему напряжению электроустановки
- учет только активной составляющей Z изоляции (отстройка от C)
- безопасность контроля (малые измерительные токи)



Классификация приборов контроля изоляции по потребительским свойствам:

Контроль обесточенных
электроустановок

и/или

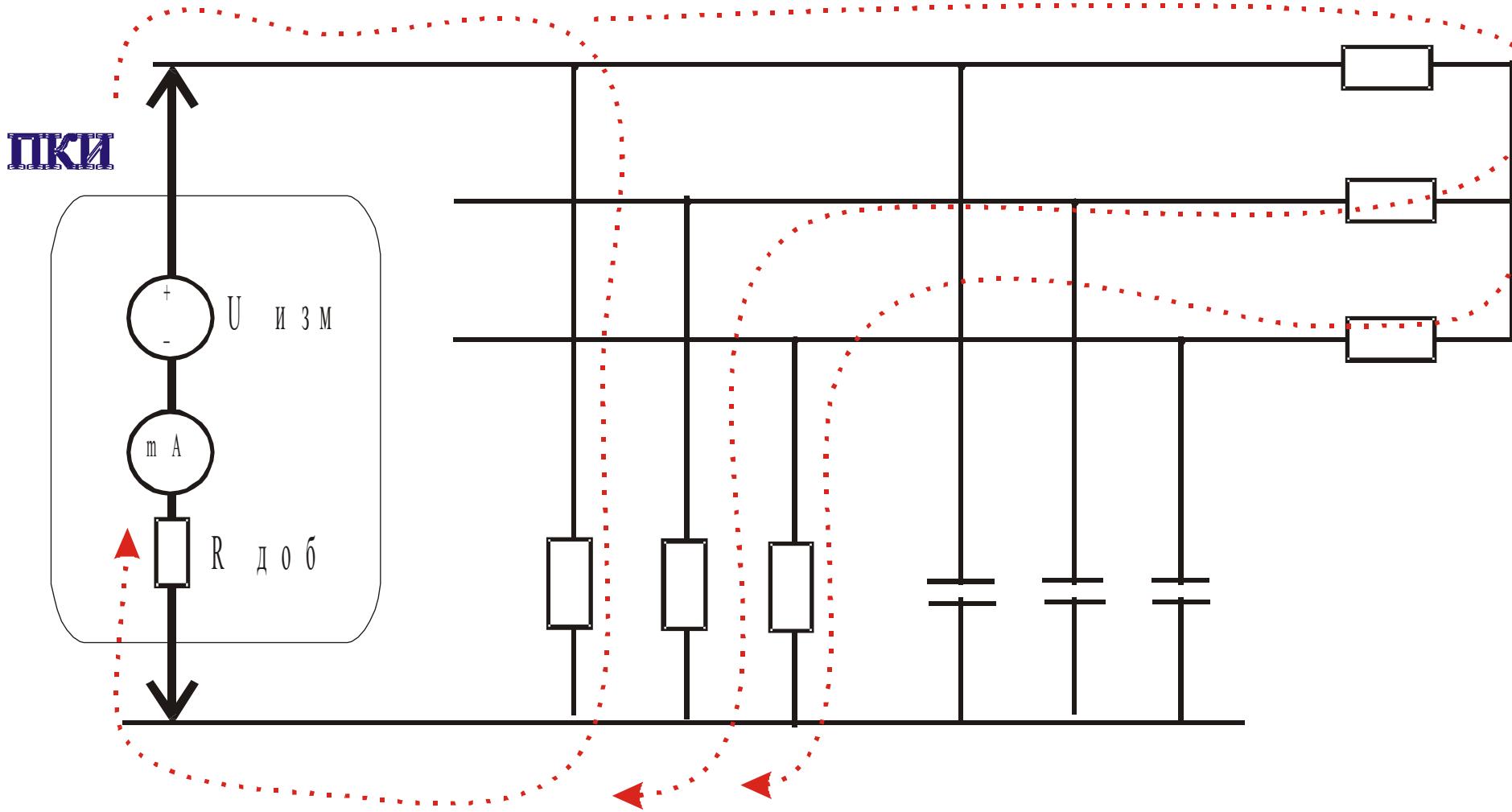
Контроль под рабочим
напряжением

Непрерывный контроль и/или Периодический контроль

Измерение

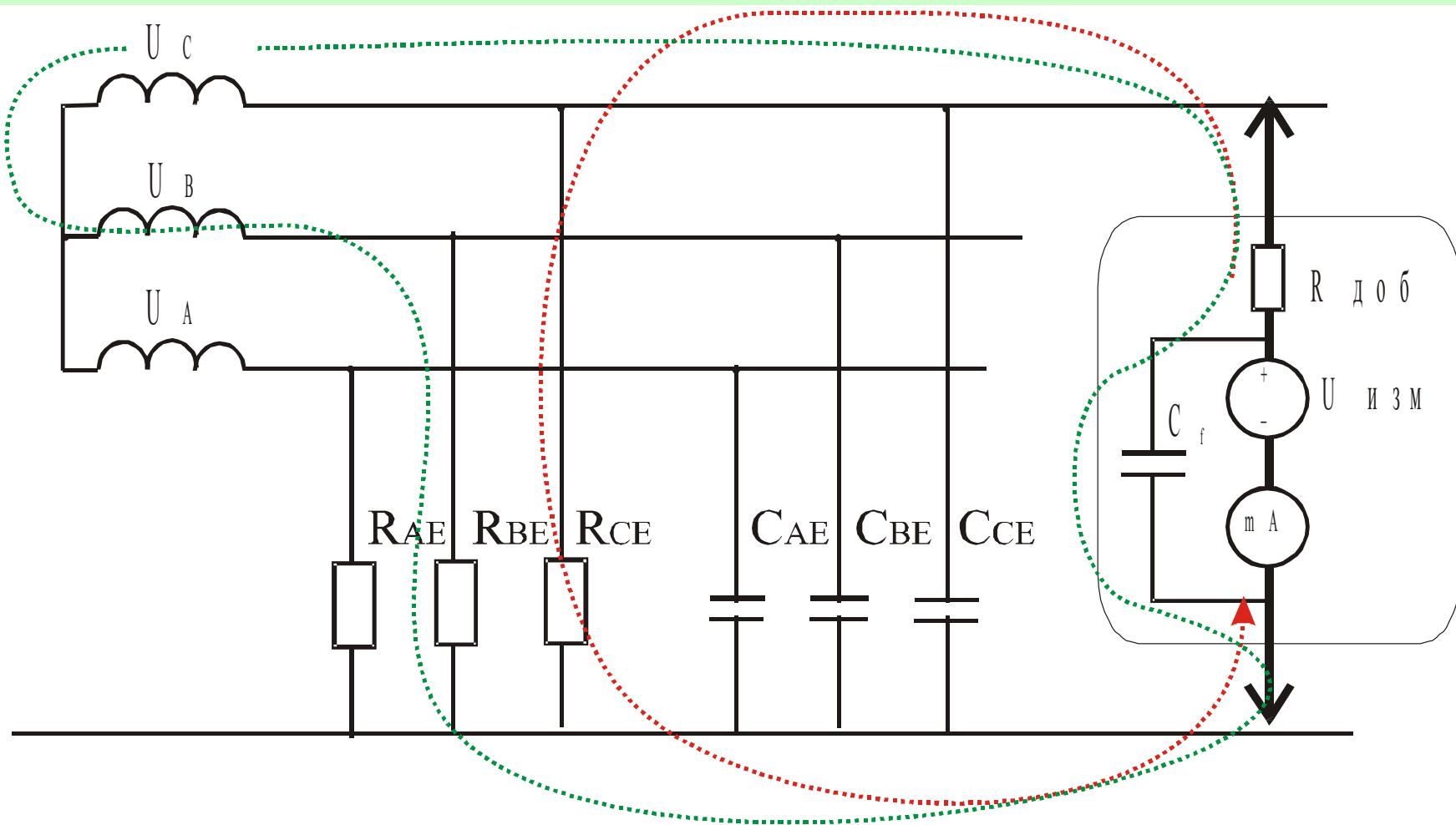
и/или

Сигнализация

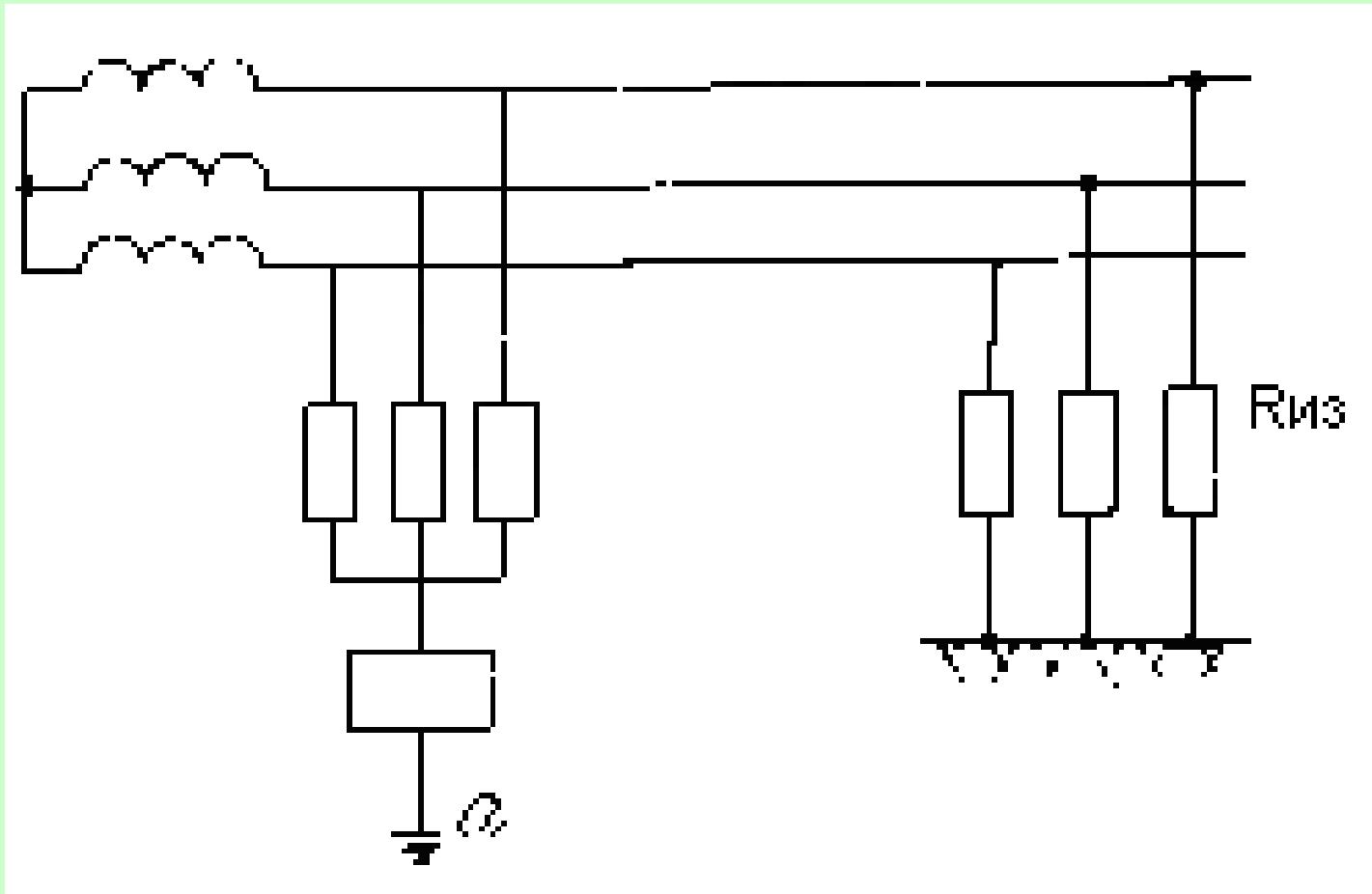


$$I_{изм} = E / (R_{доб} + R_{из})$$

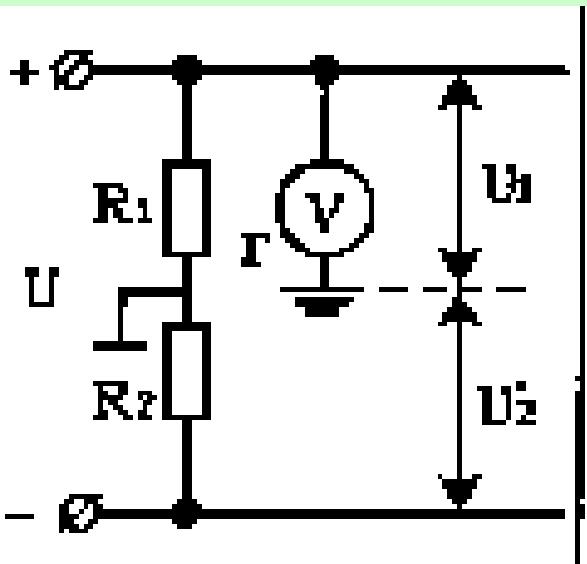
ПКИ



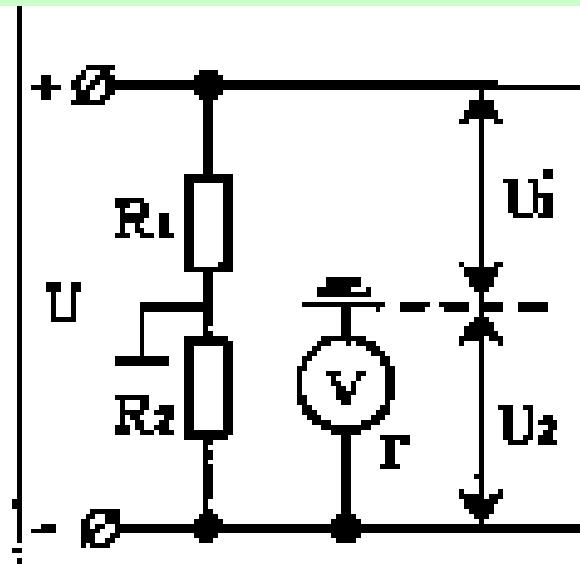
Асимметр



МЕТОД ТРЕХ ОТСЧЕТОВ ВОЛЬТМЕТРА



сопротивление изоляции сети



$$R_{\theta} = r_b \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_1 + U_2}$$

положительного полюса

$$R_1 = r_b \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_2}$$

отрицательного полюса

$$R_2 = r_b \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_1}$$

Гигиена труда

Производственная санитария

- изучает воздействие вредных факторов, их нормирование, способы контроля и защиты.

ВФ - воздействие на работающего, которое в определенных условиях в течение длительного времени ведет к заболеванию или ухудшению здоровья .

Здоровье - это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов (преамбула Устава Всемирной Организации Здравоохранения).

- Рабочая зона - это пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающего (более 50% рабочего времени или более 2 часов непрерывно). [ГОСТ 12.1.005-87]

Классификация труда по тяжести

1. Психофизиологические условия труда - комплекс показателей, характеризующих сам труд.

Тяжесть труда - характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность.

- физическая динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза, общее число стереотипных рабочих движений, величина статической нагрузки, форма рабочей позы, степень наклона корпуса, перемещения в пространстве.

Напряженность труда - характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

- интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонных нагрузок, режим работы.

2. Санитарно-гигиенические условия труда – показатели, характеризующие внешнюю производственную среду, в которой совершается труд.

- микроклимат на рабочем месте, освещение, уровень шума и вибрации, присутствие в воздухе инородных аэрозолей, паров и газов, электромагнитные и ионизирующие излучения и др.

Принципы нормирования действия ВФ.

Нормирование :

- санитарно-гигиеническое
- техническое

Санитарно-гигиеническое нормирование.

—устанавливает предельно допустимые уровни воздействия ВФ на людей.

Критерий безопасности.

ПДУ для однократных воздействий (в аварийных и ЧС)
устанавливаются исходя из принципа невозможности
вызывать опасные для здоровья последствия.

Санитарно-гигиеническое нормирование

Критерий безвредности воздействия.

Уровень воздействия фактора, когда при **ежедневной работе** в пределах 8 часов, но не более 41 часа в неделю, в течение всего рабочего стажа (~50 лет) у работающих не могут возникать **заболевания или отклонения** в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, **непосредственно** в процессе работы или в **отдаленные** сроки.

Для населения ПДУ устанавливаются аналогично исходя из условия круглосуточного воздействия в течении всей жизни (~70 лет).

Санитарно-гигиеническое нормирование

Критерий комфорта

Воздействие ВФ не должно вызывать дополнительное напряжение сил организма при определенных видах деятельности (микроклимат, шум, освещенность).

Критерий работоспособности – вызываемое утомление не ведет к заметному снижению производительности труда

РУКОВОДСТВО Р 2.2.755-99 Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса.

Оптимальные условия труда (1 класс) - сохраняется здоровье работающих и поддерживается высокий уровень работоспособности.
- неблагоприятные факторы отсутствуют, либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

- наиболее высокое проявление функции работающей системы (двигательной, сенсорной и др.), например наибольшая точность различения, наибольшая скорость реакции и т. д.
- длительное сохранение работоспособности системы, т. е. выносливость.
- наиболее короткий период врабатываемости, т. е. период перехода включаемой в работу системы человека от состояния покоя к состоянию высокой работоспособности.

- **Допустимые условия труда (2 класс)**
- изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха.
- неблагоприятные факторы не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест.

Допустимые условия труда условно относят к безопасным.

Вредные условия труда (3 класс) - вредные факторы превышают гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятное действие на организм работающего и/или его потомство.

1 степень 3 класса (3.1.) - функциональные изменения восстанавливаются при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

2 степень 3 класса (3.2.) - стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости появлению начальных признаков профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

3 степень 3 класса (3.3) - развитие профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, рост хронической (производственно-обусловленной) патологии;

4 степень 3 класса (3.4.) - могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс), характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т.ч. и тяжелых форм.

- Работа в опасных (экстремальных) условиях труда (4 класс) **не допускается**, за исключением ликвидации аварий, проведения экстренных работ для предупреждения аварийных ситуаций

Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ химической природы (превышение ПДК, раз)

Класс условий труда					
Допустимый	Вредный				Опасный
2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
≤ ПДК	1,1-3,0	3,1-6,0	6,1-10,0	10,1-20,0	>20,0

Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса

Показатели напряженности трудового процесса	Классы условий труда			
	Оптимальный	Допустимый	Вредный	
	1	2	3.1	3.2

1. Интеллектуальные нагрузки:

1.1. Содержание работы	Отсутствует необходимость принятия решения	Решение простых задач по инструкции	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)	Эвристическая (творческая) деятельность, требующая решения алгоритма, единоличное руководство в сложных ситуациях
---------------------------	--	-------------------------------------	--	---

Техническое нормирование.

–устанавливает предельно допустимые уровни ВФ, создаваемого конкретным видом техники на рабочих местах или в окружающем пространстве.

Жесткость ПДУ устанавливается с учетом условий эксплуатации по критериям:

- технической достижимости
- экономической целесообразности
- ограничение условий эксплуатации.

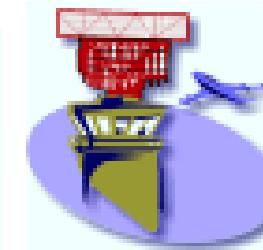
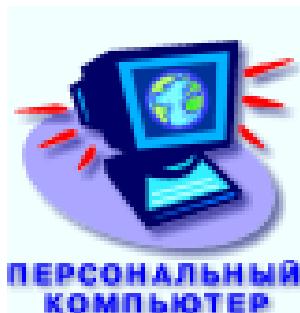
ALARA – Так низко как рационально достижимо.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

- естественные

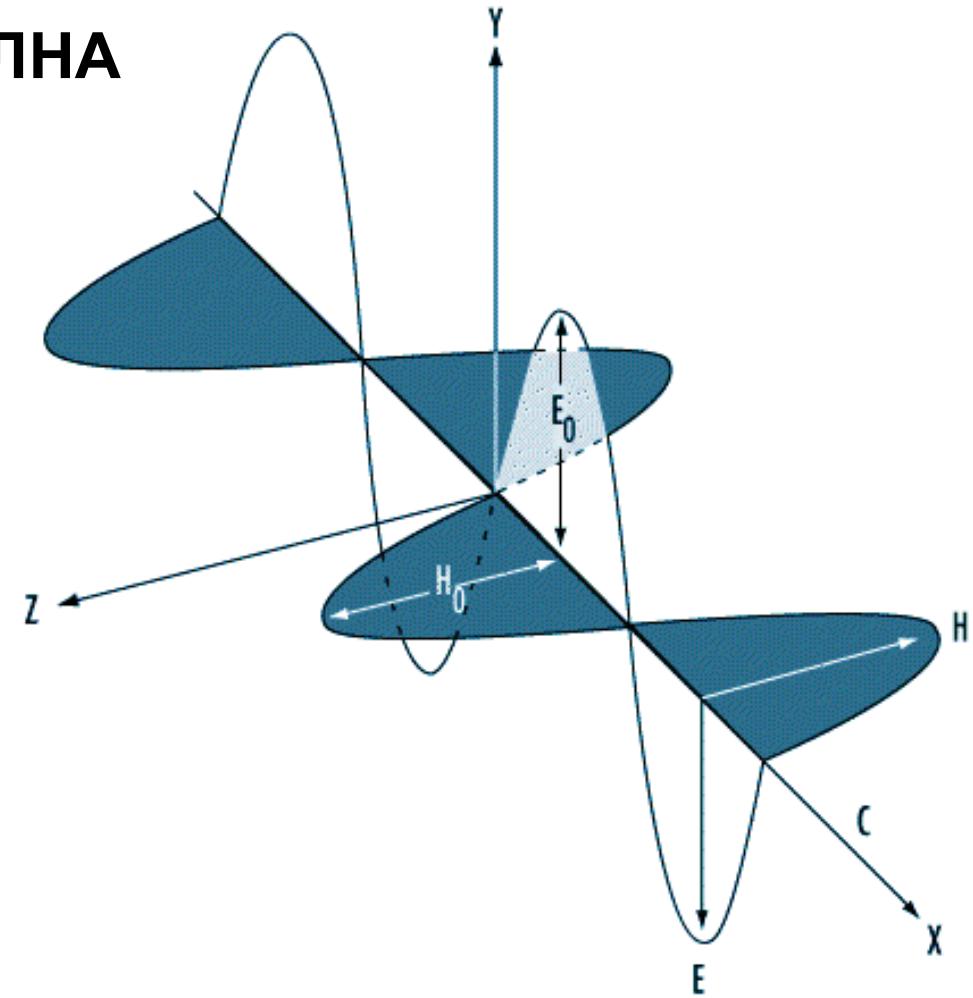


- техногенные



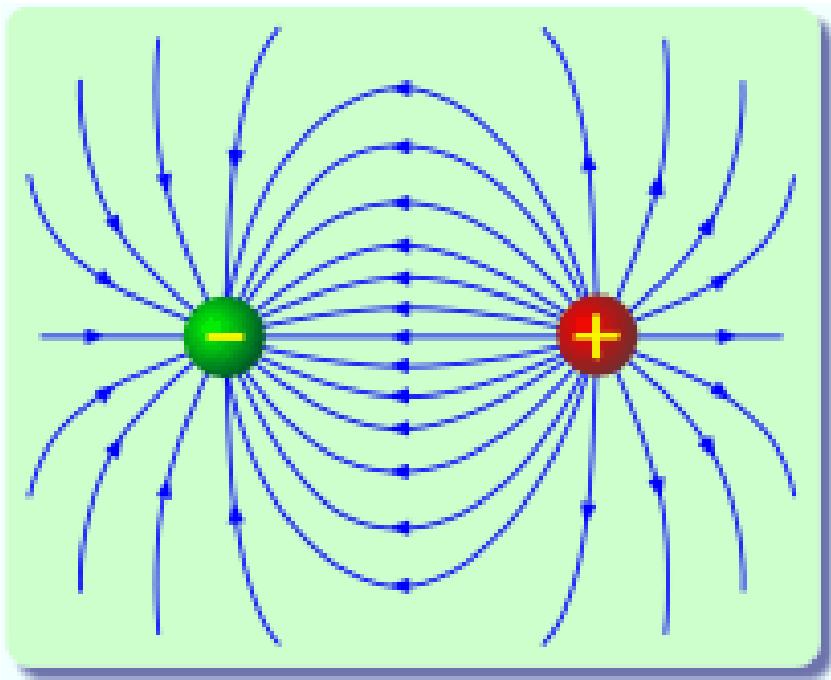
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ВОЛНА

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon' \mu'}}$$



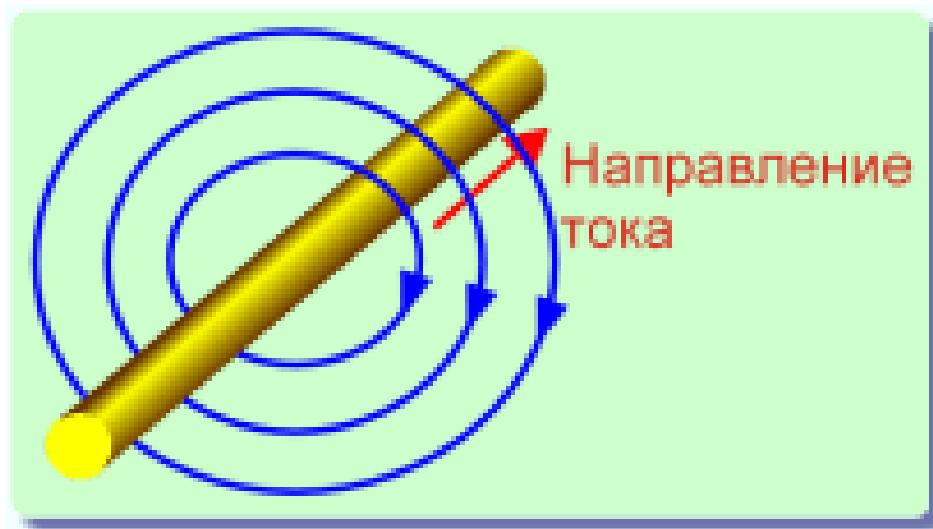
где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света в вакууме,
 ϵ' - относительная диэлектрическая проницаемость,
 μ' - относительная магнитная проницаемость.

Электрическое поле



напряженность
Е (В/м)

Магнитное поле



Н (А/м).



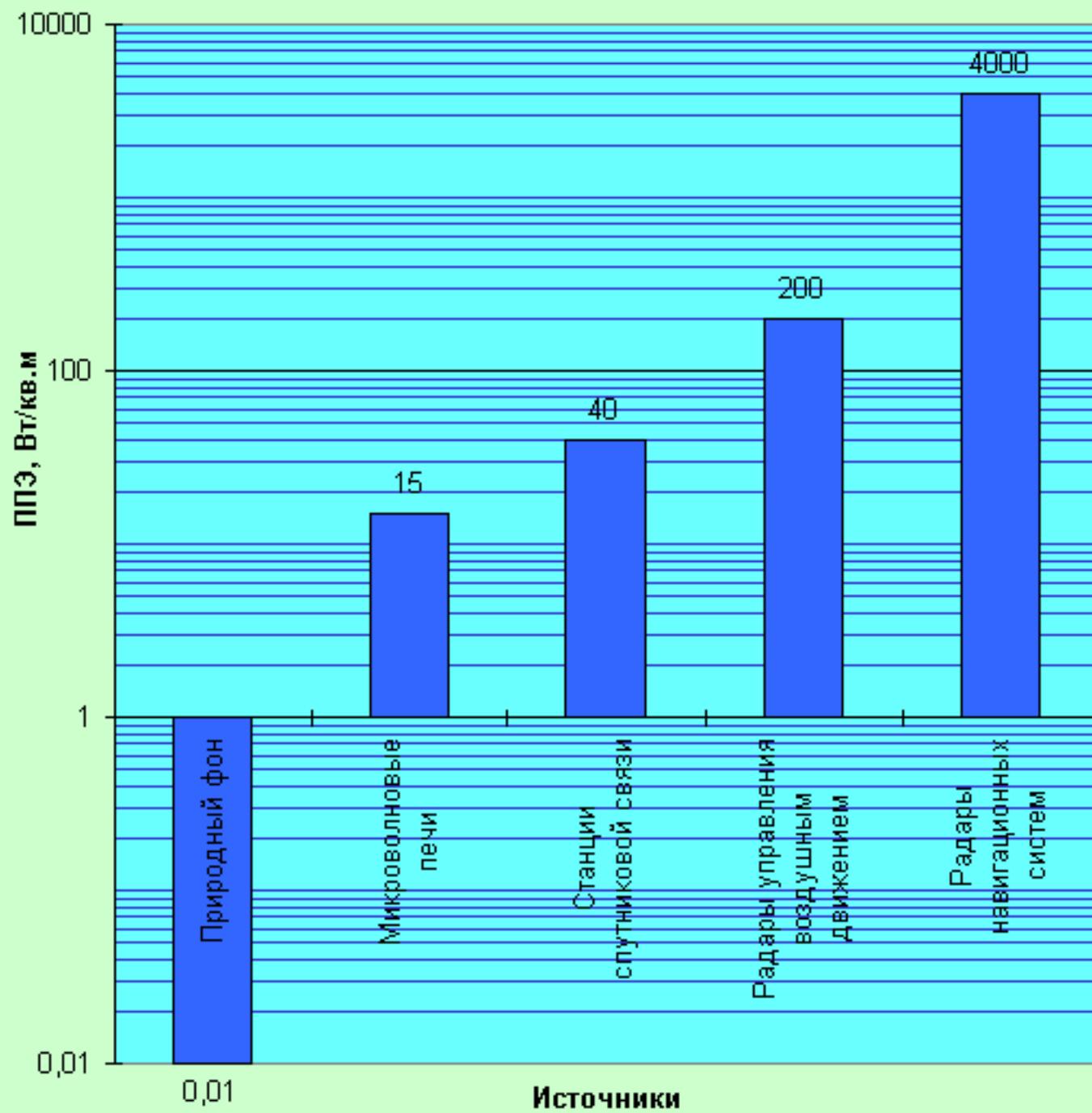
Ближняя зона (индукции)
- происходит формирование волны

$$r < \lambda/2\pi$$

Интенсивность (E и H) $\sim r^{-2}$ или r^{-3}

Елдотностъ потока энергии
 $\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} H$ (ППЭ), Вт/м²

$$S = E \cdot H \sim r^{-2}$$



Наименование	Длины волн	Частота
Промышленная частота	6000 – 300 км	50 - 1000 Гц
диапазон радиочастот	НЧ - ВЧ	10 км – 1 м
	СВЧ	1 м – 1 мм
Оптический диапазон	ИК	10000 - 760 нм
	Видимый свет	760—390 нм
	УФ	390 – 1 нм
Ионизирующие излучения	Рентгеновское излучение	10—0,01 Å
	Гамма-излучение	0,01 Å и менее

$$1\text{нм} = 10\text{\AA}$$

Характер воздействия ЭМП на организм определяется:

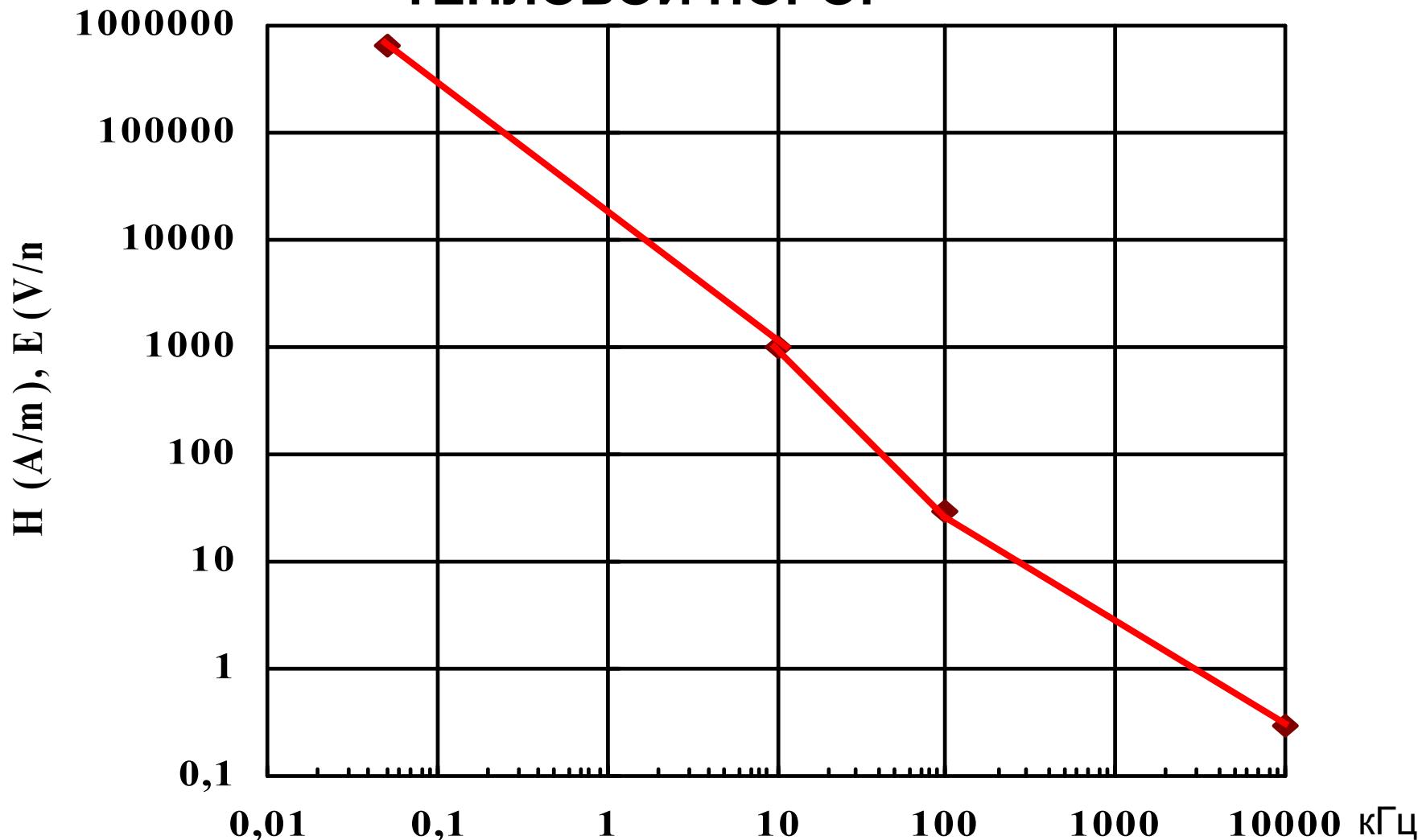
- **частотой** излучения;
- **интенсивностью** потока энергии (Е, Н, ППЭ)
- **продолжительностью** и режимом воздействия;
- размером облучаемой поверхности тела;
- индивидуальными особенностями организма;
- наличием сопутствующих вредных факторов, таких как: температура окружающей среды, шум, загазованность и другие факторы, которые снижают сопротивляемость организма.

ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ

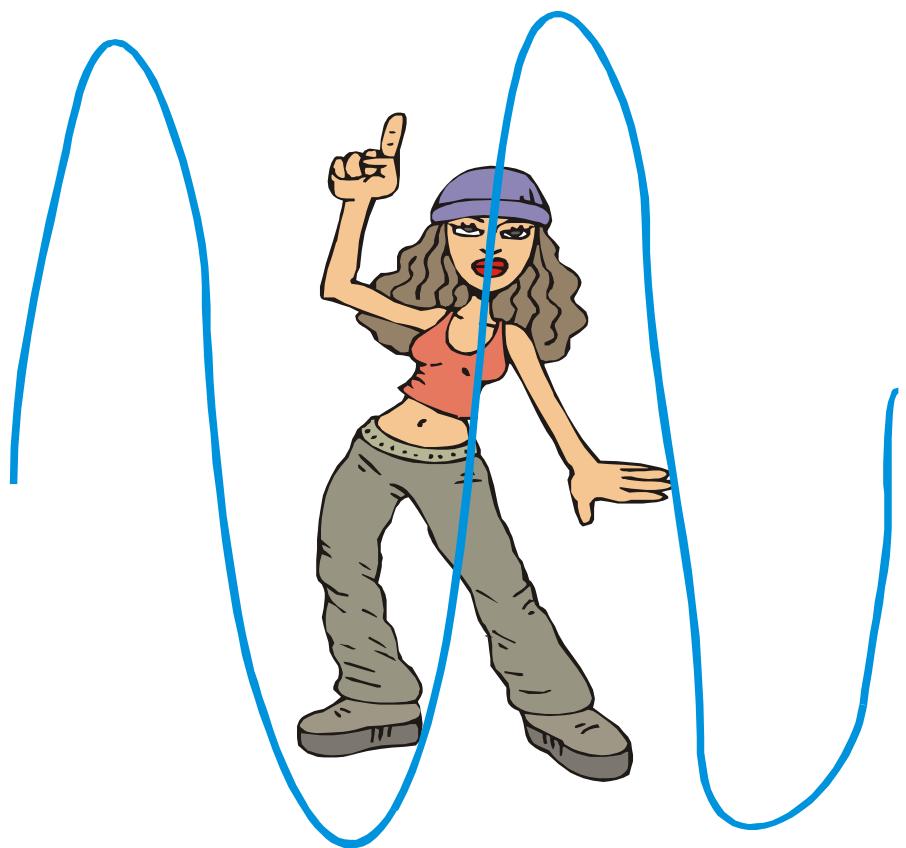
- тепловое:

ЭМП вызывает повышенный нагрев тканей человека, и если механизм терморегуляции не справляется с этим явлением, то возможно повышение температуры тела. Тепловое воздействие наиболее опасно для мозга, глаз, почек, кишечника. Облучение может вызвать помутнение хрусталика глаза (катаракту).

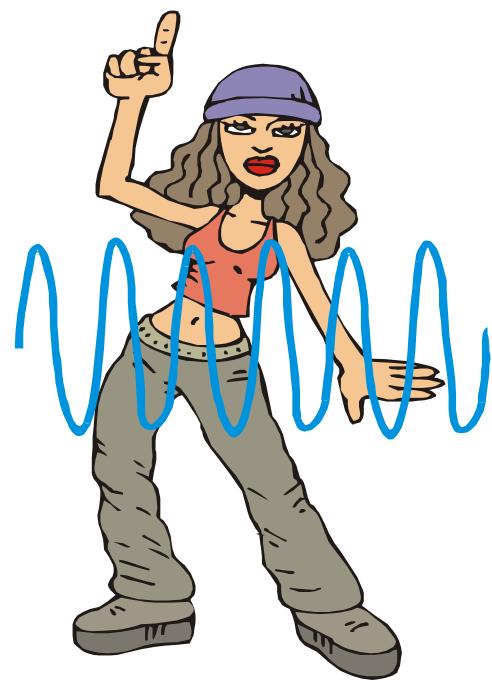
ТЕПЛОВОЙ ПОРОГ



$f, \text{ кГц}$	$0,05$	10	100	10000	$3 \cdot 10^8$
$E, \text{ В}/\text{м}, H, \text{ А}/\text{м}$	650000	1000	30	$0,3$	
$S, \text{ Вт}/\text{м}^2$					100



НЧ : $\lambda \gg r_T$



СВЧ : $\lambda \approx r_T$

ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

- нетепловое (информационное):

Под действием ЭМП изменяются микропроцессы в тканях, ослабляется активность белкового обмена, происходит торможение рефлексов, снижение кровяного давления, а в результате - головные боли, одышка, нарушение сна.

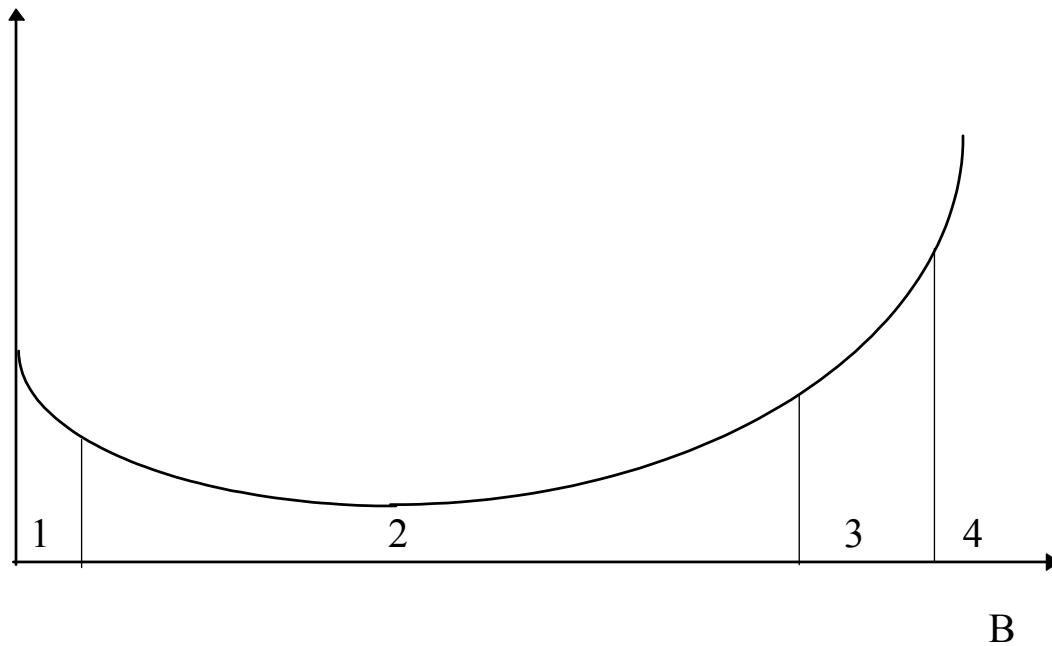
- *Влияние на нервную систему*
- *Влияние на иммунную систему*
- *Влияние на эндокринную систему и нейрогуморальную реакцию*
- *Влияние на половую функцию*

САНИТАРНОЕ НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

**СанПиН 2.2.4.1191-03 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ
В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
УСЛОВИЯХ**

устанавливают на рабочих местах:

- временные допустимые уровни (ВДУ) ослабления геомагнитного поля (ГМП),
- ПДУ электростатического поля (ЭСП),
- ПДУ постоянного магнитного поля (ПМП),
- ПДУ электрического и магнитного полей промышленной частоты 50 Гц (ЭП и МП ПЧ),
- ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот $\geq 10 \text{ кГц} - 30 \text{ кГц}$,
- ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот $\geq 30 \text{ кГц} - 300 \text{ ГГц}$.



Изменение вредности (A)
в зависимости от
интенсивности ЭМП (B).

Временный допустимый коэффициент ослабления интенсивности геомагнитного поля на рабочих местах персонала в помещениях (объектах, технических средствах) в течение смены

$$K_0^{\text{гмп}} = H_0 / H_e \leq 2$$

где $|H_0|$ - модуль вектора напряженности магнитного поля в открытом пространстве;

$|H_e|$ - модуль вектора напряженности магнитного поля на рабочем месте в помещении.

- **электростатическое поле (ЭСП)**

Предельно допустимый уровень напряженности ЭСП равен **60 кВ/м** в течение ≤ 1 ч.

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

В диапазоне напряженности 20...60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты (ч)

где Е— фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м.

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

ПДУ постоянного магнитного поля

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

1 А/м ~ 1,25 мкТл, 1 мкТл ~ 0,8 А/м.

Напряженность МП линии электропередачи напряжением до 750 кВ обычно не превышает 20...25 А/м.

ЭМП промышленной частоты

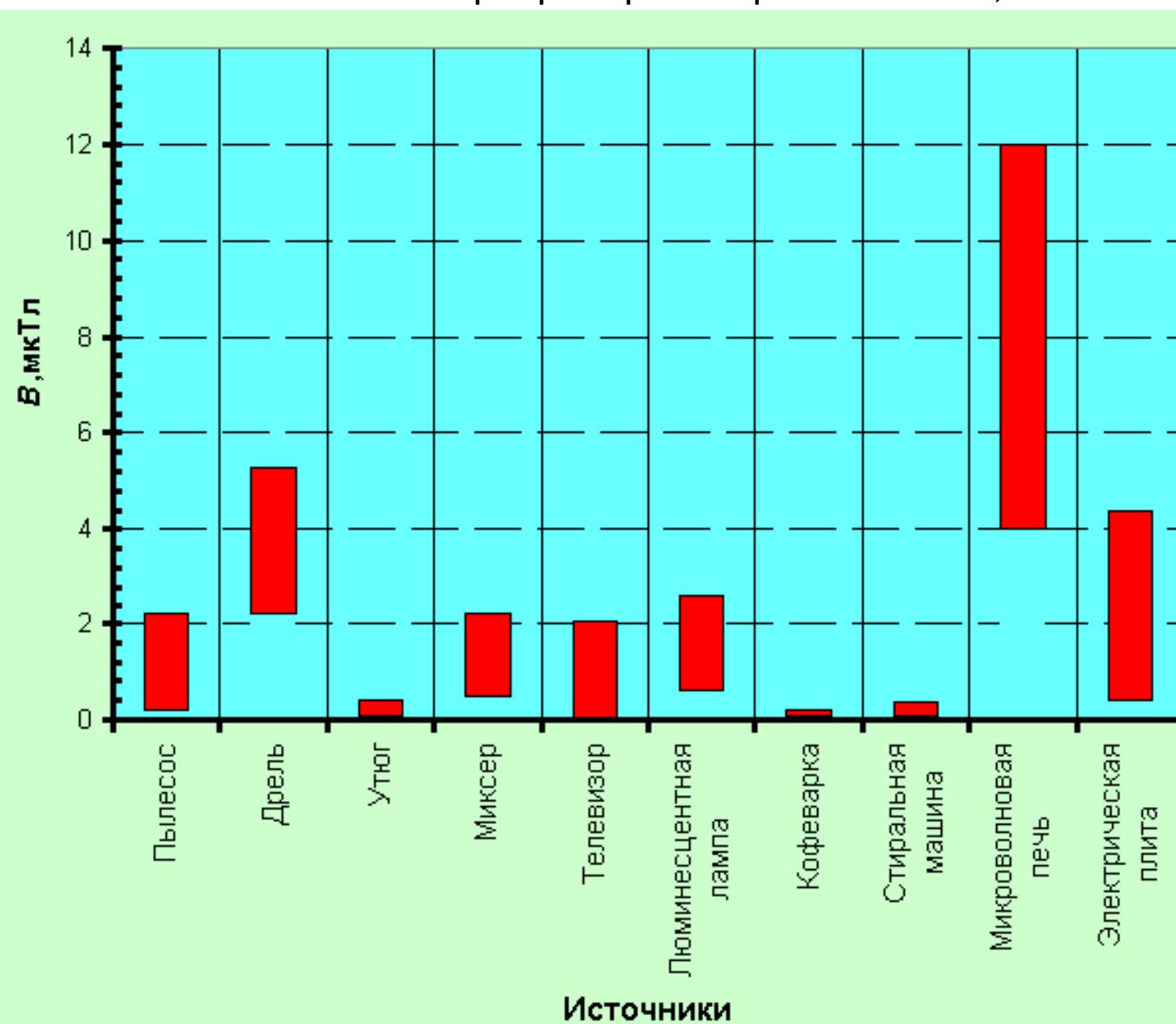
- Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным **5 кВ/м**.
- при $E = 5 \dots 20$ кВ/м допустимое время пребывания в ЭП
$$T = (50/E) - 2, \text{ час}$$
- При $20 < E < 25$ кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин.
- Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

- внутри жилых зданий 0,5 кВ/м;
- на территории жилой застройки 1 кВ/м;
- в населенной местности, вне зоны жилой застройки, а также на территории огородов и садов 5 кВ/м;
- на участках пересечения воздушных линий (ВЛ) с автомобильными дорогами 10 кВ/м;
- в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и частично посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья) 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения 20 кВ/м.

ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания (час)	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
<= 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

Средние уровни магнитного поля промышленной частоты бытовых электроприборов на расстоянии 0,3 м



Нормирование ЭМИ радиочастотного диапазона

В основу гигиенического нормирования положен принцип действующей дозы.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц - 300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот

- $\geq 30 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$:

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

- $\geq 300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$:

$$\mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{ппэ}} = PPE \times T, \quad (\text{Вт/м}^2) \cdot \text{ч}, \quad (\text{мкВт/см}^2) \cdot \text{ч}$$

где Е - напряженность электрического поля (В/м),

Н - напряженность магнитного поля (А/м),

Т - время воздействия за смену (час.).

ППЭ - плотность потока энергии (Вт/м², мкВт/см²).

Предельно допустимые значения энергетической экспозиции для рабочих мест

Диапазоны частот	По электрической составляющей		По магнитной составляющей		По плотности потока энергии.			
	$\mathcal{E}\mathcal{E}_E$ $(\text{В/м})^2 \text{ ч}$	E В/м		$\mathcal{E}\mathcal{E}_H$ $(\text{А/м})^2 \text{ ч}$	H А\м		$\mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{ппЭ}}$ $(\text{мкВт/см}^2) \text{ ч}$	ППЭ мкВт/см^2
		T ≥ 8 ч	T ≤ 0.08 ч		T ≥ 8 ч	T ≤ 0.08 ч		
30 кГц-3 МГц	20000.0	50	500	200,0	5.0	50		
3-30 МГц	7000.0	30	296	-	-			
30-50 МГц	800.0	10	80	0.72	0.3	3		
50-300 МГц	800.0	10	80	-	-			
300 МГц-300 ГГц	—	—	---	—	—	--	200.0	25 1000

Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ для населения, лиц, не достигших 18 лет и женщин в состоянии беременности

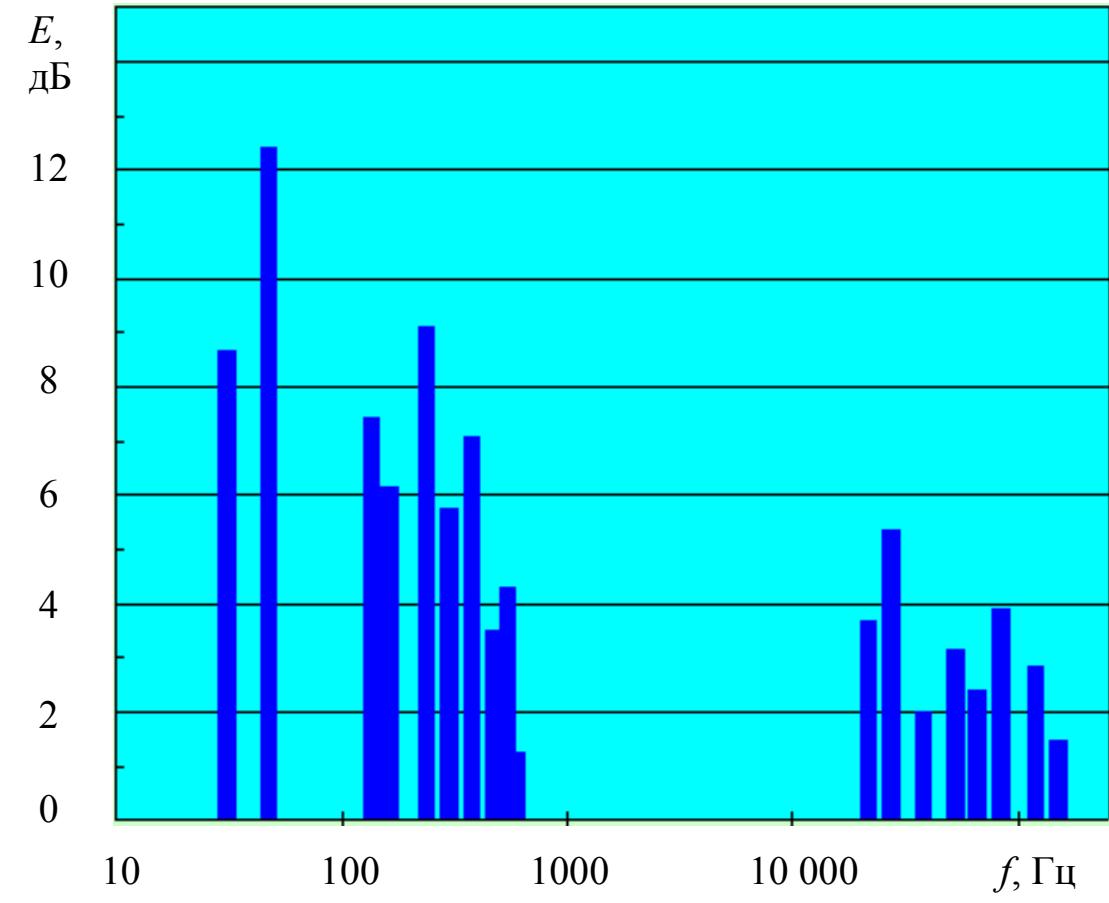
	Напряженность электрического поля, В\м				Плотность потока энергии, мкВт\см ²
территории жилой застройки и массового отдыха, помещения жилых, общественных и производственных зданий	25	15	10	3	10 100 -сканирующие антенны или кратковременно

ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ЭМП

ПЭВМ



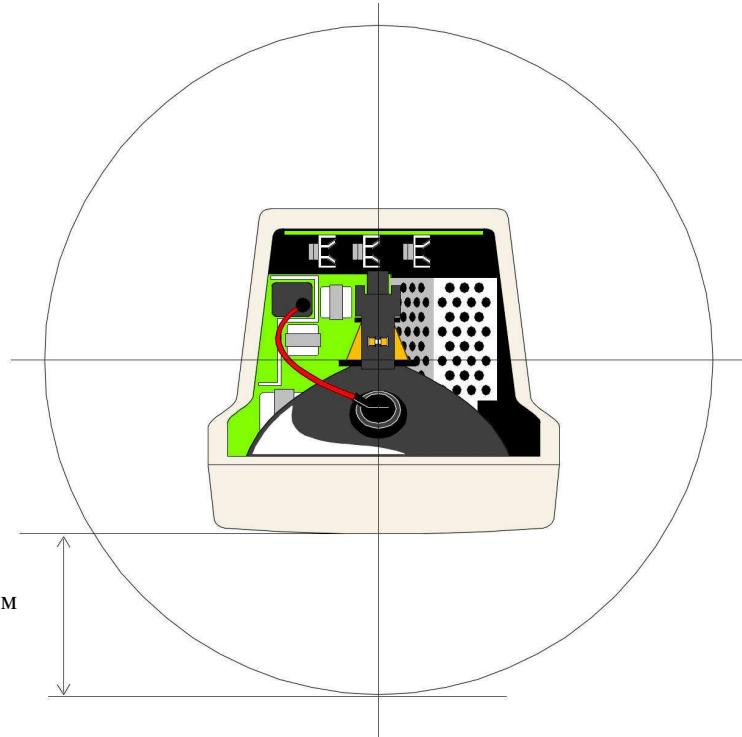
Вид воздействия	Нарушения зрения	Кожные заболевания	Стресс	Нарушения в период беременности
Ультрафиолетовое излучение	+	?	?	?
Мерцание изображения	+	-	+	?
Яркий видимый свет	+	-	+	-
Блики и отражённый свет	+	-	+	-
Статическое электричество	+	+	?	?
Электромагнитные поля низких частот	?	-	?	+
Рентгеновские излучения	?	-	-	+



Спектральная характеристика излучения
монитора в диапазоне 10 Гц...400 кГц

- **ГОСТ Р 50948-2001**
Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности
- **СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03** Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

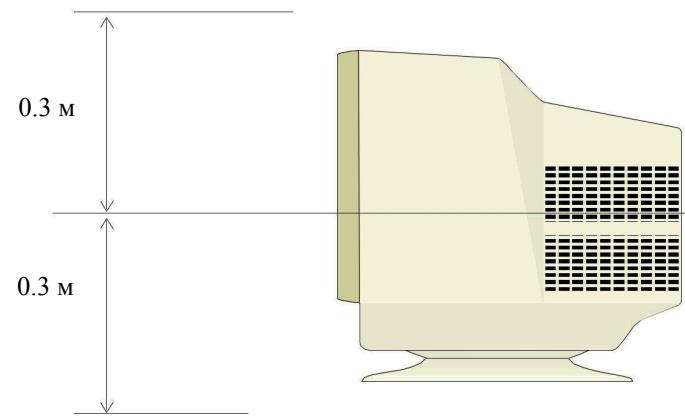
Наименование параметра	Допустимое значение		
	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, MPR II	TCO-92, TCO-95, TCO-99, TCO-03	
Напряжённость электрического поля: при частотах 5 Гц...2 кГц при частотах 2...400 кГц	25 В/м 2.5 В/м	10 В/м 1 В/м	
Плотность магнитного потока: при частотах 5 Гц...2 кГц при частотах 2...400 кГц	250 нТ 25 нТ	200 нТ 25 нТ	
Электростатический потенциал экрана видеомонитора	500 В	500 В	
Напряжённость электростатического поля на рабочем месте	15 кВ/м	—	



СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 : измерение уровней переменных электрических и магнитных полей, статических электрических полей производится вокруг ПЭВМ на расстоянии 50 см от экрана на трёх уровнях на высоте 0.5; 1.0 и 1.5 м.

ТСО:

показатели замеряются на расстоянии 30 см от фронтальной плоскости экрана и 50 см вокруг дисплея (за исключением магнитного поля в области 2...400 кГц – где все расстояния составляют 50 см).



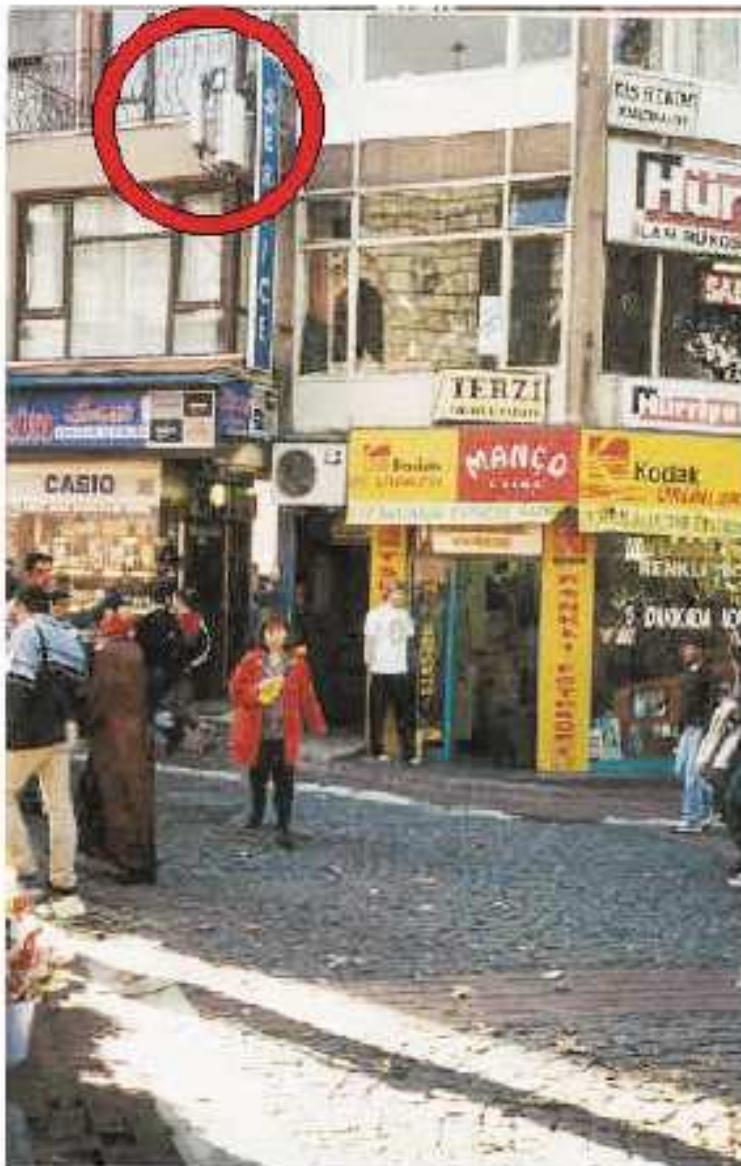


Система сотовой радиотелефонной связи



В 1910 году Ларс Эрикссон предпринял попытку сделать первый мобильный телефон

Наименование стандарта	Диапазон рабочих частот БС	Диапазон рабочих частот МРТ	Максимальная излучаемая мощность БС	Максимальная излучаемая мощность МРТ
NMT-450 аналоговый	463 – 467,5 МГц	453 – 457,5 МГц	100 Вт	1 Вт
AMPS аналоговый	869 – 894 МГц	824 – 849 МГц	100 Вт	0,6 Вт
D-AMPS (IS-136) цифровой	869 – 894 МГц	824 – 849 МГц	50 Вт	0,2 Вт
CDMA цифровой	869 – 894 МГц	824 – 849 МГц	100 Вт	0,6 Вт
GSM-900 цифровой	925 – 965 МГц	890 – 915 МГц	40 Вт	0,25 Вт
GSM-1800 (DCS) цифровой	1805 – 1880 МГц	1710 – 1785 МГц	20 Вт	0,125 Вт

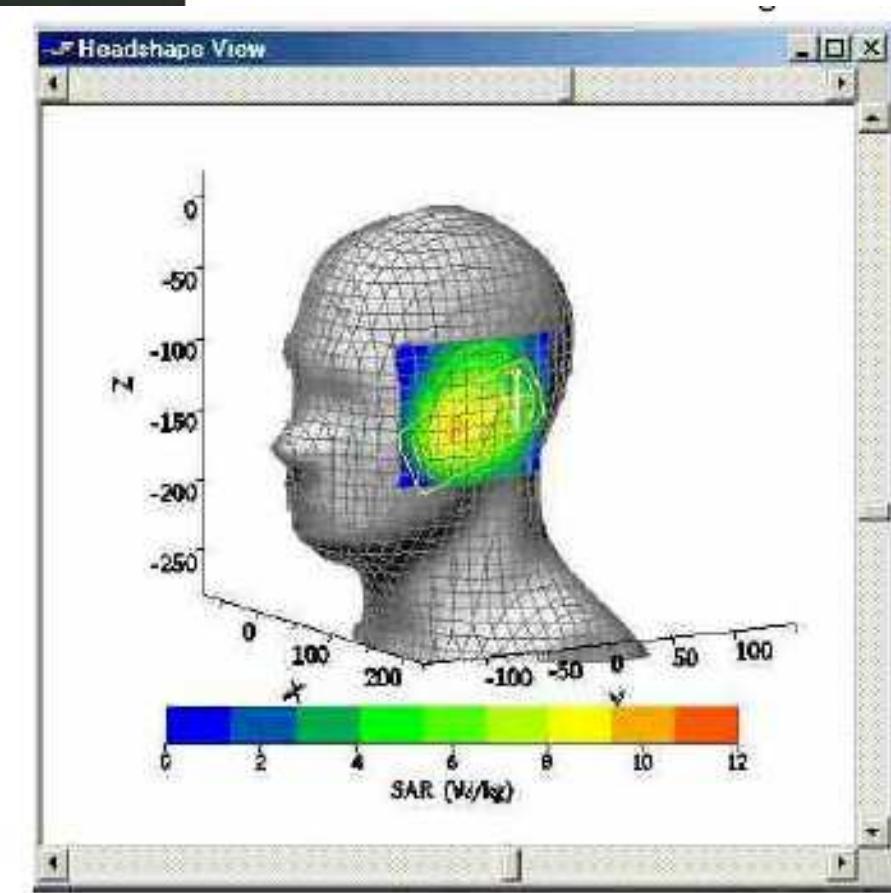




- Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03

ПДУ ЭМП базовых станций

Нормируемые параметры	Диапазоны частот, МГц		
	27 ≤ f < 30	30 ≤ f < 300	300 ≤ f ≤ 2400
Предельно допустимое значение ЭЭ	7000 (В/м) ² · ч	800 (В/м) ² · ч	200 мкВт/см ² ·ч
Максимальный ПДУ	296 В/м	80 В/м	1000 мкВт/см ²
ПДУ для T ≥ 8 ч за смену на рабочих местах персонала БС	30 В/м	10 В/м	25 мкВт/см ²
ПДУ на территории жилой застройки, внутри жилых, общественных и производственных помещений	10 В/м	3 В/м	10 мкВт/см ²





НВ.RU

Доктор Кристофер Ньюман

Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия на человека ЭМП, создаваемых подвижными станциями сухопутной радиосвязи (включая абонентские терминалы спутниковой связи) непосредственно у головы пользователя



$27 \text{ МГц} \leq f < 30 \text{ МГц}$	- 45 В/м;
$30 \text{ МГц} \leq f < 300 \text{ МГц}$	- 15 В/м;
$300 \text{ МГц} \leq f \leq 2400 \text{ МГц}$	- 100

Мартин Купер, инженер из Motorola, запатентовал конструкцию первого сотового телефона в 1975

SAR - Specific Adsorption Rate

удельная поглощенная мощность, выраженная на единицу массы тела

$$SAR = \frac{|E|^2 \sigma}{2 \rho} \text{ (Вт/кг).}$$

где E – амплитуда электрического поля,
 σ - удельная проводимость,
 ρ - плотность поглощающего материала.

Ткань	Удельная проводимость σ , См/м	Плотность ρ , кг/м ³
Мышцы	0.8	1040
Кожа	0.9	1080
Мозг	1.2	1030
Кость, череп	0.3	1850

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ЭМП

» **организационные**

- нормирование параметров облучения
- выбор рациональных режимов работы установок;
- ограничение времени нахождения в зоне облучения;
- предупредительные надписи и знаки

» **лечебно-профилактические**

- предварительные и периодические медосмотры,
- лечение пострадавших от электромагнитного воздействия,
- временный или постоянный перевод на другую работу граждан с профессиональной патологией или усугубляющимися общими заболеваниями, а также женщин в период беременности и кормления;
- недопущение к самостоятельной работе на высокочастотных установках лиц не достигших 18 лет.

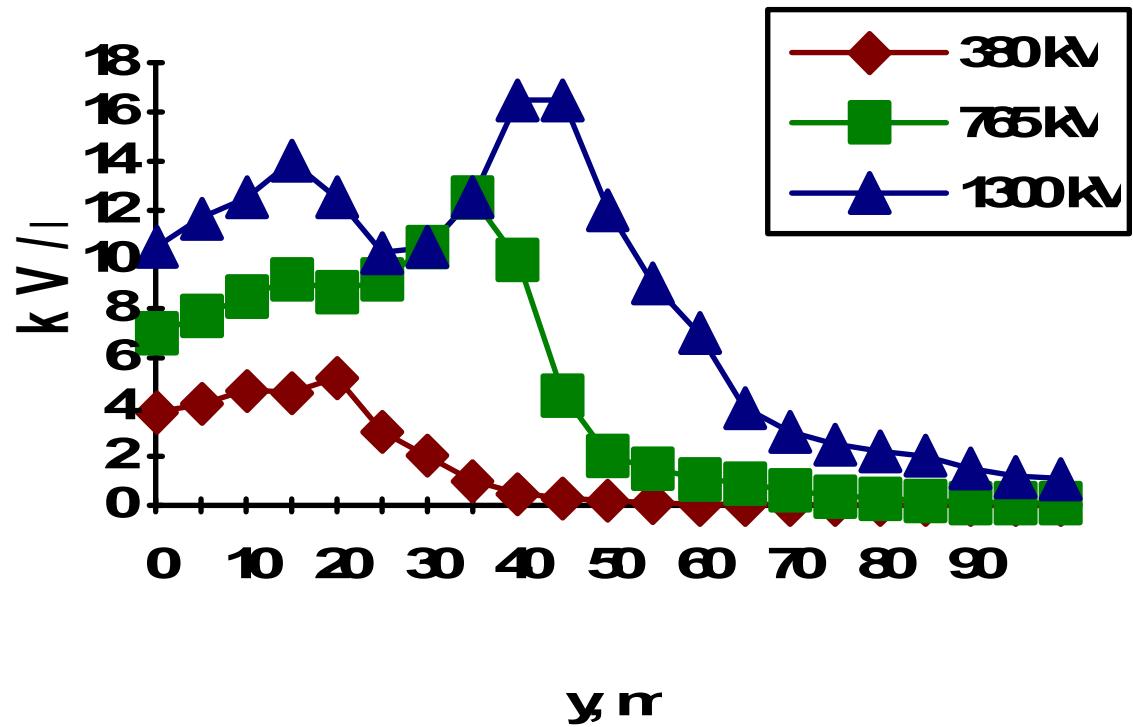
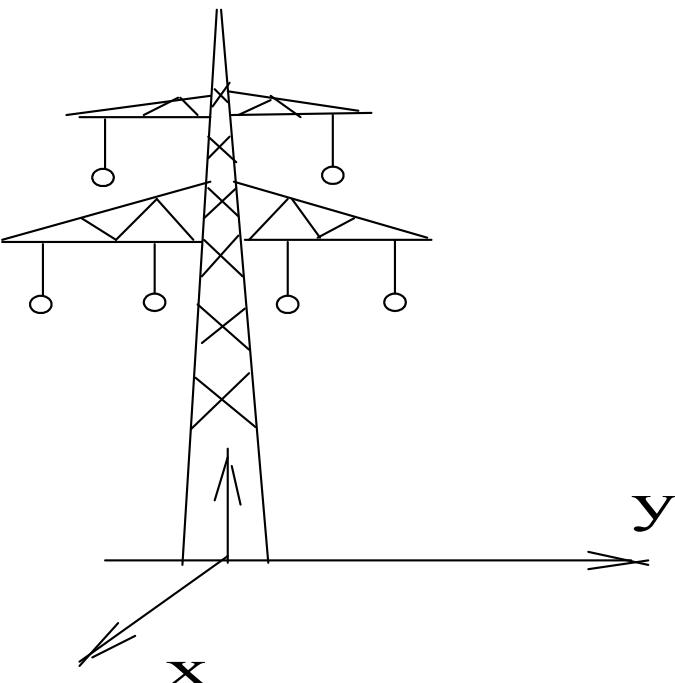
» **инженерно-технические**

Инженерно-технические мероприятия включают:

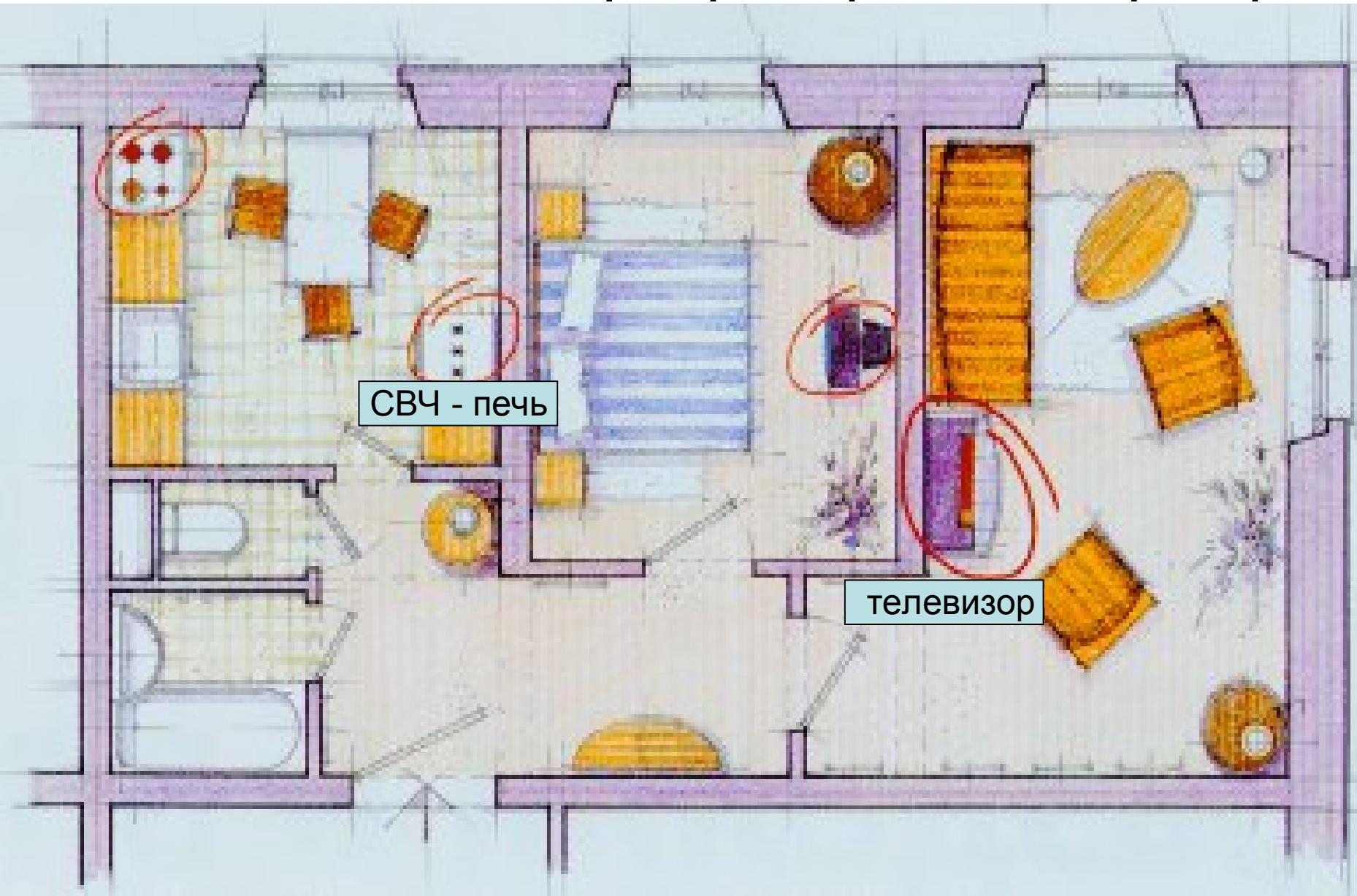
- размещение рабочих мест в зонах ниже ПДУ излучений
 - защита «расстоянием»
 - защита «углом»
- использование средств подавления ЭМП на источнике, на трассе распространения (экранирование), у рецептора (средства индивидуальной защиты);
- использование коаксиальных линий передачи энергии, устранение паразитных наводок на электропровода, металлоконструкции зданий, сети водопровода и отопления, могущие быть переизлучателями электромагнитной энергии.

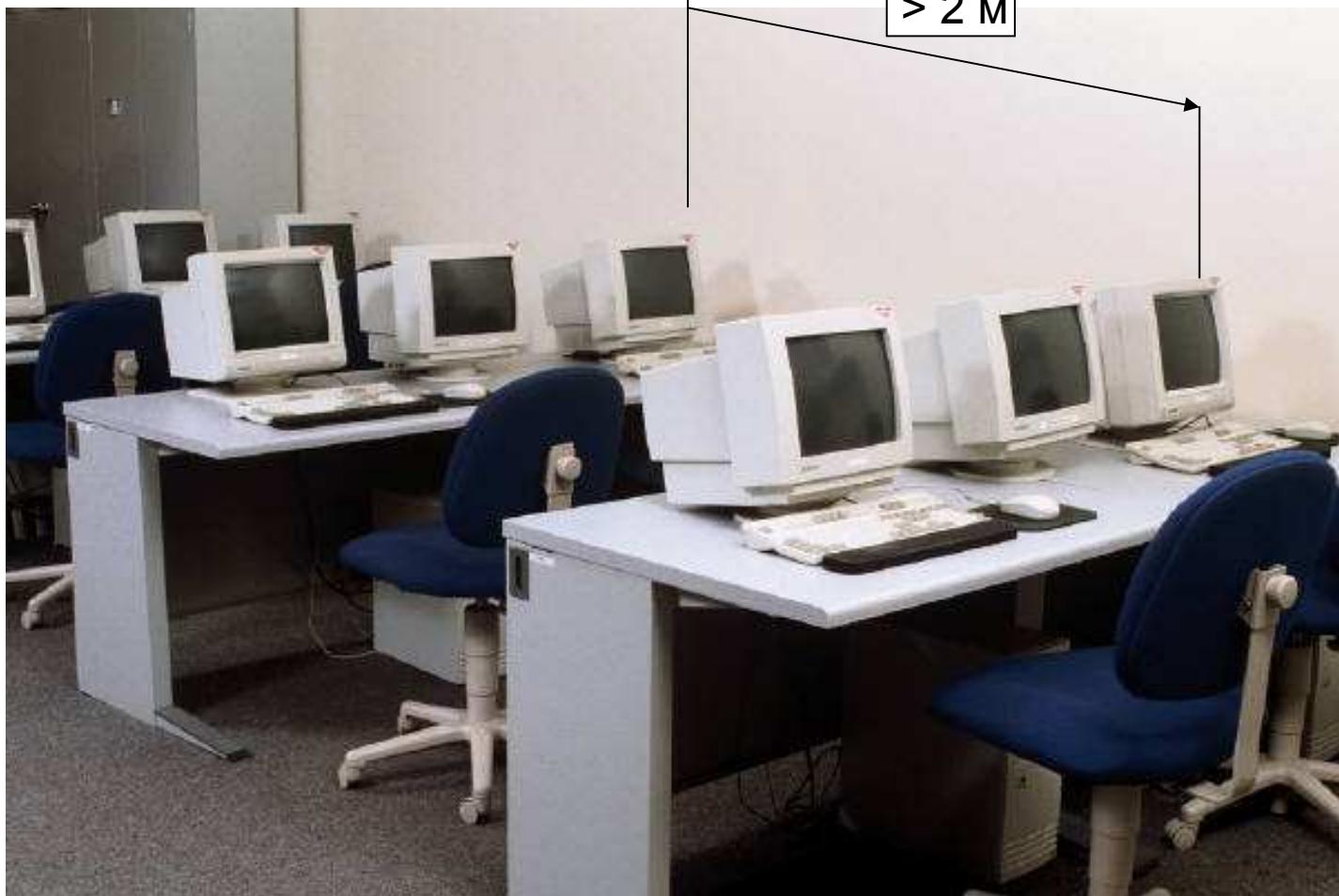
защита «расстоянием»

$$E \sim 1/Y^2$$

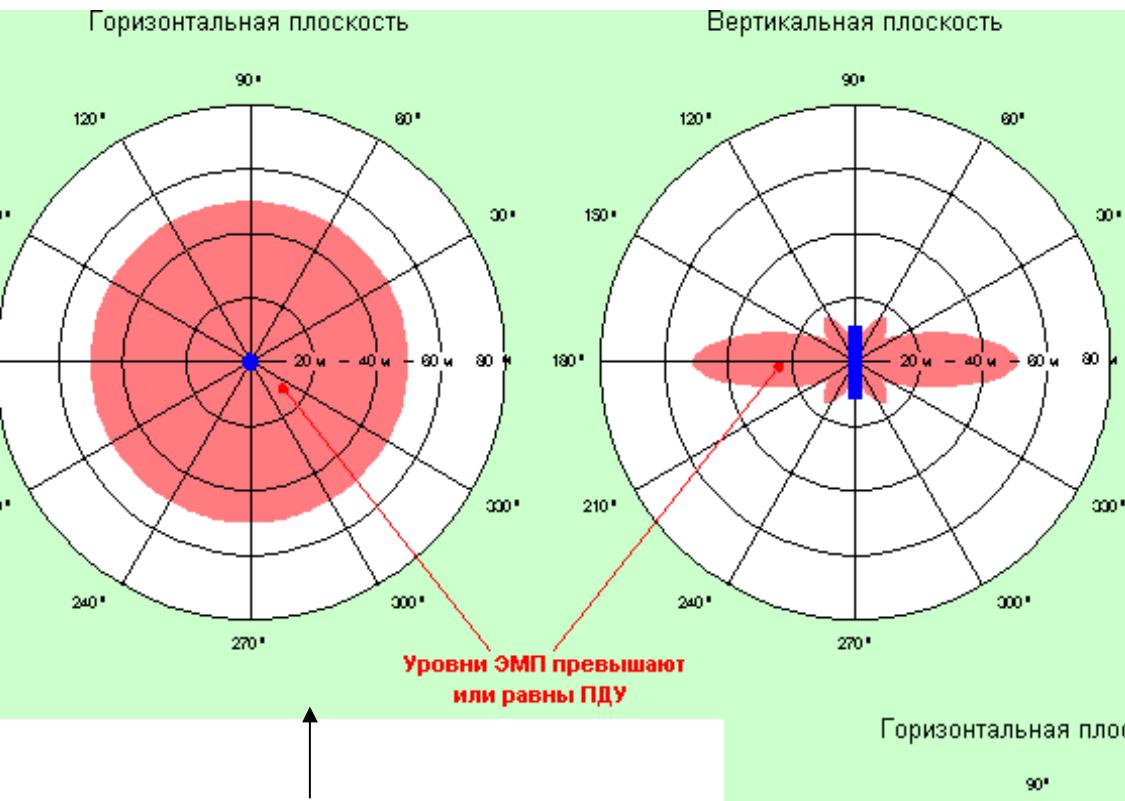


- Вариант **неправильного** размещения бытовых электроприборов в квартире

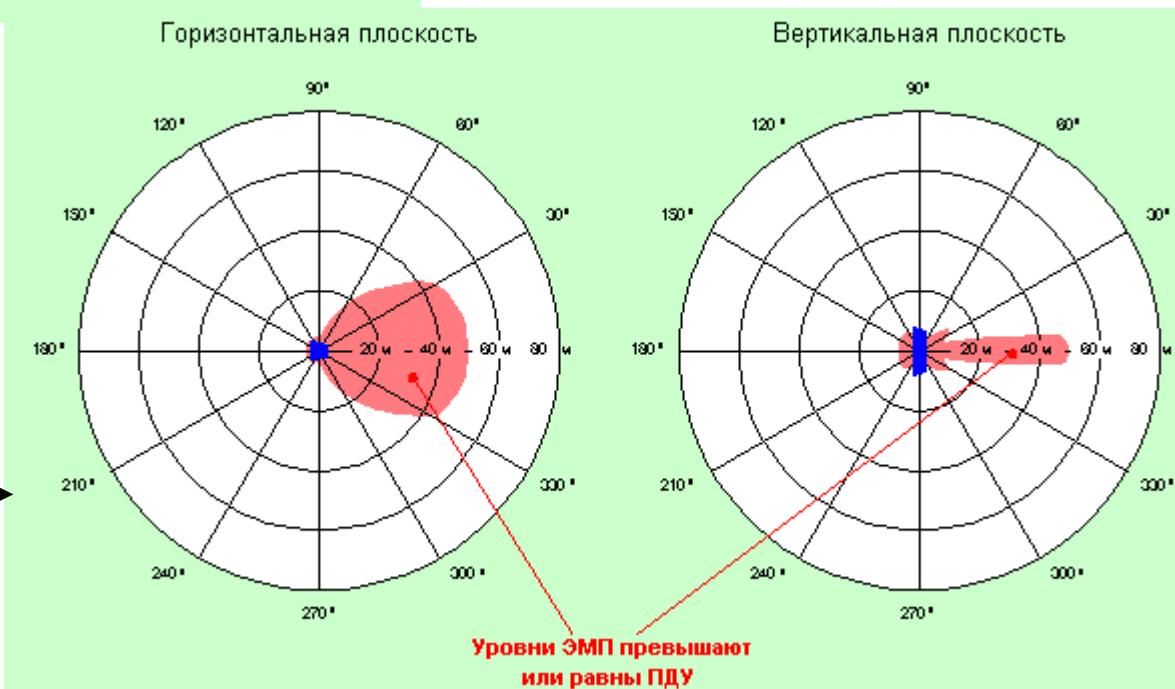
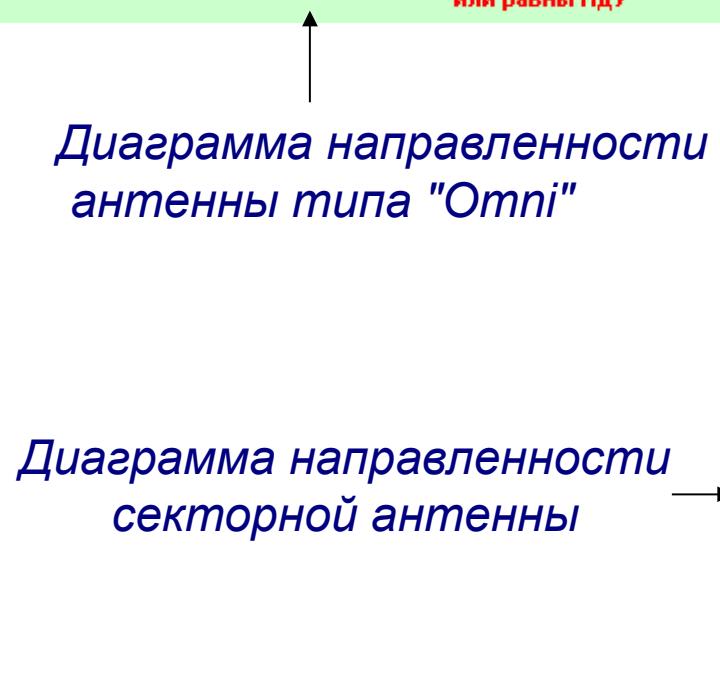




> 2 M



защита «углом»

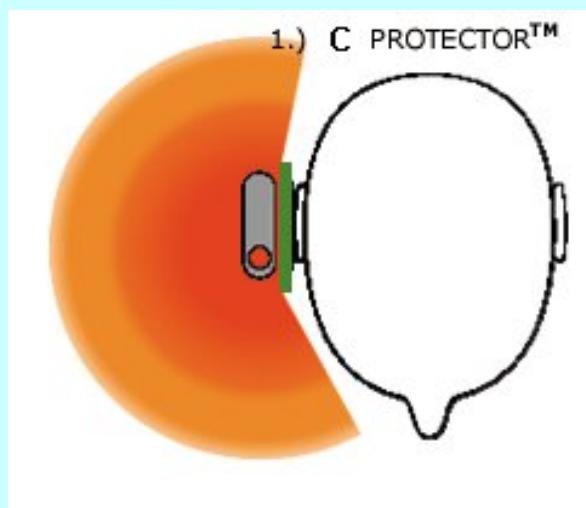
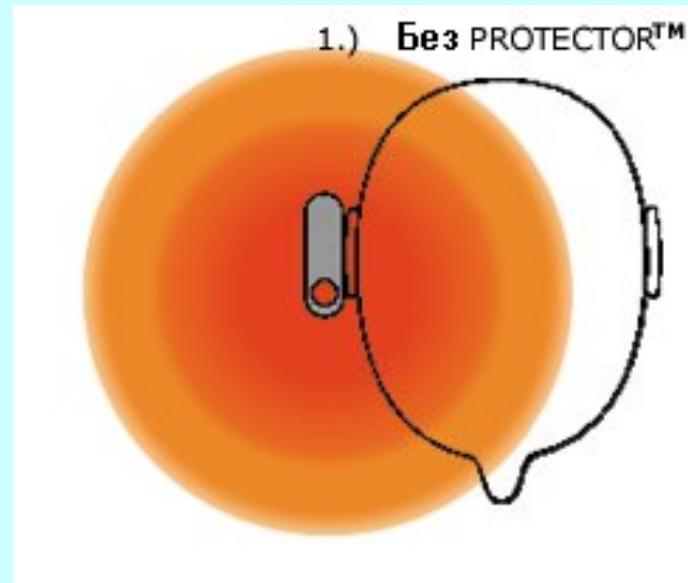




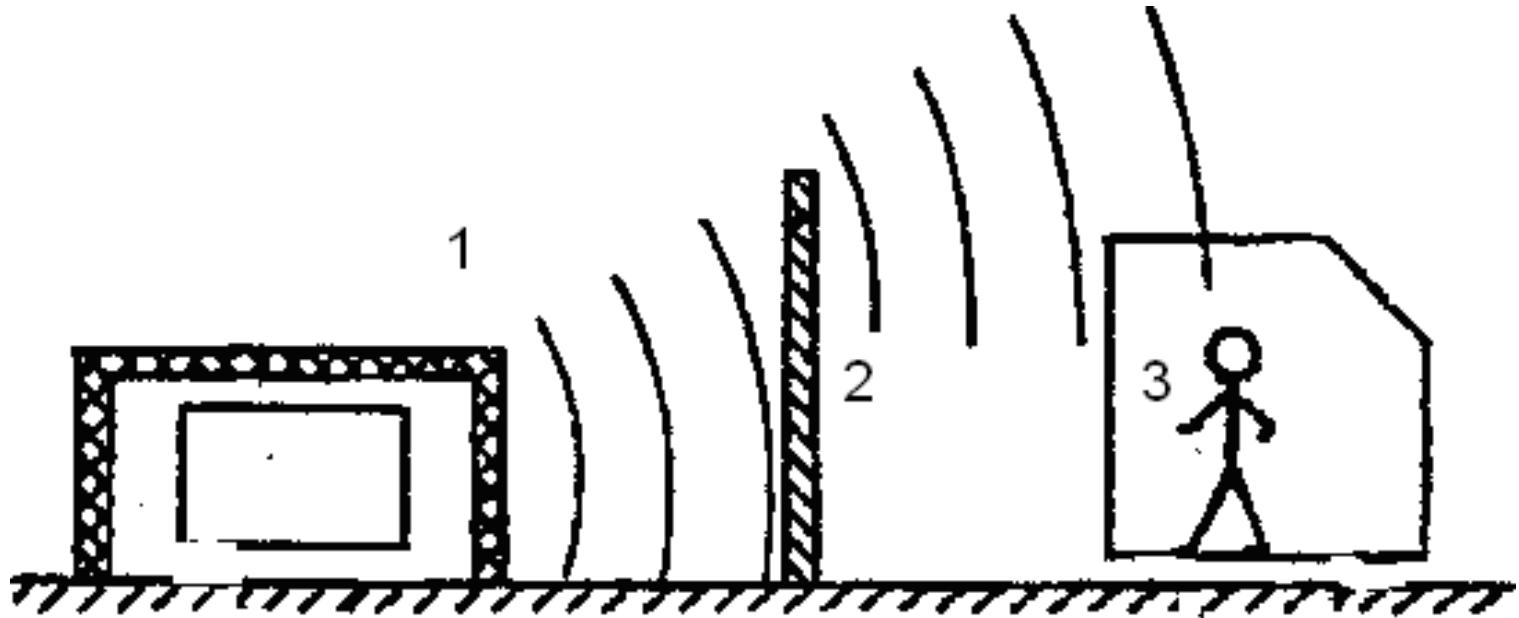
Распределение энергии излучения антенны БС



Pictures of a Nokia 5110 with the PRO TECH PLUS accessory.



Экранирование



Степень ослабления ЭМП зависит от конструкции экрана, материала и параметров источника излучения.

Коэффициент ослабления, дБ

$$L = 20 \lg \frac{E}{E_H}$$

$$L = 20 \lg \frac{H}{H_H}$$

$$L = 20 \lg \frac{ППЭ}{ППЭ_H}$$

- -отражение
- поглощение

Глубина проникновения волны, м

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{2\pi f \mu' \mu_0}}$$

Необходимая толщина сплошного экрана

$$\delta = \frac{65L}{\sqrt{f \mu_a \sigma}}$$





Дробь Вебера

Степень восприятия оценивается относительной величиной интенсивности раздражителя, что характеризуется дробью Вебера:

$$\frac{\Delta I}{I_0} = \text{const}$$

где ΔI - приращение интенсивности раздражителя;
 I_0 - первоначальная интенсивность.

Например, если горит 10 ламп, то добавление одной вызывает едва заметное изменение освещённости. Однако, если зажжено 100 ламп, то чтобы получить изменение освещённости, надо добавить уже 10 ламп. Считая, что количество ламп пропорционально силе света, это рассуждение можно выразить дробью:

$$1/10 = 10/100 = 100/1000 = 0,1.$$

Психофизиологический закон Вебера-Фехнера

Установлено, что величина ощущения изменяется медленнее, чем сила раздражителя. Закон Вебера-Фехнера связывает уровень ощущения **L** и силу (интенсивность) раздражителя **I**.

Формулировка закона:

**Уровень ощущения L пропорционален логарифму
относительной величины интенсивности I раздражителя.**

$$L = K \lg \frac{I}{I_0} + C,$$

где I_0 - интенсивность на нижнем пороге чувствительности;
К и С - некоторые константы.

Выводы из закона Вебера-Фехнера

- 1** В диапазоне работы анализатора степень чувствительности определяется относительной величиной, то есть отношением интенсивности к интенсивности на нижнем пороге чувствительности.
- 2** Чувствительность анализатора возрастает при слабых раздражителях и автоматически загрубляется при действии мощных раздражителей; этим обеспечивается самозащита анализатора и человека.

Закон Вебера-Фехнера только в первом приближении моделирует сложный физиологический процесс ощущений.

Шум

Физические характеристики звука

Звук - волновое движение упругой среды; как физиологическое явление он определяется ощущением, воспринимаемым органом слуха при воздействии звуковых волн, слышимых человеком.

Он характеризуется:

- частотой колебаний f (Гц), то есть числом колебаний в секунду;
- звуковым давлением p (Па) - переменной составляющей давления воздуха;
- интенсивностью или силой звука I ($\text{вт}/\text{м}^2$) равной потоку звуковой энергии, проходящей в единицу времени через 1м^2 площади.

Интенсивность пропорциональна квадрату звукового давления.

По частоте колебаний звуки классифицируются:

Инфразвук

20Гц

Слышимый звук

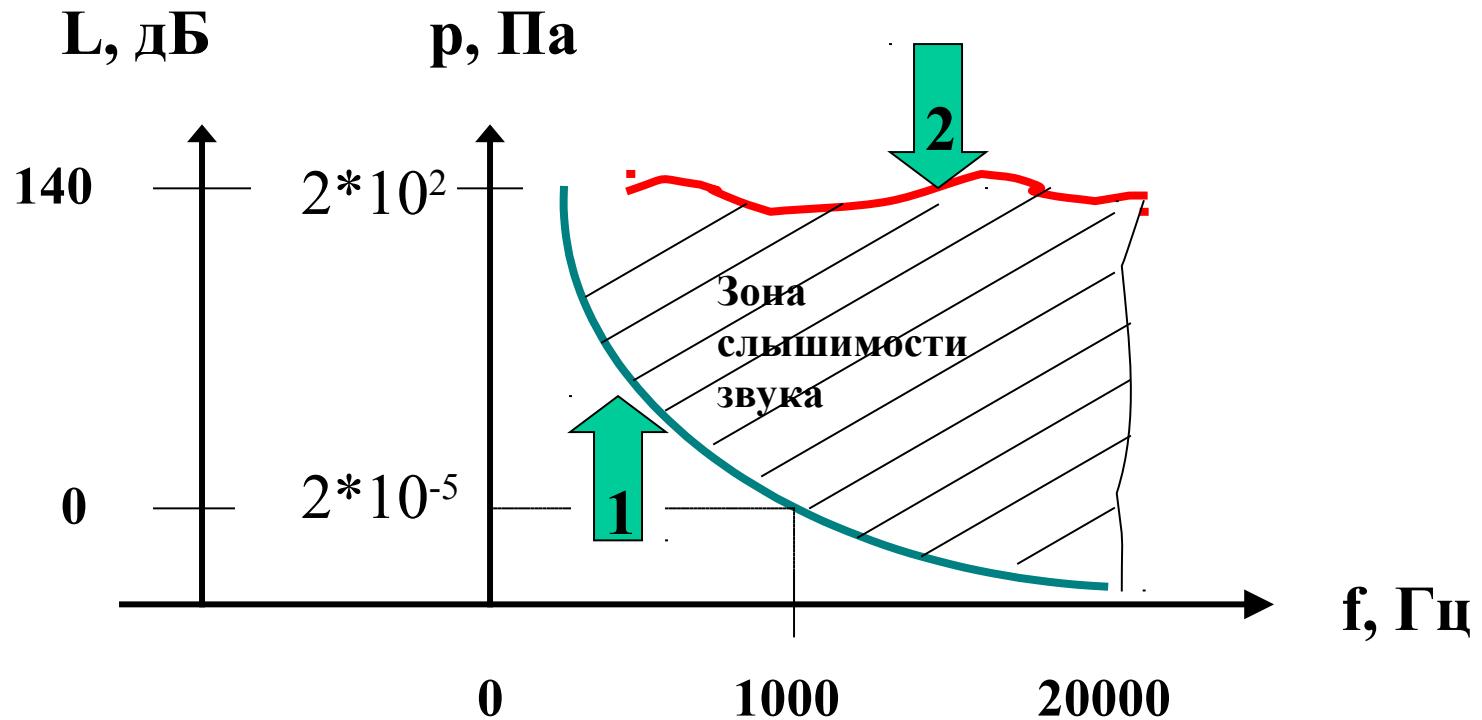
20000Гц

Ультразвук

Шум - всякий мешающий, нежелательный звук.

Вибрация, или структурный звук, – это периодическое изменение хотя бы одной координатной точки или системы, возникающее в твердых упругих телах.

Зона слышимости звука



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

Шум и его характеристики

Шум - сложное колебание, комплекс звуков разных частот; его оценивают спектром, то есть зависимостью уровня звукового давления от частоты.

Среднегеометрическая октавная полоса частот определяется:

$$f_{cp} = \sqrt{f_n \cdot f_v}$$

где f_v и f_n - верхняя и нижняя граничные частоты , причем для октавной полосы $f_v / f_n = 2$, для третьоктавных полос $f_v / f_n = 1.26$.

Средние частоты октавных полос

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Гц
45	90	180	355	710	1400	2800	5600	11200

Граничные частоты октавных полос

интенсивность звука

$$I = \frac{p^2}{\rho c}$$

,
где ρ - плотность среды ($\text{кг}/\text{м}^3$), c - скорость распространения ($\text{м}/\text{с}$), $340 \text{ м}/\text{с}$ - для воздуха.

Уровень интенсивности звука

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

где $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт}/\text{м}^2$ - пороговая (нулевая) интенсивность звука, соответствующая интенсивности едва слышимого звука на $f=1000 \text{ Гц}$.

уровень звукового давления:

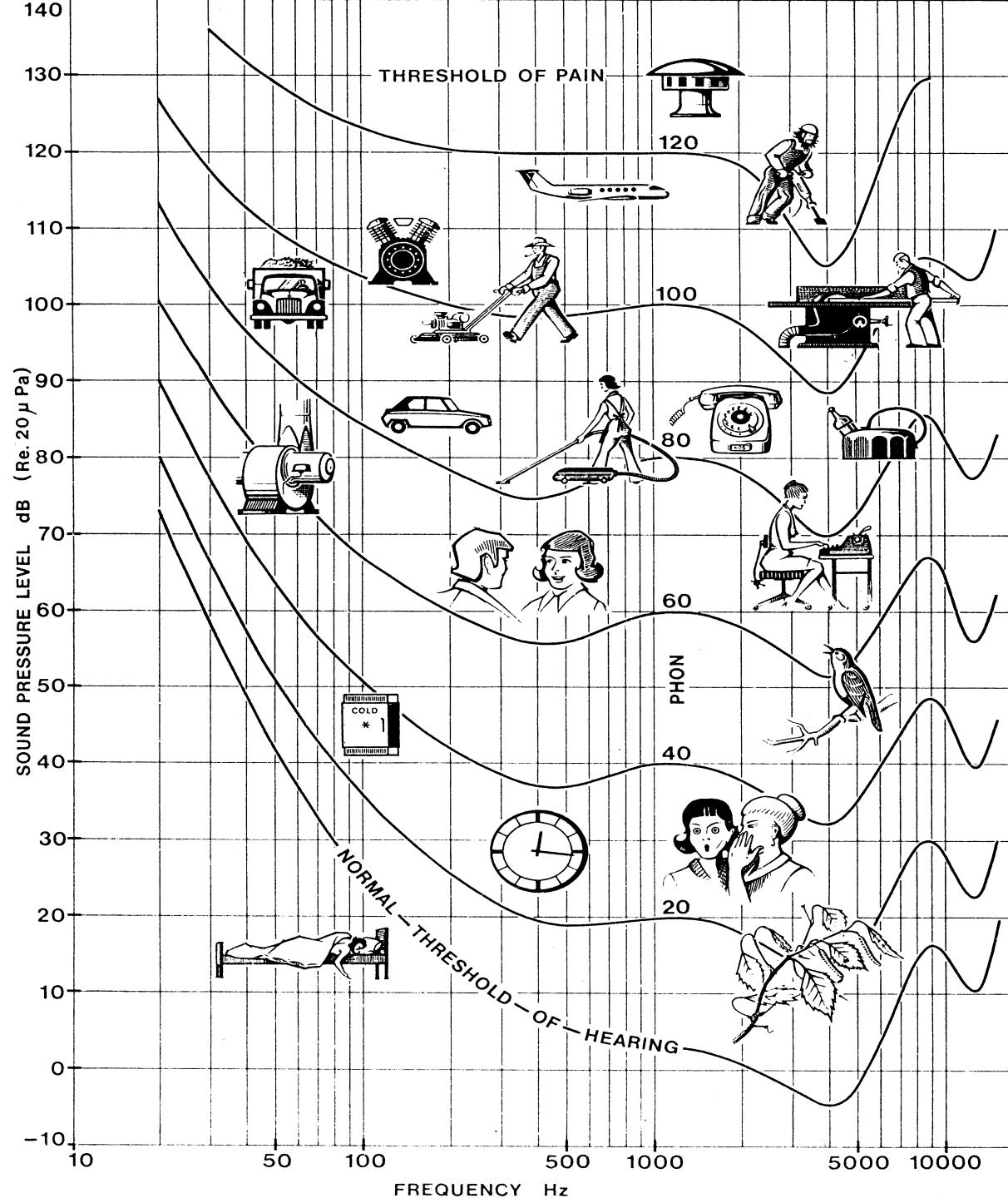
$$L = 20 \lg \frac{p}{p_0} \quad \text{Па (Н/м}^2\text{)}$$

где $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Па,

сложение уровней звукового давления нескольких источников

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

где L_i - уровни звука (или уровни звукового давления) i -го источника шума, дБА (дБ).



P > 140-150 дБ - разрыв барабанных перепонок.

P > 80 дБ - специфические заболевания (снижение остроты слуха, тугоухость и глухота),

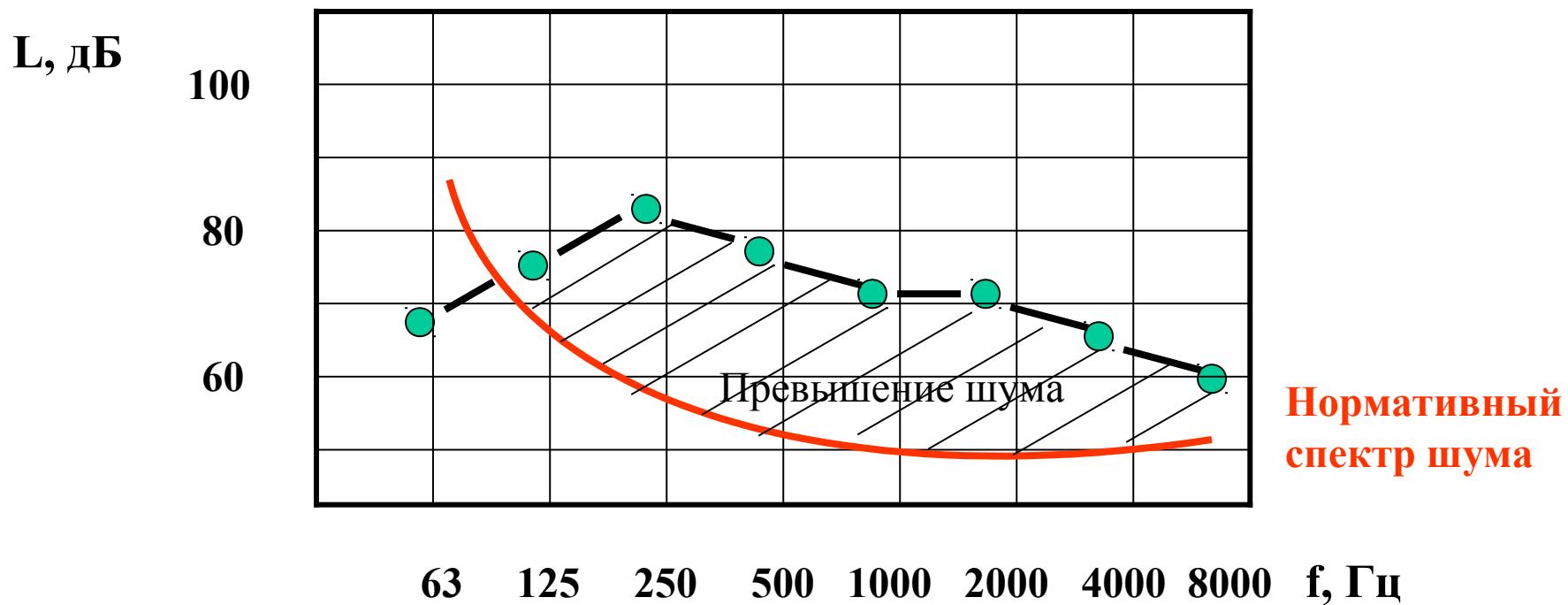
P < 80 дБ - неспецифические заболевания (неврозы, сердечно-сосудистые заболевания, заболевания внутренних органов: желудочно-кишечные, язвы и др.).

Человеческий организм реагирует на шум как на опасность: напрягаются мускулы, повышается кровяное давление, учащается сердцебиение, меняется содержание в крови сахара и жира, в больших количествах вырабатывается гормон адреналин.

Шум является вторым, после курения, фактором риска, вызывающим инфаркт миокарда.

«Сама по себе громкость звука— это еще не вся проблема, важно его качество, его содержание»,

Построение спектра шума



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

По положению максимума в спектре шум условно делят на:
низкочастотный (основные составляющие на частотах <300 Гц)
среднечастотный (300-800 Гц)
высокочастотный (выше 800 Гц).

По характеру спектра шум делится на:

- *широкополосный* с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
- *тональный*, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона (устанавливается при измерениях в третьоктавных полосах частот по превышению уровня звукового давления в одной полосе над соседними на величину не менее 10 дБ);
- *смешанный*, когда на сплошные участки накладываются отдельные дискретные составляющие.

По временным характеристикам шум подразделяется на:

- **постоянный шум**, уровень звука которого за выбранный отрезок времени изменяется во времени не более чем на 5 дБА ;
- **непостоянный шум**, уровень звука которого за выбранный отрезок времени изменяется более чем на 5 дБА.
 - **колеблющийся** во времени, уровень звука которого непрерывно меняется во времени;
 - **прерывистый**, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5 дБА и более, причем длительность интервалов, в течение которых уровень звука остается постоянным, составляет более 1 с);
 - **импульсный**, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый из которых длительностью менее 1с, при этом уровни звука, измеренные на импульсной характеристике шумомера, отличаются не менее чем на 7 дБА .

Санитарное нормирование шума.

ГОСТ 12.1.1.003-83* «ССБТ. Шум . Общие требования безопасности», СН 2.2. 4/22.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территориях жилой застройки».

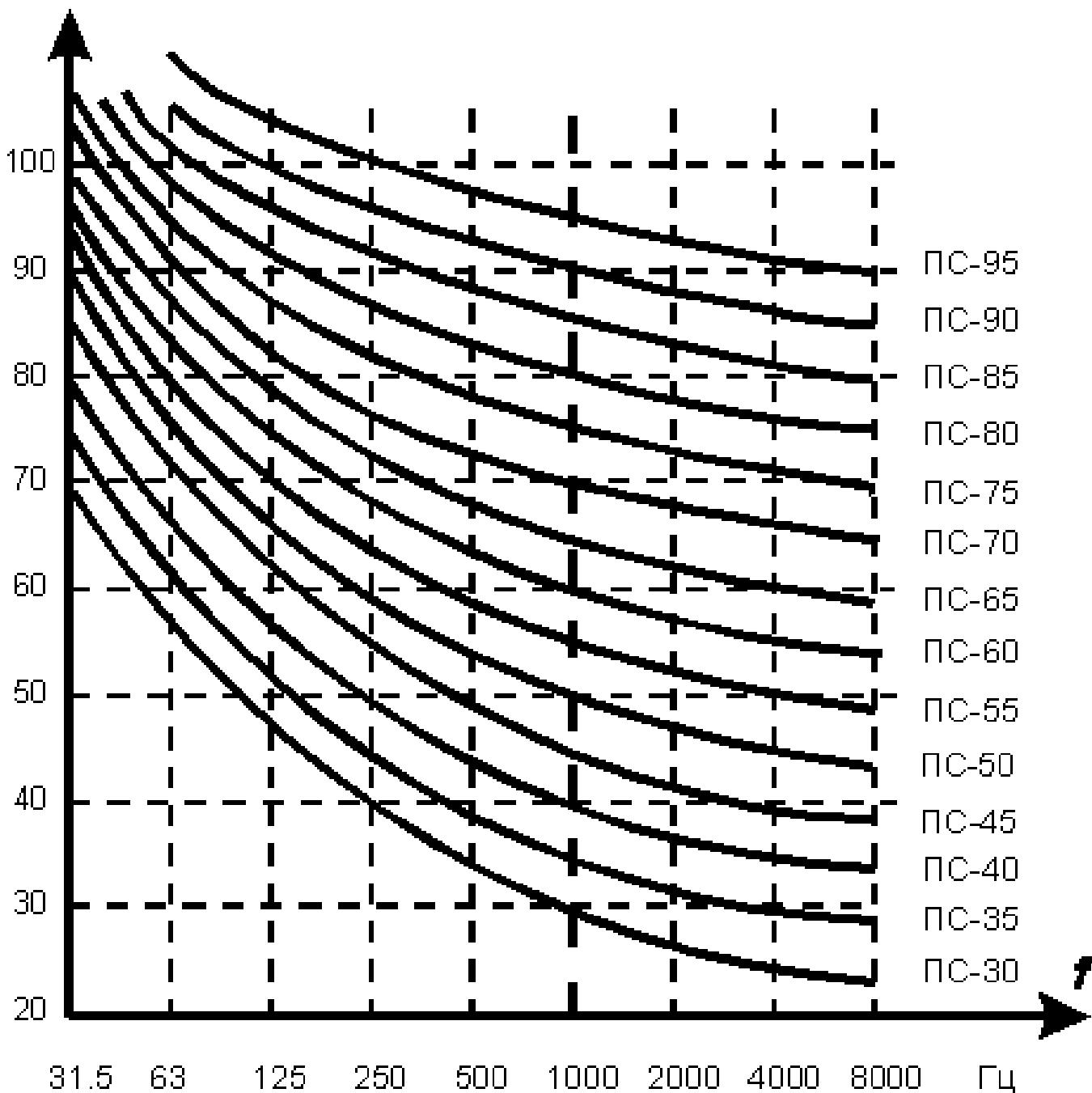
Ведётся:

- по предельному спектру, ПС, дБ, в октавных полосах частот

Нормируемыми параметрами шума являются уровни среднеквадратических звуковых давлений (дБ) в октавных полосах с частотой 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц

- по эквивалентному уровню звука, дБА. - без частотного анализа по шкале А шумометра, которая приблизительно соответствует частотной характеристике слуха человека .

дБ P_∞



Семейство
нормировочных
кривых шума
(ПС),
рекомендованных
ISO.

1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность.	ПС-45
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории.	ПС-55
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля.	ПС-60
4	Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами.	ПС-70
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 1—4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах	ПС-75 (80 дБА)

$$L_A = 20 \lg \frac{P_A}{P_0}, \text{ дБА}$$

где P_A - среднеквадратичное значение звукового давления с учетом коррекции «A» шумометра, Па.

Между ПС и интегральным показателем в дБА существует простое соотношение:

$$L_A^{\text{ном}} = PC + 5$$

где ПС – номер предельного спектра (например, ПС-75 соответствует интегральная норма $L_A^{\text{ном}} = 80$ дБА).

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Время суток	Уровни звука (в дБА)	Макси- мальные уровни звука, дБА
Палаты больниц и санаториев, операционные больниц...	с 7 до 23 ч. с 23 до 7 ч.	35 25	50 40
учебные кабинеты, аудитории школ и других учебных заведений, конференцзалы, читальные залы...		40	55
Жилые комнаты квартир, домов отдыха...	с 7 до 23 ч. с 23 до 7 ч.	40 30	55 45

При оценке шума допускается использовать дозу шума, т.к. установлена линейная зависимость – эффект по временному смещению порога слуха, что свидетельствует об адекватности оценки шума по энергии. Дозный подход позволяет оценивать кумуляцию (накопление) шумового воздействия за рабочую смену.

Доза шума D в Па²ч- интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, действующую на человека, за определенный период времени

$$D = \int_0^T P_A^2(t) dt$$

где $P_A(t)$ – текущее значение среднеквадратического звукового давления с учетом коррекции А шумомера, T – продолжительность воздействия шума.

Способы борьбы с шумом.

1. Борьба в источнике.

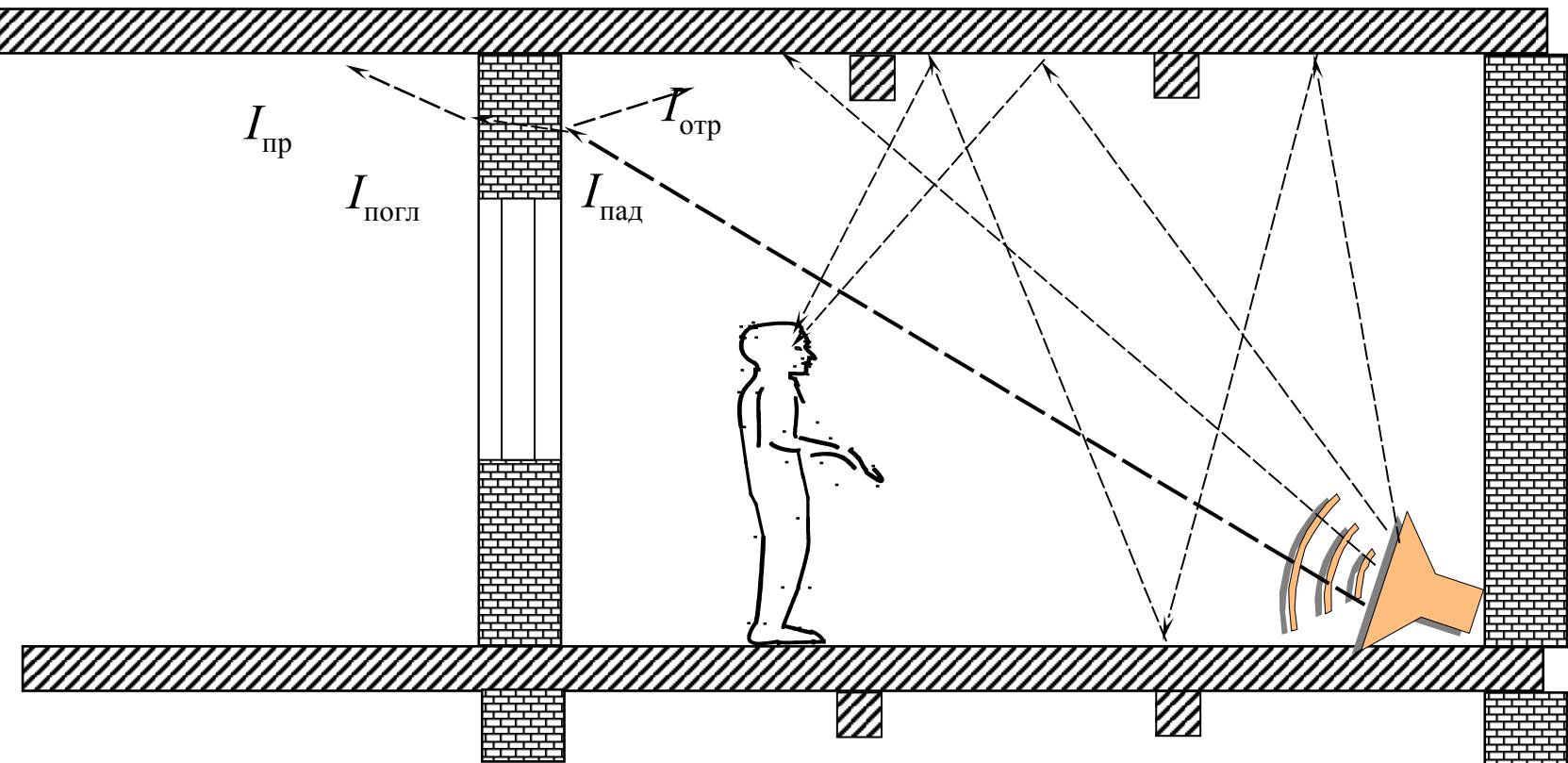
правильный выбор параметров, материалов (вместо металла - пластмассы), уход (смазка, подтяжка, регулировка), использование прокладок.

2. Борьба на пути его распространения.

Используются принципы отражения и поглощения.

3. Борьба с шумом в приёмнике.

сокращение времени воздействия, применение индивидуальных средств защиты слуха (мягкие противошумные вкладыши, шлемы, каски и специальные противошумные костюмы).

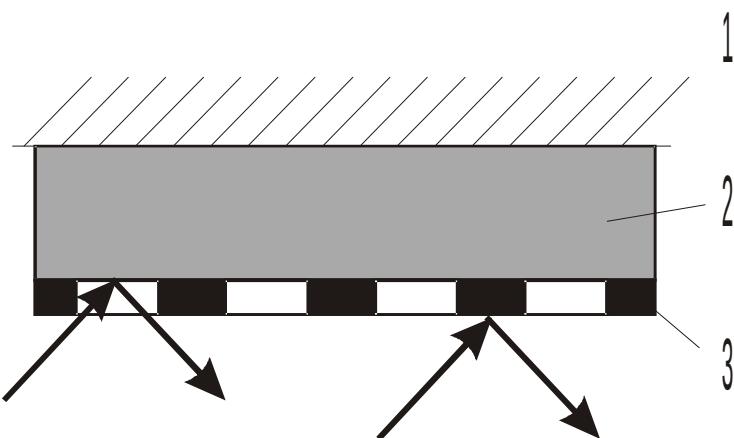
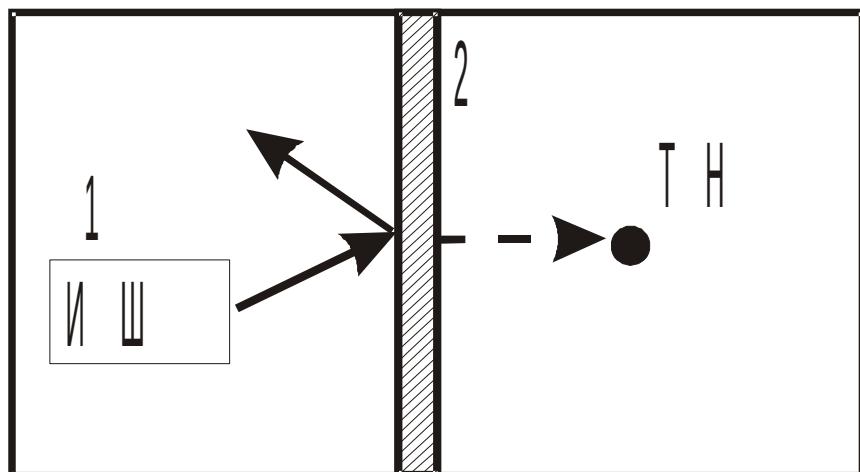


В зависимости от принципа действия методы защиты от шума и звуковой вибрации делятся на следующие:

- звукоизоляция;
- звукопоглощение;
- виброизоляция;
- вибропоглощение;
- глушители шума.

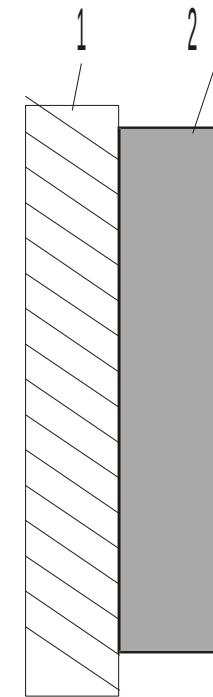
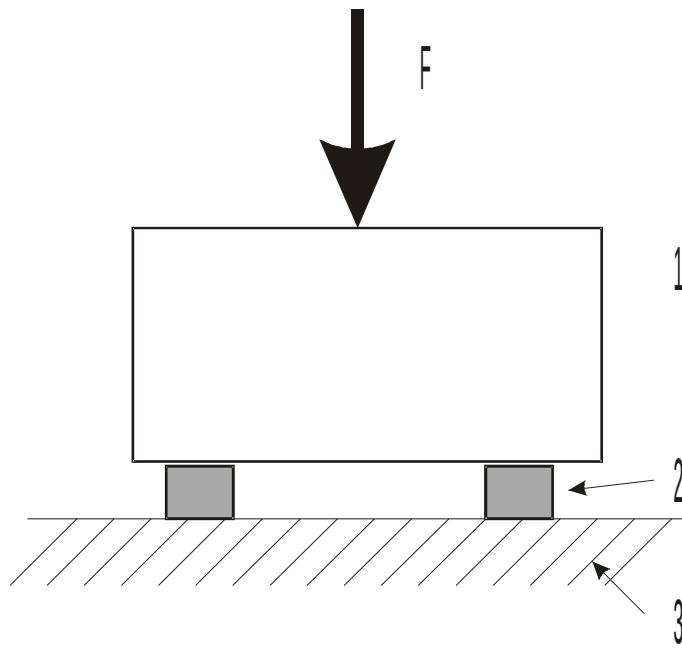
Звукоизоляция - метод защиты от воздушного шума, основанный на отражении звука от бесконечной плотной звукоизолирующей преграды

Звукопоглощение - метод защиты от воздушного шума, основанный на поглощении звука при переходе звуковой энергии в тепловую в мягкой звукопоглащающей (волокнистой или пористой) конструкции

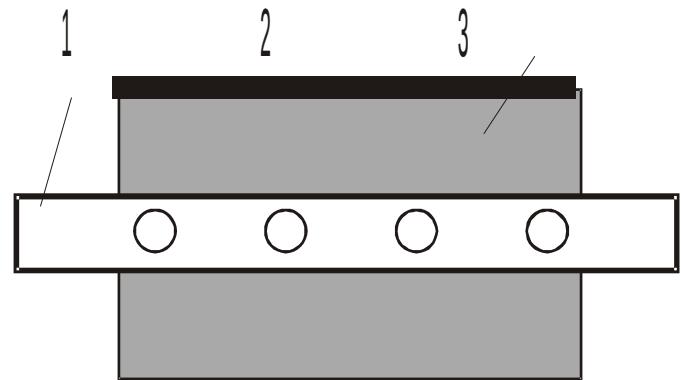
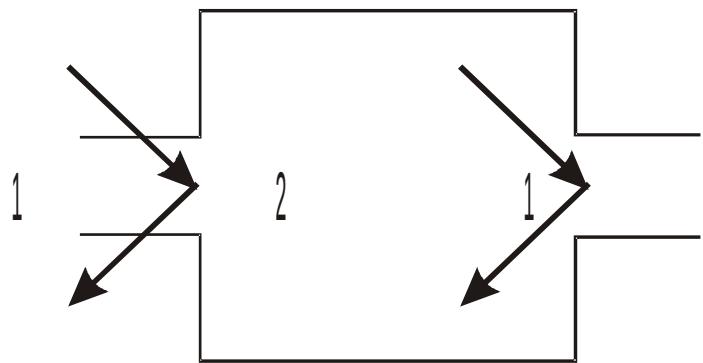


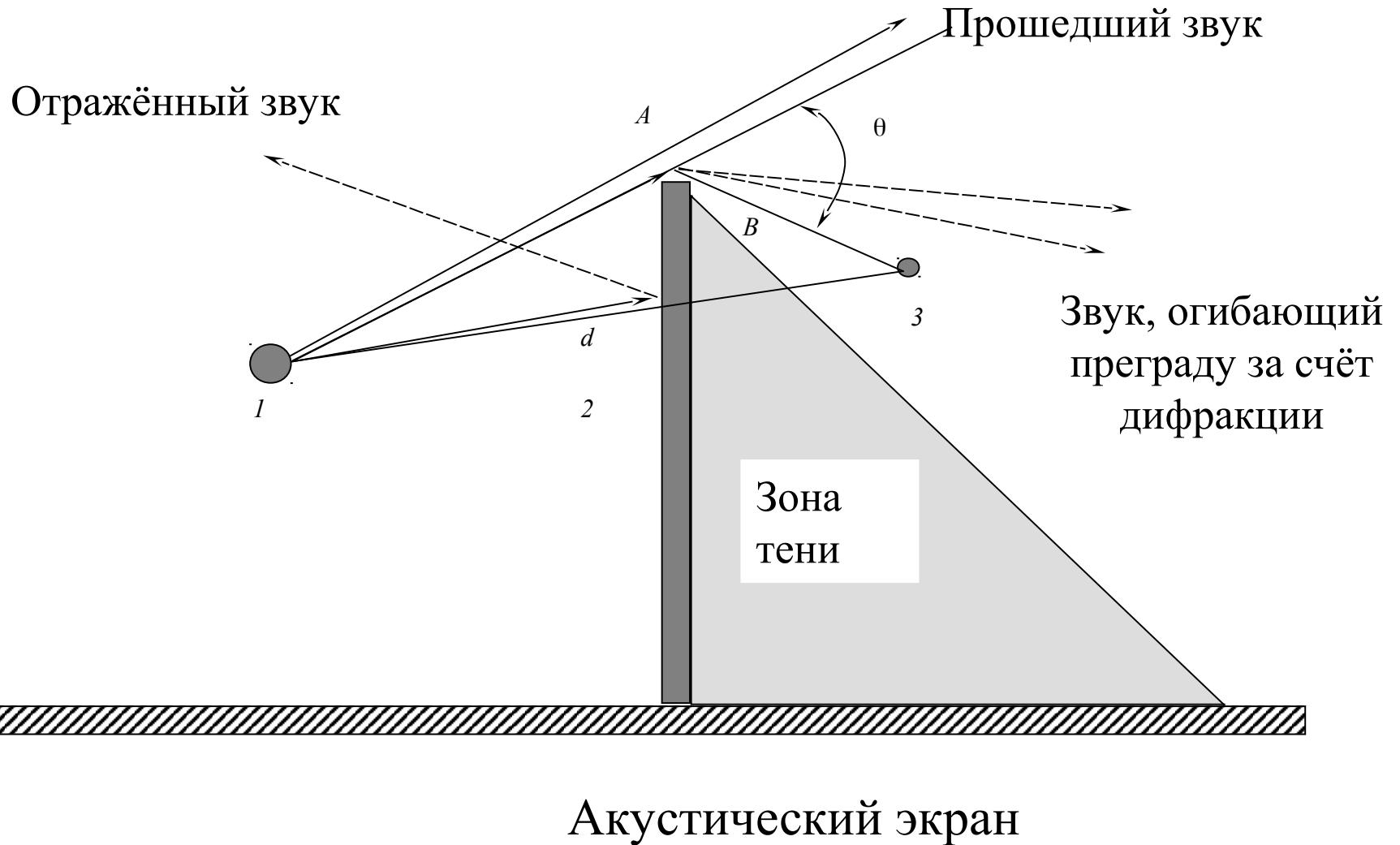
Виброизоляция - метод снижения структурного звука, основанный на отражении вибрации в виброизоляторах .

Вибродемпфирование - способ защиты от звуковой вибрации за счёт перехода вибрационной энергии в тепловую в вибродемпфирующих покрытиях .



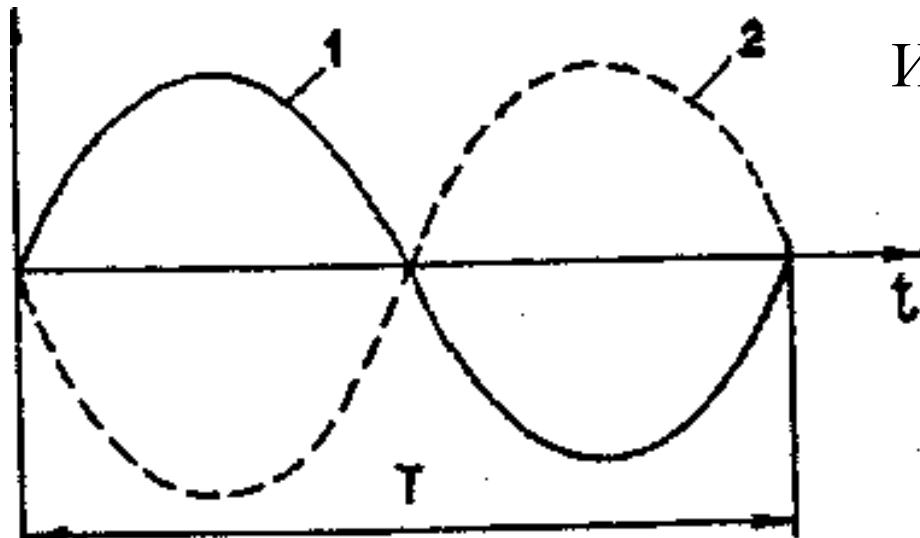
Глушители шума - устройства, применяемые для снижения аэродинамического или гидродинамического шума за счёт отражения (реактивные) или поглощения (абсорбционные) звуковой энергии.





В зависимости от использования дополнительного источника энергии все средства защиты от шума и вибрации делятся на следующее:

- пассивные, в которых не используется дополнительный источник энергии;
- активные, в которых используется дополнительный источник энергии.



Интерференция звуковых волн

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2 \cos \varphi}$$

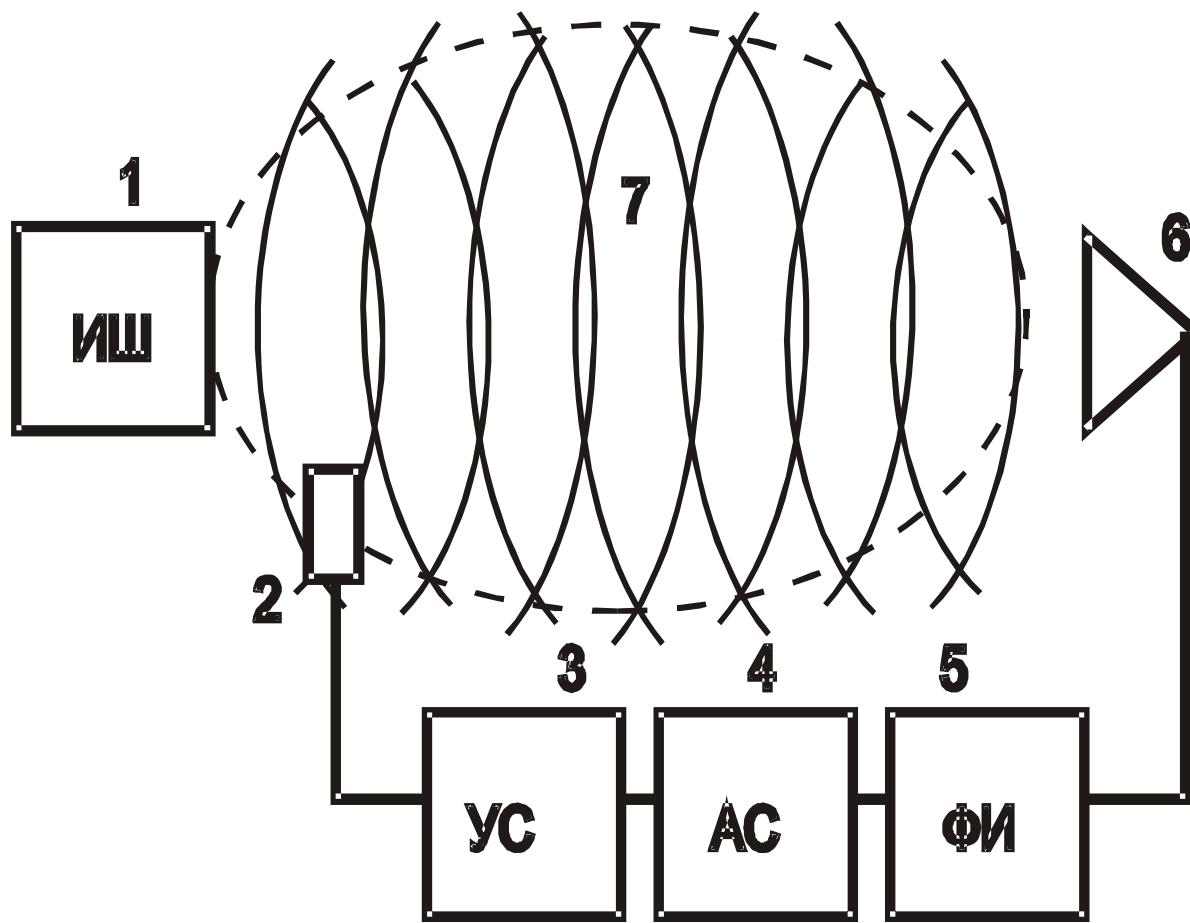
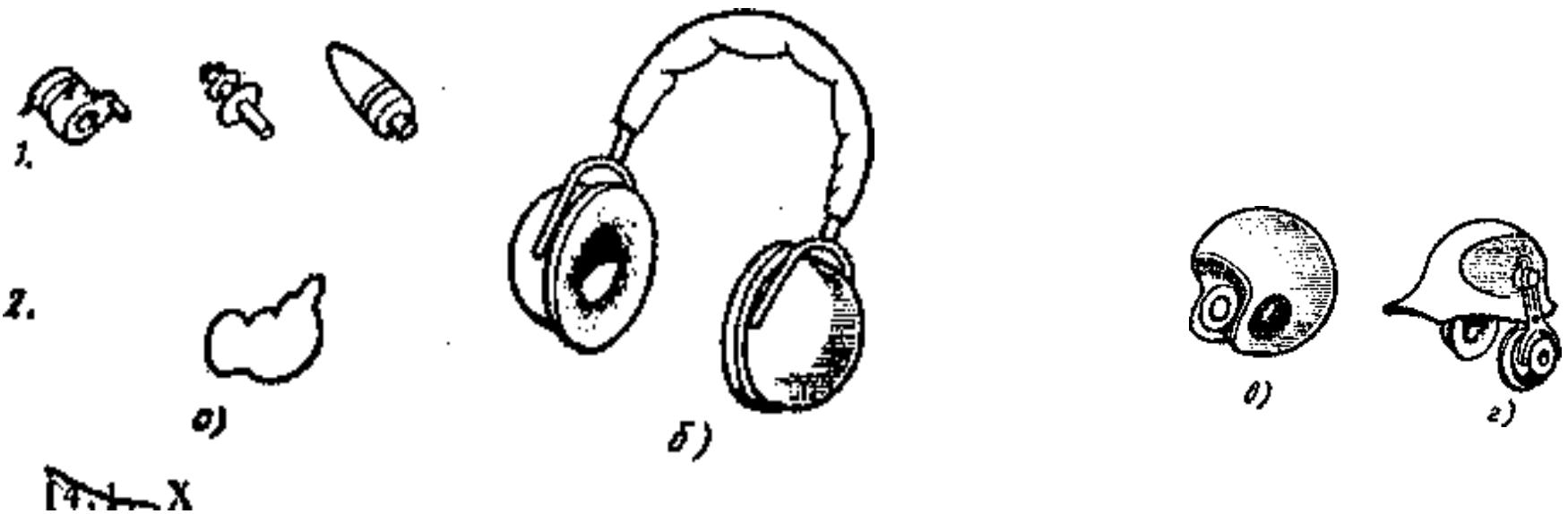


Схема устройства активной шумозащиты

- 1- источник- шума, 2 - микрофон;
- 3 - усилитель; 4 - анализатор спектра; 5- фазоинвертор;
- 6 - блок динамиков; 7 - зона защиты



Характерные типы средств индивидуальной защиты от шума:

a — вкладыши: 1 — многократного пользования; 2 — однократного пользования (из волокнистого материала); *б* — наушники; *в* — шлем; *г* — каска с наушниками

Вибрацией машин и механизмов называется механическое колебательное движение упругих тел, при которых энергия механических колебаний по пути распространения вибраций передается телу человека.

Если вибрация передается на все тело человека, например, через пол, такая вибрация называется общей;

если же только на часть тела, например, через руки — называется местной, или локальной.

Вибрация характеризуется

частотой t ,

периодом колебания T ,

виброскоростью $v = 2\pi f A$

виброускорением $u = (2\pi f)^2 A$.

Местная вибрация характеризуется колебаниями инструмента или органов управления.

Гигиенические допустимые уровни вибраций регламентирует ГОСТ 12.1.012-78 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности».

Нормируемым параметром вибрации являются среднеквадратичные значения виброскорости, м/с, или ее логарифмические уровни, дБ, в октавных полосах частот — для общей вибрации 1,4, 16, 63 Гц, а для местной 8, 32, 125, 500 Гц.

Коллективная защита в зависимости от способа реализации подразделяется: на акустическую (звукоизоляция, звукопоглощение, виброизоляция, демпфирование, глушители шума); архитектурно-планировочную; организационно-техническую (применение малошумных технологических процессов, оснащение средствами дистанционного управления).

Индивидуальная защита от шума и вибраций применяется в тех случаях, когда техническими и другими мерами не удается снизить уровень шума и вибраций.

- **Пожар** - это процесс неконтролируемого горения, приводящий к материальному ущербу.

треугольник горения

- а) наличие горючего вещества;
- б) наличие окислителя (например, кислорода воздуха);
- в) нагрев вещества до температуры самовоспламенения.

для пожара - четвёртое условие:

- г) цепная реакция пожара,

Вспышка □ быстрое сгорание горючей смеси без образования повышенного давления газов.

Возгорание □ возникновение горения от внешнего источника зажигания.

Воспламенение □ возгорание, сопровождающееся появлением пламени.

Самовозгорание □ горение, возникающее при отсутствии внешнего источника зажигания.

Самовоспламенение □ самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени.

Взрыв □ чрезвычайно быстрое горение, при котором происходит выделение энергии и образование сжатых газов, способных производить механические разрушения.

самовозгорание.

три основных причины :

- окисление некоторых веществ кислородом воздуха (порошки алюминия, цинка, титана, белый фосфор, каменный уголь, пропитанный маслом хлопок);

- различного рода химические реакции. Например, интенсивное выделение тепла происходит в реакции щелочных металлов и их карбидов с водой, марганцовокислого калия с глицерином.

- микробиологические процессы в органических веществах (растительные масла, животные жиры, фрезерный торф и пр.).

Показатель	Агрегатное состояние веществ и материалов			
	газы	жидкости	твердые	пыли
Группа горючести	+	+	+	+
Температура вспышки	-	+	-	-
Температура воспламенения	-	+	+	+
Температура самовоспламенения	+	+	+	+
Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения)	+	+	-	+
Температурные пределы распространения пламени (воспламенения)	-	+	-	-
Температура тления	-	-	+	+
Условия теплового самовозгорания	-	-	+	+
Минимальная энергия зажигания	+	+	-	+
Кислородный индекс	-	-	+	-
Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами	+	+	+	+
Нормальная скорость распространения пламени	+	+	-	-
Скорость выгорания	-	+	-	-
Коэффициент дымообразования	-	-	+	-
Индекс распространения пламени	-	-	+	-
Показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов	-	-	+	-
Минимальное взрывоопасное содержание кислорода	+	+	-	+
Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора	+	+	-	+
Максимальное давление взрыва	+	+	-	+
Скорость нарастания давления взрыва	+	+	-	+
Концентрационный предел диффузионного горения газовых смесей в воздухе	+	+	-	-

- *Группа горючести* – способность вещества к самостоятельному горению
 - негорючее
 - трудногорючее
 - горючее

- Категория взрывоопасности зависит от способности данного вещества, заключённого в какой-то негерметизированный объём, содержащий источник зажигания, передать взрыв в окружающую взрывоопасную среду.
- За нормируемый показатель взрывоопасности газа принят **размер (высота) безопасного экспериментального максимального зазора (БЭМЗ)** (при ширине зазора 1 см). Чем меньше безопасный зазор (чем выше категория), тем опаснее газовая смесь.

Предотвращение инициации пожара
должно достигаться:

- предотвращением образования горючей среды;
- предотвращением образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

Предотвращение образования горючей среды :

- максимально возможным применением негорючих и трудногорючих веществ и материалов;
- ограничением массы горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения;
- изоляцией горючей среды (применением изолированных отсеков, камер и т. п.);
- поддержанием безопасной концентрации среды ;
- достаточной концентрацией флегматизатора в воздухе защищаемого объема (его составной части);
- поддержанием температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается;
- максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ

- **Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания :**
- применением устройств, при эксплуатации которых не образуются источники зажигания;
- применением электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории взрывоопасной смеси;
- применением в конструкции быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания;
- применением технологического процесса и оборудования, удовлетворяющего требованиям электростатической искробезопасности по ГОСТ 12.1.018;
- устройством молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;
- поддержанием температуры нагрева поверхности машин ниже предельно допустимой, составляющей 80 % наименьшей температуры самовоспламенения горючего

- Категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности
- **А – взрывопожароопасная** - горючие газы или ЛВЖ с Твсп< 28 С ⇒ Р> 5 кПа.
- **Б – взрывопожароопасная** горючие пыли, волокна или ЛВЖ с Твсп >28 С ⇒ Р> 5 кПа .
- **В – пожароопасная** - горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть, не формируя взрыва.
- **Г** негорючие вещества и материалы в горячем, раскалённом или расплавленном состоянии, горючие газы, жидкости и твердые вещества -в качестве топлива.
- **Д** негорючие вещества и материалы в холодном состоянии (допускается - кабельные электроподводки к оборудованию, отдельные предметы мебели на рабочих местах).

Классы пожароопасных зон

- **П-1** □ обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 С;
- **П-II** □ выделяются горючие пыли или волокна с НКПВ более 65 г/куб.м,
- **П-IIА** □ содержащие твердые горючие вещества.
- **П-III** □ расположены вне помещений, содержащих горючие материалы.

6 классов взрывоопасных зон.

- **B-1** - в нормальных режимах работы оборудования выделяются взрывоопасные вещества (горючие газы или пары ЛВЖ) в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси
- **B-1а** - -»- только в аварийных режимах.
- **B-1б** - возможно образование взрывоопасных смесей только в результате аварий, но здесь горючие газы обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более) и резким запахом.
- **B-1г** □ пространства у наружных установок с взрывоопасными смесями
- **B-II** - выделяются горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы.
- **B-IIa** - -»- только в аварийных ситуациях.

автоматические пожарные извещатели

по признаку пожара, вызывающему
срабатывание, делятся на:

- тепловые,
- ультрафиолетового излучения
(световые),
- дымовые (оптические, ионизационные),
- ультразвуковые и др.

ВИДЫ ИЗЛУЧЕНИЙ.

Альфа - излучение (α - излучение) .

Бета - излучение (β -излучение).

Нейтроны, протоны.

Гамма - излучение (γ -излучение).

Рентгеновское излучение.

Источник ионизирующего излучения	W_R
Рентгеновский, γ , β , позитроны	1
Тепловые нейтроны $W < 10 \text{ кэВ}$, протоны	5
Нейтроны с энергией 10-100кэВ	10
Нейтроны с энергией 0.1-2 МЭВ, Альфа-лучи	20

Экспозиционная доза (X) - количественная характеристика γ - и рентгеновского излучений, основанная на их ионизирующем действии в воздухе. Экспозиционная доза - отношение полного заряда dQ всех ионов одного знака, создаваемых в воздухе, когда все электроны и позитроны, освобождённые фотонами в элементарном объёме воздуха массой dm , полностью остановились, к массе воздуха dm в этом объёме:

$$X = dQ/dm.$$

СИ - кулон на килограмм (Кл/кг).

Внесистемная единица экспозиционной дозы - рентген,

$$1 \text{ Р} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг.}$$

Поглощённая доза ($D_{T,R}$) – энергия ионизирующего излучения R , переданная веществу и определяемая по формуле

$$D = \frac{de}{dm}$$

где de - средняя энергия, переданная ионизирующими излучением веществу, находящемуся в элементарном объёме; dm - масса вещества в этом элементарном объёме.

СИ - (Дж /кг), специальное название - грей (Гр).

Внесистемная единица измерения поглощённой дозы – рад:

$$1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г} = 0.01 \text{ Дж/кг.}$$

Связь между поглощенной и экспозиционной дозой:

$$X = f \cdot D$$

для воздуха $f = 0.88$

При экспозиционной дозе в 1 Р в воздухе при нормальных условиях поглощается 0.114 эрг/см³ = 88 эрг/г = 0.88 рад.
Эти величины называются энергетическими эквивалентами рентгена.

для биологической ткани

$$f = \frac{M_{AT} / \rho_T}{M_{AB} / \rho_B}$$

М -коэффициенты истинного поглощения в биологической ткани и воздухе, ρ - плотность биологической ткани и воздуха.

>100 Гр	Смерть наступает через несколько часов или дней вследствие повреждения центральной нервной системы
>10-50 Гр	Смерть наступает через одну-две недели вследствие внутренних кровоизлияний (главным образом в желудочно-кишечном тракте)
>3-5 Гр	50% облученных умирает в течение одного-двух месяцев вследствие поражения клеток костного мозга
2-4,0 Гр	Лучевая болезнь средней тяжести, в 20 % случаев возможен смертельный исход через 2...6 недель после облучения.
1,5-2,0 Гр	легкая форма острой лучевой болезни, которая проявляется продолжительной лимфопенией, в 30...50 случаев—рвота в первые сутки после облучения. Смертельные исходы не регистрируются
0,5-1,5 Гр	у 10 % облученных может наблюдаться рвота, умеренные изменения в крови
0,25-0,5 Гр	временные изменения в крови, которые быстро нормализуются

Доза эквивалентная ($H_{T, R}$) - мера воздействия излучения на биологический объект, определяемая как поглощённая доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного излучения (W_R):

$$H_{T, R} = W_R D_{T, R}$$

$D_{T, R}$ - средняя поглощённая доза в органе или ткани.

СИ - (Дж/кг), специальное название - зиверт (Зв).

Внесистемная единица измерения эквивалентной дозы - бэр:

$$1 \text{ бэр} = 0.01 \text{ Дж/кг.}$$

Источник ионизирующего излучения	W_R
Рентгеновский, γ , β , позитроны	1
Тепловые нейтроны $W < 10 \text{ кэВ}$, протоны	5
Нейтроны с энергией 10-100 кэВ	10
Нейтроны с энергией 0.1-2 МЭВ, Альфа-лучи	20

Доза эффективная (E) - величина, используемая как мера риска возникновения отдалённых последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учётом их радиочувствительности.

$$E = \sum_{\text{T}} W_{\text{T}} H_{\text{T}}$$

СИ – зиверт (Зв).

гонады.....	0.20	печень.....	0.05
костный мозг	0.12	пищевод.....	0.05
толстый кишечник...	0.12	щитовидная железа.....	0.05
лёгкие	0.12	кожа.....	0.01
желудок.....	0.12	клетки костных поверхностей	0.01
мочевой пузырь.....	0.05	грудная железа.....	0.05

остальное (надпочечники, головной мозг, верхний отдел толстого кишечника, слепая кишка, восходящая и поперечная часть ободочной кишки, тонкий кишечник, почки, мышечные ткани, поджелудочная железа, селезёнка, вилочковая железа и матка)..... 0.05

гонады.....	0.20	печень.....	0.05
костный мозг	0.12	пищевод.....	0.05
толстый кишечник...	0.12	щитовидная железа.....	0.05
лёгкие	0.12	кожа.....	0.01
желудок.....	0.12	клетки костных поверхностей	0.01
мочевой пузырь.....	0.05	грудная железа.....	0.05
остальное (надпочечники, головной мозг, верхний отдел толстого кишечника, слепая кишка, восходящая и поперечная часть ободочной кишки, тонкий кишечник, почки, мышечные ткани, поджелудочная железа, селезёнка, вилочковая железа и матка).....			0.05

Определить максимальную допустимую мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения от ВДТ, исходя из предельной эквивалентной дозы за один год для хрусталика глаза, если пользователь ЭВМ ежедневно проводит за ней 8 ч.

1.

Нормируемые величины	Дозовые пределы	
	Группа А	Население
Эквивалентная доза за год в хрусталике	150	15

2. ПЭВМ – аналог бытовой техники - норма – для населения:

$$H_{\text{пду}} < 15 \text{ мЗ/год}$$

3. Излучение – рентгеновское - взвешивающий коэффициент для данного ионизирующего излучения в объеме биологической ткани $W_R = 1$

т.к. $H_{T,R} = D_{T,R} \times W_R$ то поглощенная доза $D_{T,R} = H_{T,R} / W_R$

Определить максимальную допустимую мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения от ВДТ, исходя из предельной эквивалентной дозы за один год для хрусталика глаза, если пользователь ЭВМ ежедневно проводит за ней 8 ч.

Экспозиционная доза $X = D / f$ где f -коэффиц. поглощения
1Р = 0.88 рад для воздуха , ≈ 1 для биолог. тканей

1 Гр=100 рад - $D_{\text{пд}} = 15 \text{ мГр} / \text{год} = 1.5 \text{ рад/год} \Rightarrow X \approx 1.5 \text{ Р} / \text{год}$

время действия за год $T = 8 \times 365 = 2920 \text{ час / год}$

Допустимая мощность экспозиционной дозы

$$P_{\text{пд}} = X / T = 1.5 / 2920 = 514 \cdot 10^{-6} \text{ Р/час}$$

-по СанПиН $P_{\text{пд}} < 100 \text{ мкР/ч}$

в СИ:

$$1\text{Р}=2.58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг} \quad 1\text{Р/ч} = 2.58 \cdot 10^{-4} \times 3600 \text{ сек} = 0,929 \text{ А/кг}$$

$$P_{\text{пд}} = 514 \cdot 10^{-6} / 0,929 = 556 \text{ А/ч}$$

