



# **Безопасность жизнедеятельности**

Не только думай, когда выбираешь,  
но и тщательно выбирай, о чем думаешь.

Сегодня 5.10.2009. понедельник

# Учебные вопросы:

## Тема: Электробезопасность.

1. Анализ опасности поражения электрическим током
2. Воздействие тока на человека.
3. Средства электробезопасности.

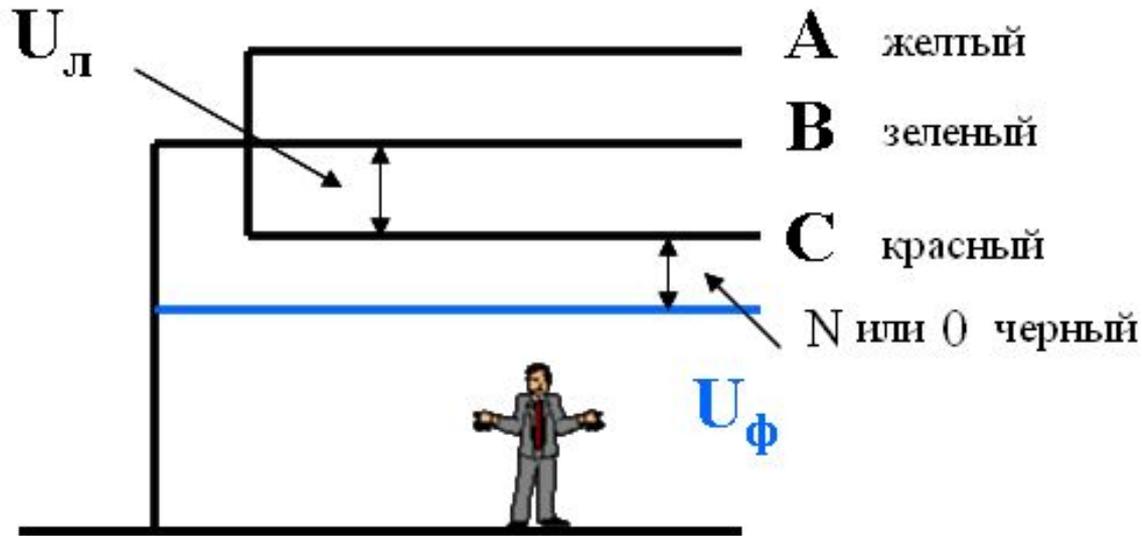
**На следующей встрече (12.10.09)  
будет контрольная работа.**

# ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

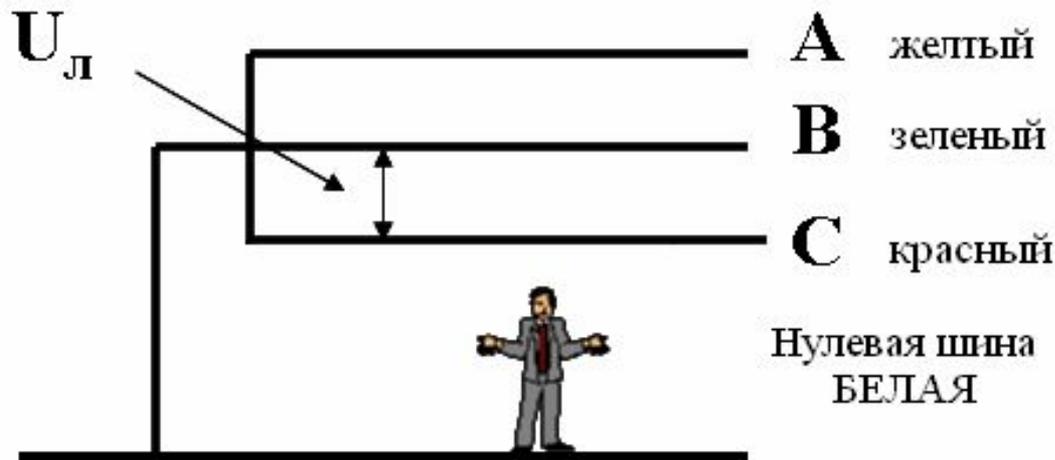
- ГОСТ 12.1.009-76. ССБТ.  
Электробезопасность, термины и определения.
- ПОТ РМ – 016-2001.
- РД 153-34.0-03.150-00.  
с 1 июля 2001 г.

**Электробезопасность** – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

# Схемы электрических сетей



Четырехпроводная  
трехфазная  
электрическая сеть  
с заземленной  
нейтралью



Трехпроводная  
трехфазная  
электрическая сеть  
с изолированной  
нейтралью

**При постоянном токе:** Положительная шина (плюс) – красный;  
Отрицательная шина (минус) – синий;      Нейтральная шина – белый.

Доля **электротравм** по отношению ко всем травмам на производстве составляет около 11,2 %.  
Из них:

- 57 % - при прикосновении к токоведущим частям;
- 23 % - от прикосновения к металлическим частям;
- 16 % - от прикосновения к неметаллическим частям;
- 2,5 % - от шагового напряжения;
- 1,5 % - при приближении (не касаясь) в высоковольтных установках более 1000 В.

Попадают под напряжение:

- 42 % - электрики;
- 35 % - электромонтеры.

# Воздействие тока на человека

**Проходя через организм человека, электрический ток оказывает следующие действия:**

1. Механическое – повреждения от судорожных сокращений мышц.
2. Химическое – электролиз крови.
3. Ожоги – токовые и дуговые.
4. Биологическое – нарушения биологических функций организма.
5. Комбинированное действие.

Это многообразие действий эл.тока приводит к двум видам поражения: **электрические удары** и **электрические травмы**.

# Электрические удары

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

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

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

Электрические удары имеют разные последствия:

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

# Электрические удары (продолжение)

**Электрический удар** – возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц.

**Различают 4 степени ударов:**

- **I** – судорожное сокращение мышц без потери сознания.
- **II** – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работой сердца.
- **III** – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности и/или дыхания.
- **IV** – клиническая смерть, отсутствие дыхания и кровообращения.

## Электрические удары (продолжение)

Труп белый – 44 % - **фибриляция сердца** – еще не наступила остановка сердца, но физические функции оно не выполняет. Кислородное голодание.

Труп синий – 44 % - **асфикция** – поражение органов дыхания.

Комбинированное действие – 12 %.

## Электрические травмы – четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги.

### • **Электрические ожоги.**

- **Токовый или контактный ожог** (покраснение кожи, пузыри. Электрический ток преобразуется в тепло).
- **Дуговой ожог** – носит тяжелый характер (омертвление пораженного участка кожи, обугливание и сгорание тканей).

### • **Электрические знаки** (метки) - это метки тока, возникающие в месте входа тока или по пути прохождения тока (пятна желтого цвета на коже диаметром 1-5 мм. Условия появления 110-115 °С).

### • **Металлизация кожи** - это проникновение брызг расплавленного металла от дуги в кожу, кожа сама со временем очищается.

### • **Механические повреждения** – вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений (разрывы кожи; кровеносных сосудов; нервов; вывихи суставов; переломы костей - редко).

### • **Электроофтальмия** – воспаление наружных оболочек глаз (от электрической дуги - сварка).

# Пороговые значения силы тока. Предельный ток

Для переменного тока частотой 50 Гц установлены пороги:

**Ощутимый ток (1 - 3 мА)**

**Неотпускающий ток (10 - 15 мА).**

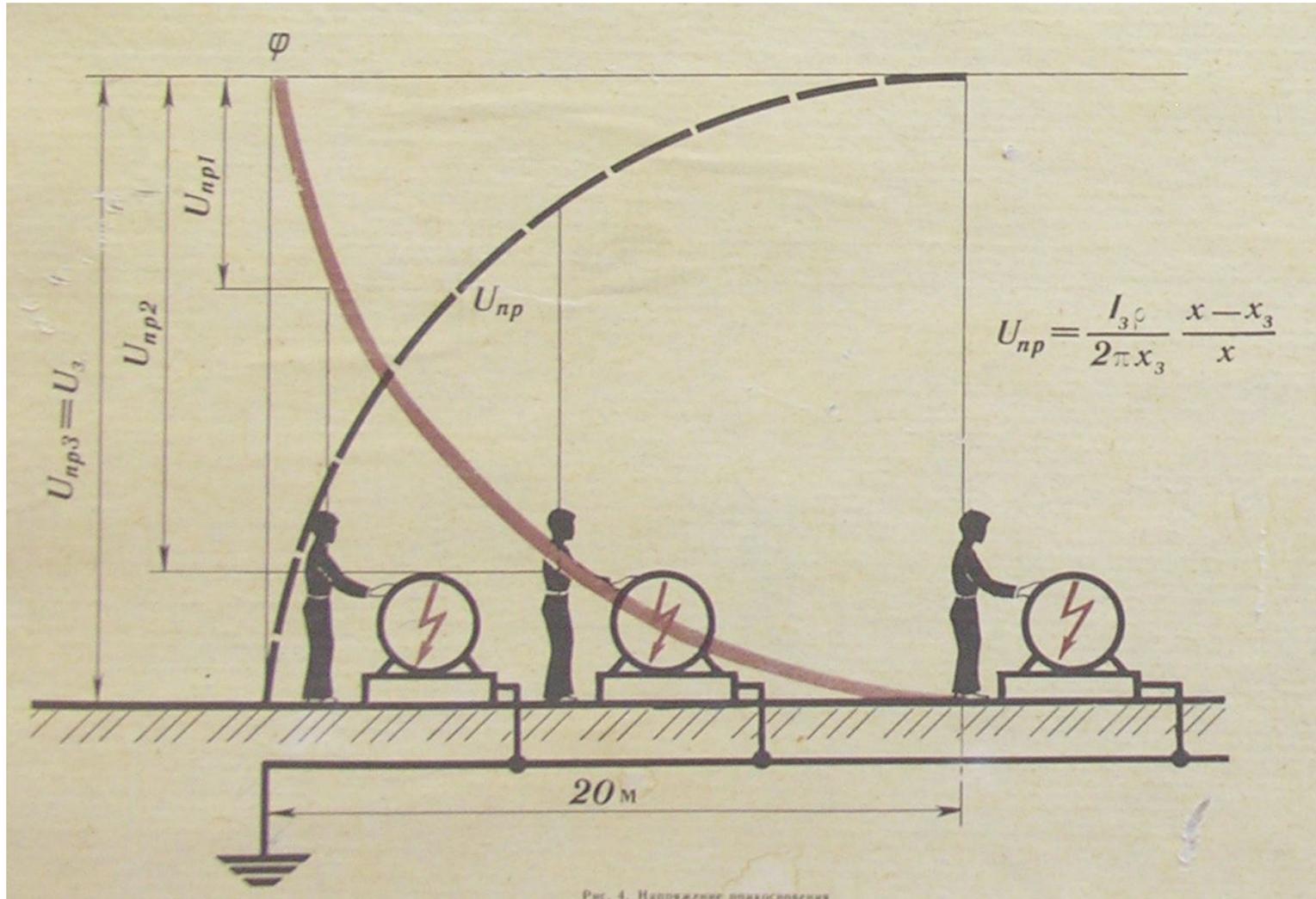
**Ток, вызывающий паралич дыхательных мышц (60 - 80 мА).**

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

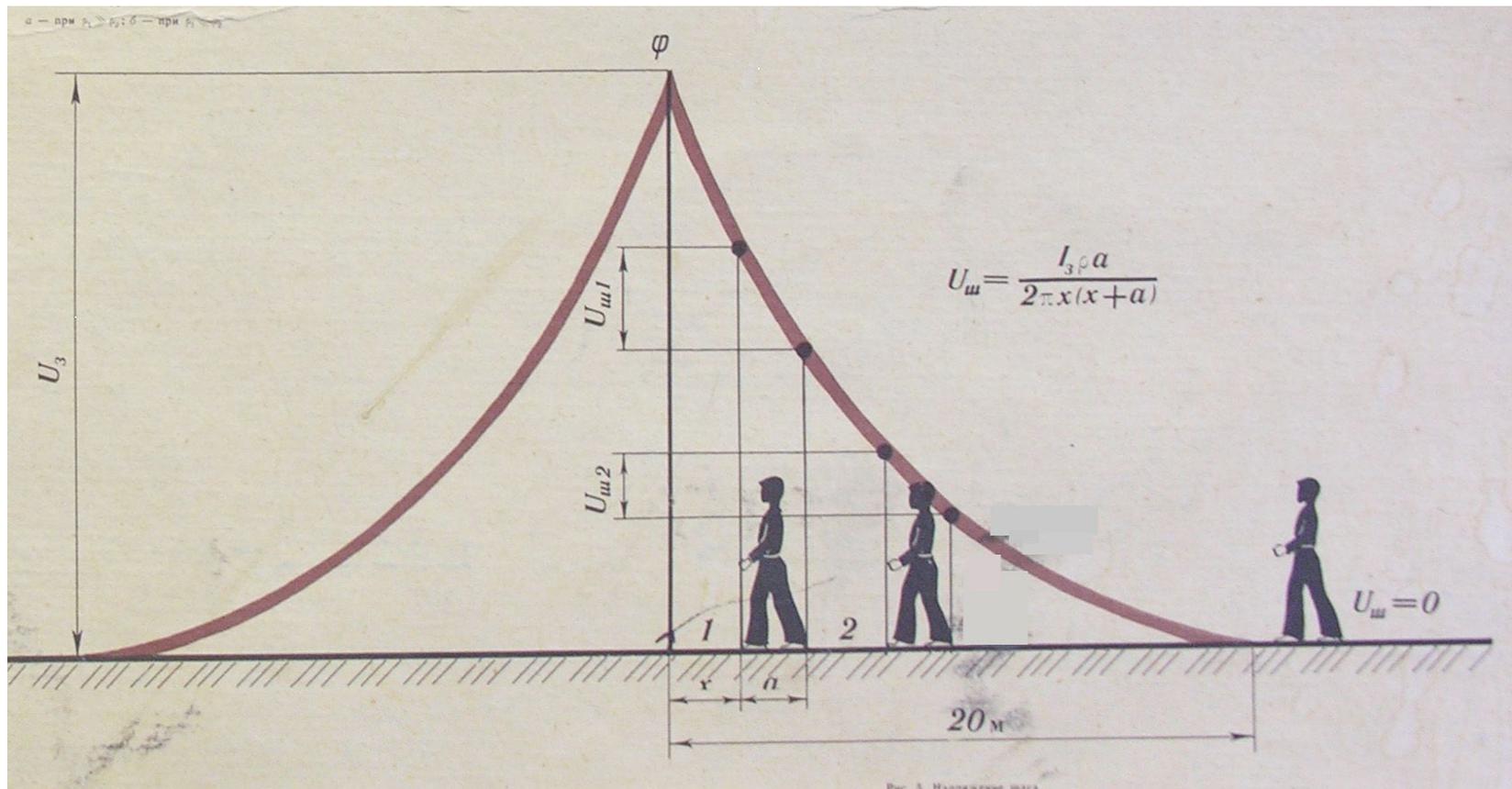
Безопасная для человека сила тока составляет **0,3 мА**.

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

# Напряжение прикосновения

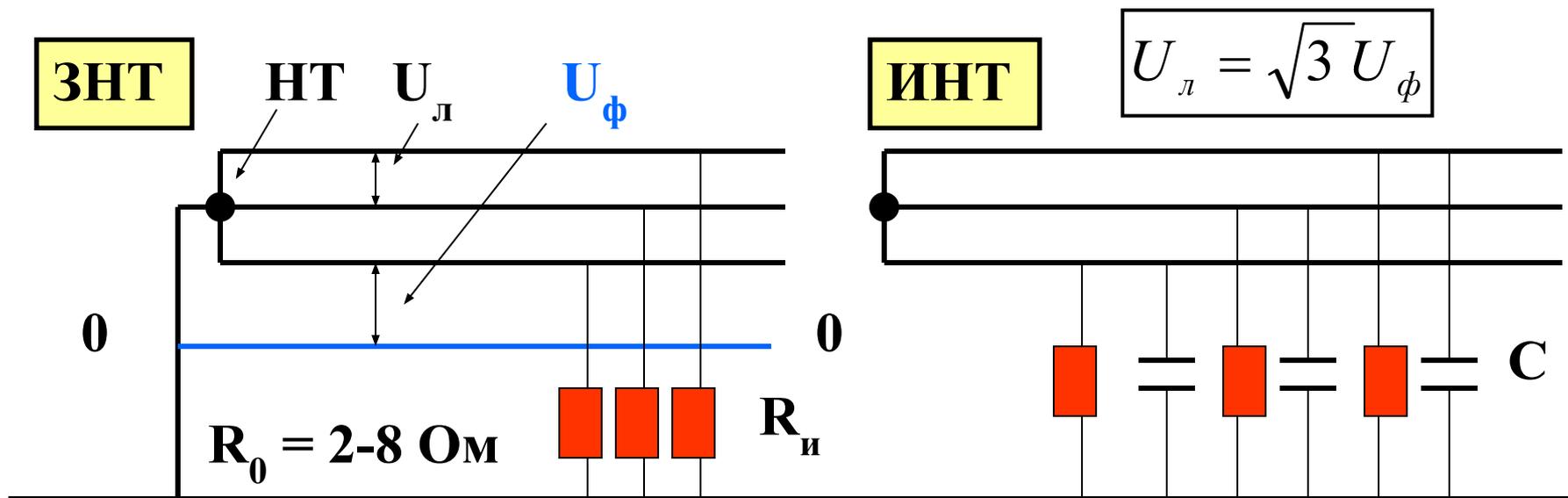


# Напряжение шага



# Анализ опасности поражения электрическим током

## Схемы электрических сетей



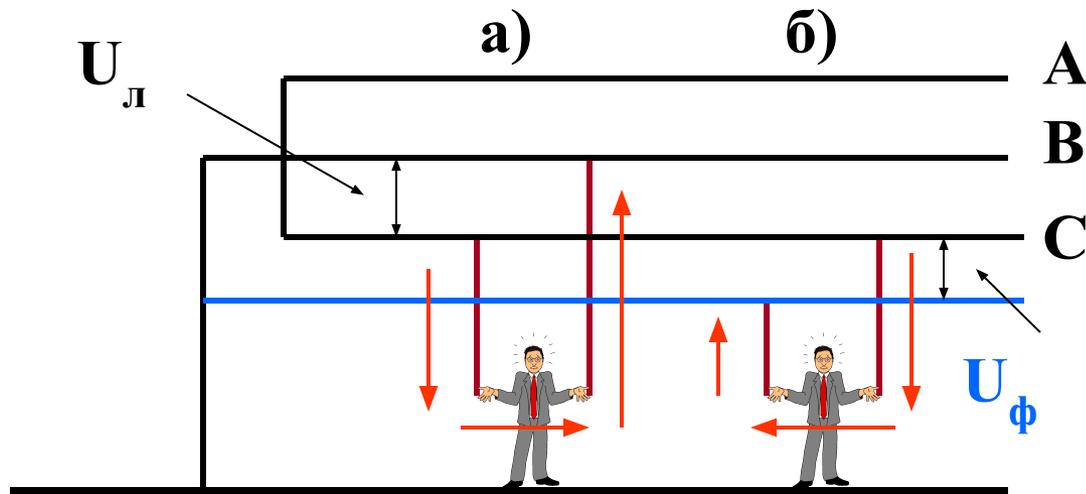
**ЗНТ** - сеть с заземлённой нейтральной точкой трансформатора;  
**ИНТ** - сеть с изолированной нейтральной точкой (НТ);  
**(0 - 0)** - нулевой защитный проводник;  $R_0$  - рабочее заземление НТ;  
 $R_{и}$  - сопротивление изоляции фазы относительно земли;  $C$  - ёмкость;  
 $U_{л}$  - линейное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

# Опасные ситуации поражения током

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

# Двухфазное прикосновение к токоведущим частям

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



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

Путь тока -  
«рука-рука»

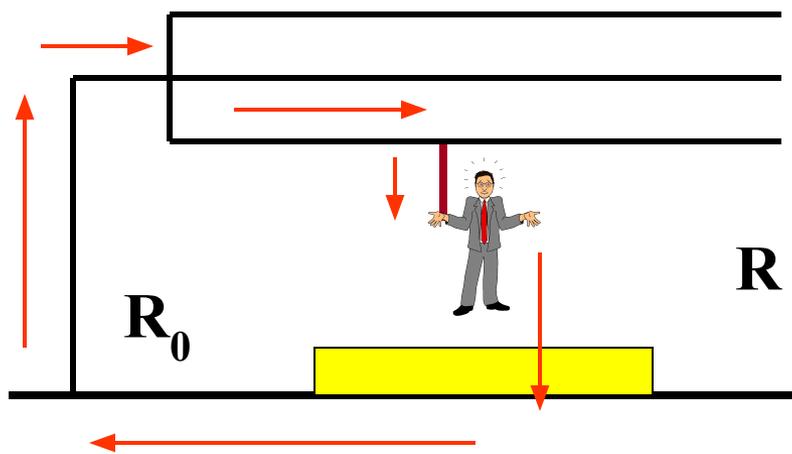
$$\text{а) } I_{ч} = U_{л} / R_{ч} , U_{пр} = I_{ч} \cdot R_{ч} = U_{л} = 380 \text{ В}$$

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

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

# Однофазное прикосновение к сети с ЗНТ

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



A  
B  
C

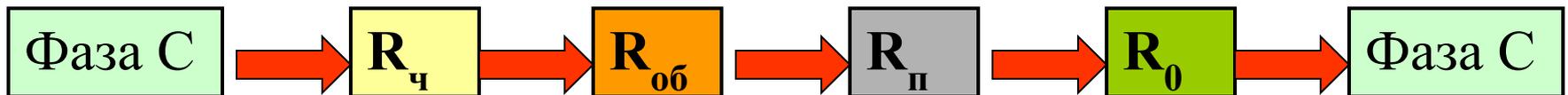
$$I_{ч} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R} = \frac{U_{\phi}}{R}$$

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

$$R = R_{ч} + R_{об} + R_{п}$$

Путь тока -  
«рука-нога»

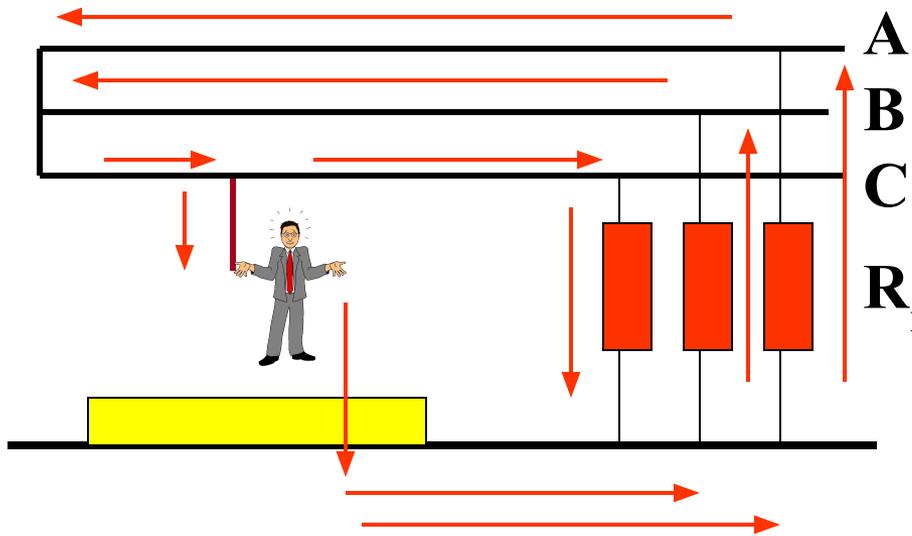
Цепь поражения:



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

# Однофазное прикосновение к сети с ИНТ

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



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

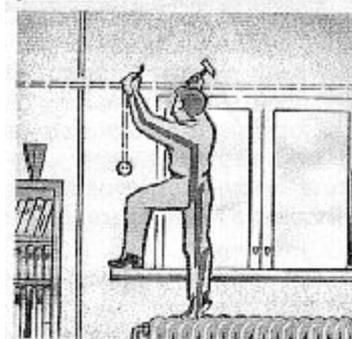
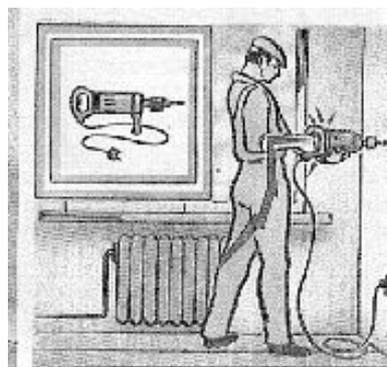
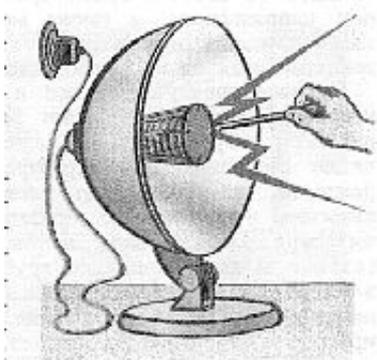
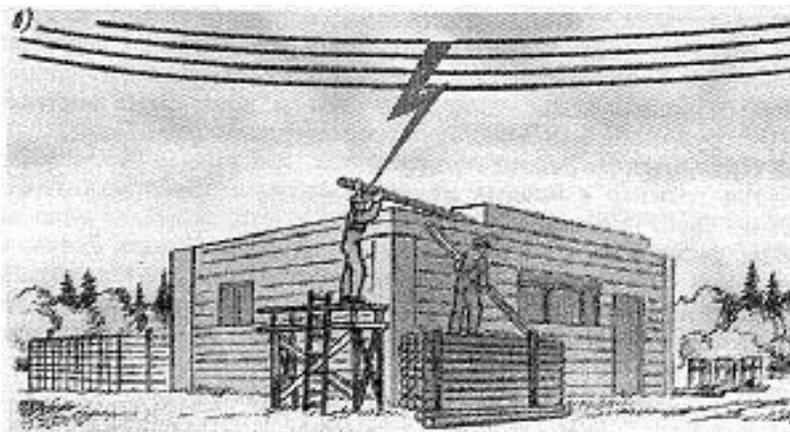
$$R_{и} \sum R_{u} = R_{u} / 3,$$

**Путь тока - «рука-нога»**

т. к.  $1 / R_{u} = 1 / R_{uA} + 1 / R_{uB} + 1 / R_{uC}$

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

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



**Опасные ситуации поражения током  
в бытовой сфере.**

# Факторы, влияющие на опасность поражения током

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

## $R_{\text{ч}}$ зависит от:

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

# Средства электробезопасности

Средства электробезопасности делят на технические и защитные.

## Технические средства электробезопасности

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

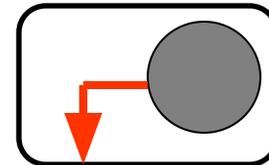
# Технические средства электробезопасности (продолжение)

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

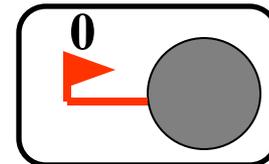
5. Средства уменьшения ёмкостного тока: включение индуктивной катушки между нейтральной точкой и землёй, разделение протяжённых сетей на отдельные участки с меньшей ёмкостью.

6. Средства защиты от пробоя фазы на корпус оборудования:

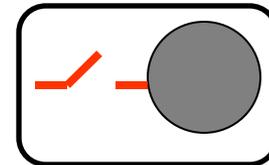
**Защитное заземление**



**Зануление**

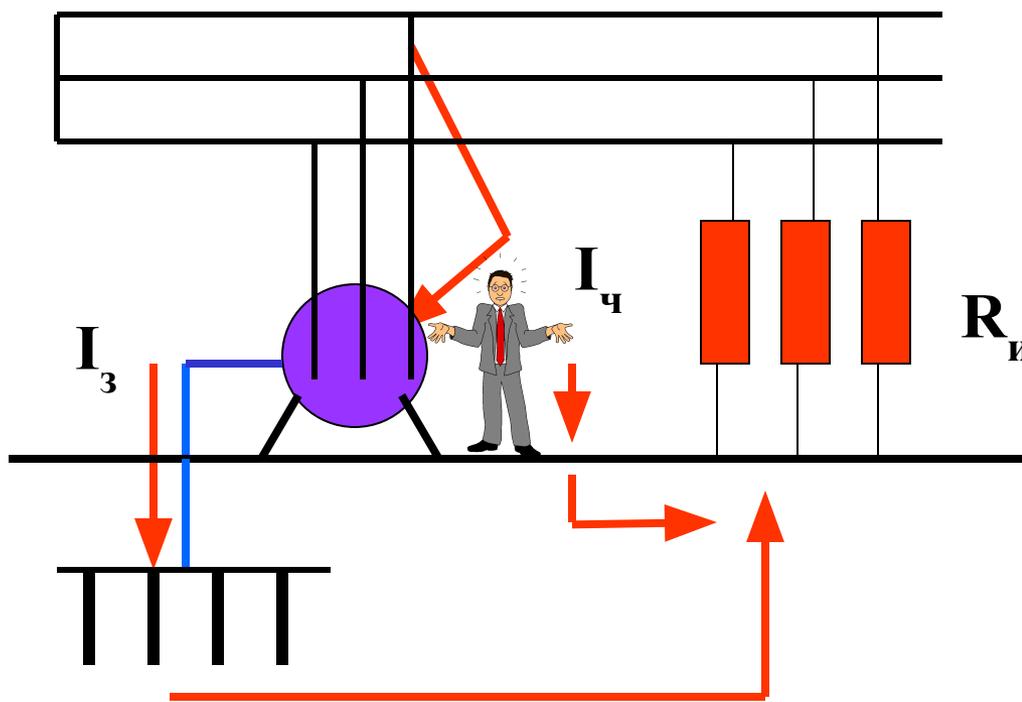


**Защитное отключение**



# Защитное заземление

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



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

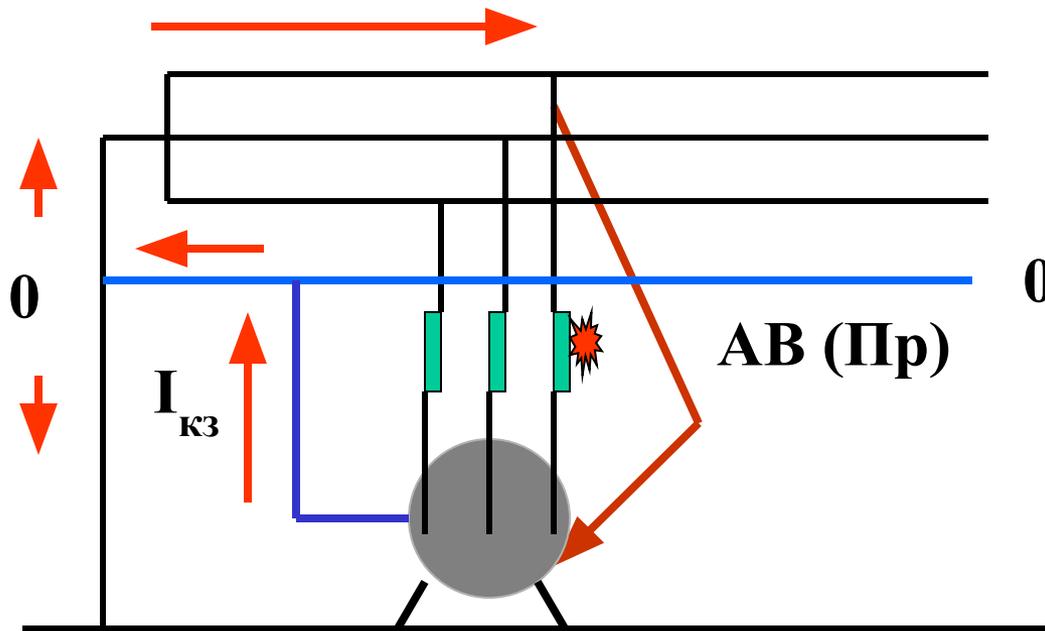
*В параллельных ветвях токи обратно пропорциональны сопротивлениям.*

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

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

# Зануление

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



**Условие срабатывания защиты:**

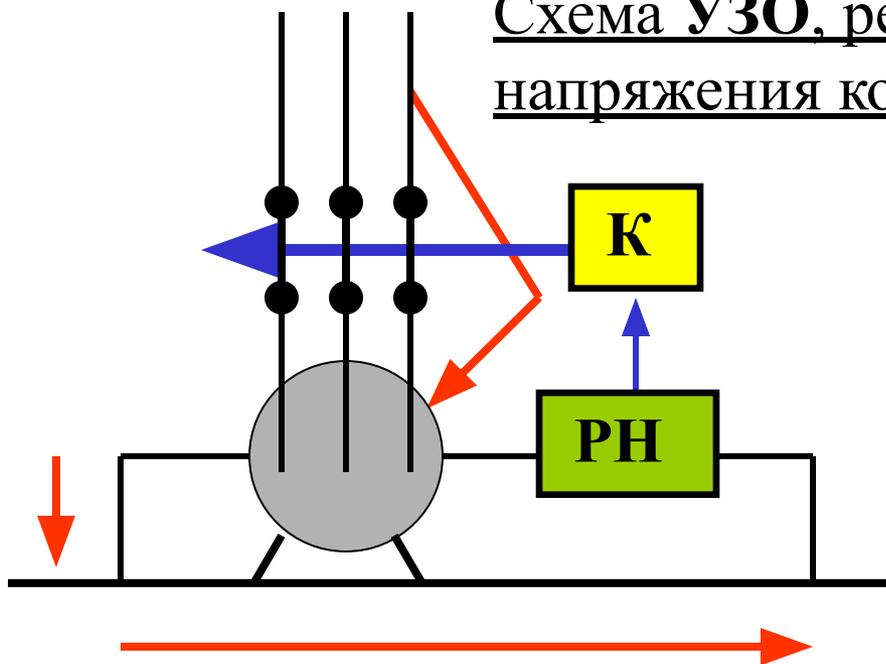
$$I_{кз} \geq I_{ном} \cdot K ,$$

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

# Устройство защитного отключения (УЗО)

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

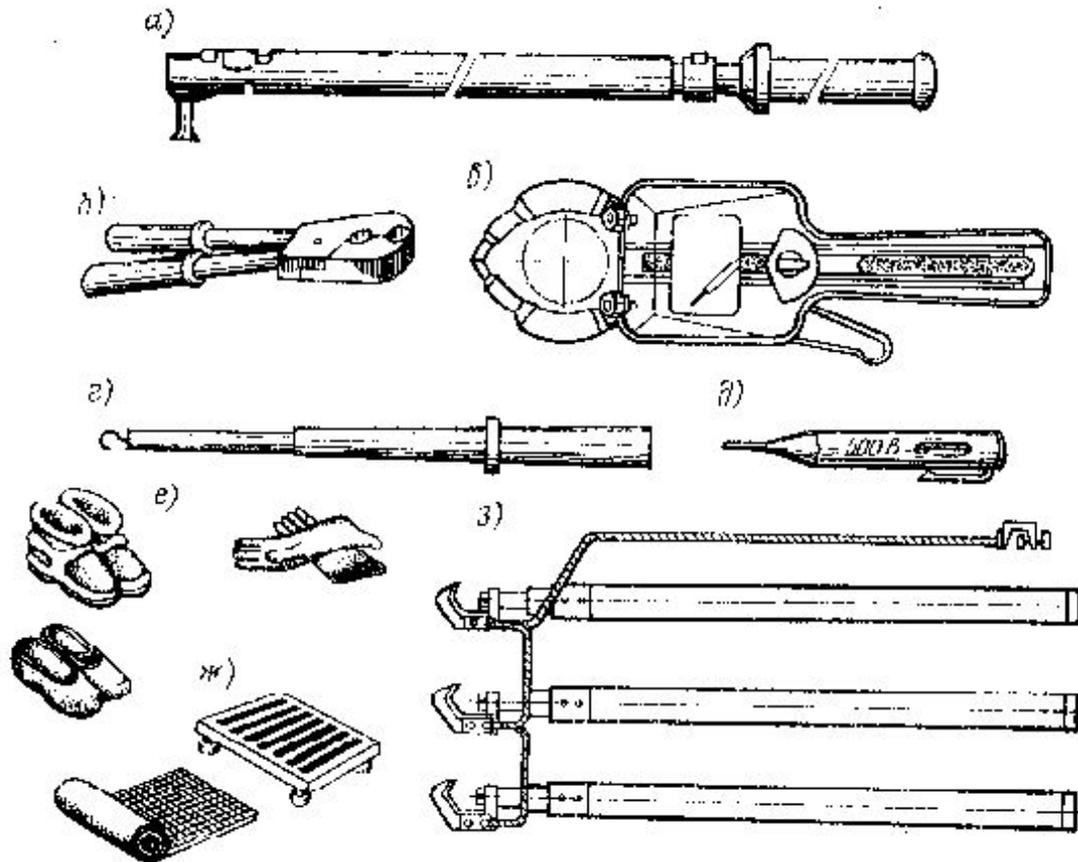
Схема УЗО, реагирующая на изменение напряжения корпуса относительно земли



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

# Электрозащитные средства

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



**а** - изолирующая штанга;

**б** - изолирующие клещи;

**в** - измерительные клещи;

**г** - измеритель напряжения  $> 1000$  В;

**д** - то же  $< 1000$  В;

**е** - диэлектрические перчатки, галоши;

**ж** - коврики, подставки

**з** - переносное заземление.