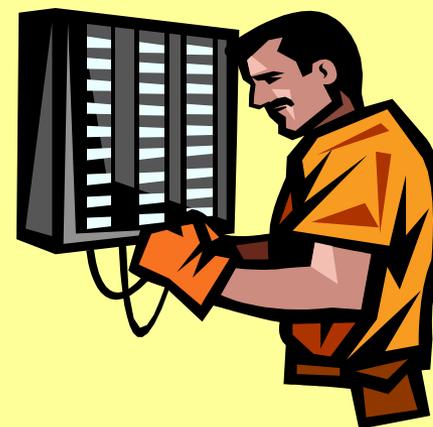


ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ





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

Действие электрического тока на организм человека

Термическое:
нагрев тканей,
ожоги



Электролитическое:
разложение жидкостей

Биологическое:
нарушение дыхания и
работы сердца

Механическое:
разрыв тканей,
ушибы, вывихи

Электротравма – поражение электрическим током организма человека



Общие:

Электрический удар

→ судороги,

→ остановка дыхания

→ остановка сердца

Фибрилляция – хаотическое сокращение отдельных волокон сердечной мышцы

Местные:

- ожоги,

- электрические знаки,

- металлизация кожи,

- механические повреждения,

- электроофтальмия

Основные причины воздействия тока на человека:

- случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям;
- появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала;
- шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю;
- появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
- воздействие атмосферного электричества, грозových разрядов.

Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током

1. Сила тока, протекающего через тело человека - главный фактор: чем больше сила тока, тем опаснее последствия.

$$I = U/R_{\Sigma}$$

$$R_{\text{ч}} = R_{\text{внутр}} + R_{\text{кожи}} \left\{ \begin{array}{l} R_{\text{внутр}} = 300-500 \text{ Ом} \\ R_{\text{кожи}} = \text{до } 100 \text{ кОм} \\ R_{\text{расч}} = 1000 \text{ Ом} \end{array} \right.$$

Пороговые значения тока

~ 50 Гц

постоянный

1. Ощутимый ток	0,6-1,5 мА	5-7 мА
2. Неотпускающий	10-15 мА	50-70 мА
3. Фибрилляционный	100 мА	300 мА

2. Длительность воздействия

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи.

~ 50 Гц > 10 с - 2 мА

≤ 10 с - 6 мА

3. Путь протекания тока через тело человека



Верхняя петля
прохождения тока



Нижняя петля
прохождения тока



Полная (W-образная)
петля прохождения тока

наиболее опасный -
тот путь, при котором
поражается головной
мозг, сердце и легкие

4. Род и частота тока

5. Состояние окружающей среды

(температура, влажность, наличие пыли, паров, кислот)

Классификация помещений по опасности поражения током (ПУЭ)

1. Помещения с повышенной опасностью характеризуются наличием **одного из следующих условий:**

- сырость (относительная влажность $> 75\%$);
- высокая температура воздуха, длительно $> 35^{\circ}\text{C}$;
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;
- возможность одновременного прикосновения к металлическим корпусам оборудования с одной стороны и к имеющим соединение с землей металлоконструкциям – с другой.

2. Особо опасные помещения характеризуются наличием **одного из трех условий**:

- особая сырость (относительная влажность воздуха ~ 100% - стены, пол и потолок покрыты влагой);
- химически активная среда, разрушающе действующая на электроизоляцию и токоведущие части оборудования;
- Наличие двух и более признаков, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

3. Помещения без повышенной опасности характеризуются отсутствием признаков помещений с повышенной и особой опасностью.

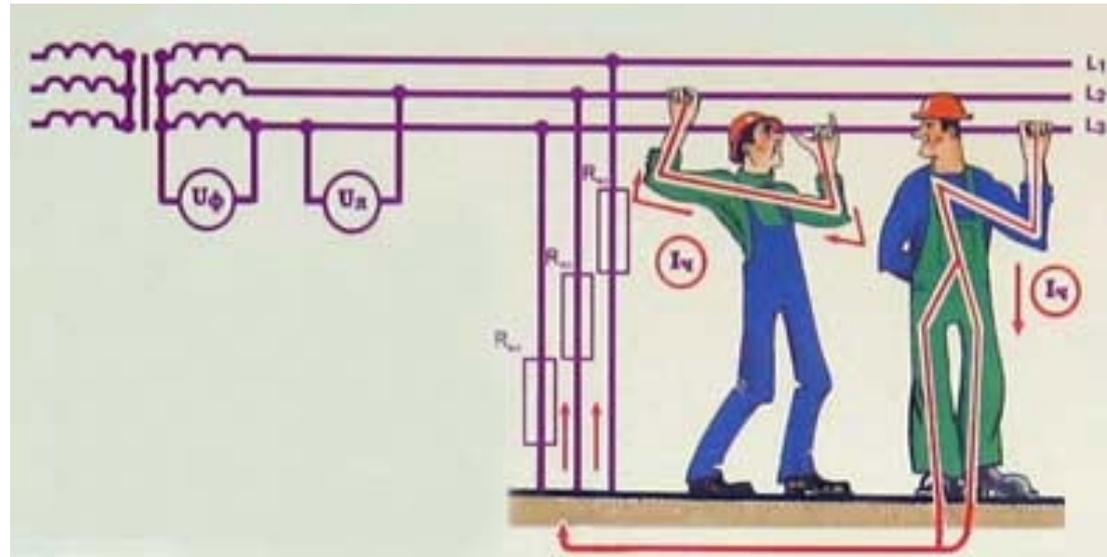
Анализ условий опасности поражения электрическим током: нормальный режим

- **Трёхфазная сеть с изолированной нейтралью**

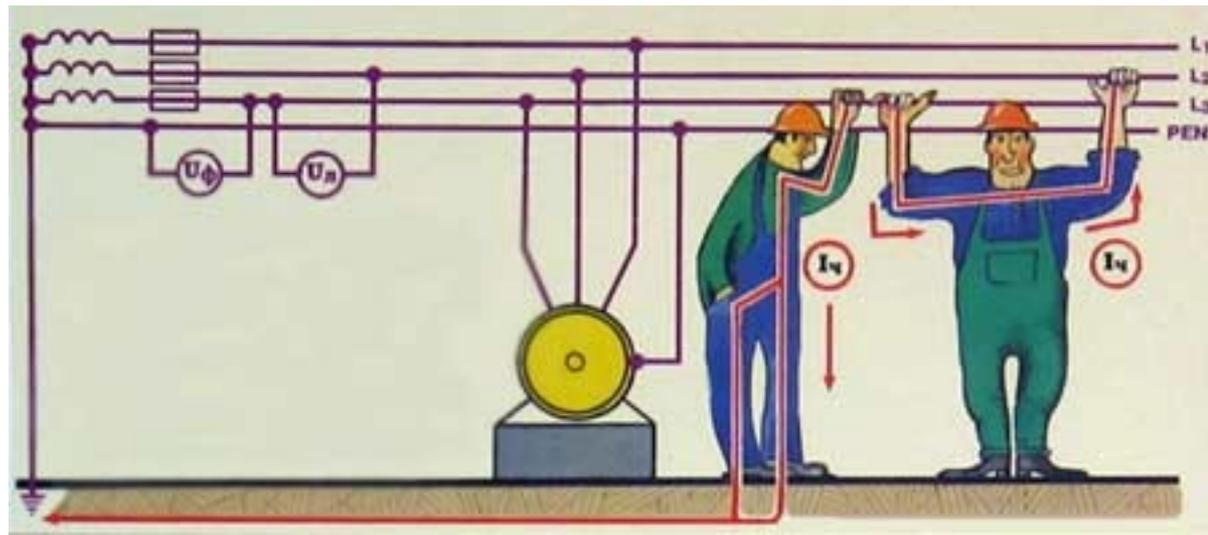
- Двухфазное прикосновение: $I_{\text{ч}} = U_{\text{л}} / R_{\text{ч}}$

- Однофазное: $I_{\text{ч}} = 3U_{\text{ф}} / (3R_{\text{ч}} + R_{\text{из}})$

менее опасный режим – однофазное прикосновение ($R_{\text{из}}$)



- **Трехфазная сеть с заземленной нейтралью**
- Двухфазное прикосновение: $I_{\text{ч}} = U_{\text{л}} / R_{\text{ч}}$
- Однофазное: $I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + R_0) \approx U_{\text{ф}} / R_{\text{ч}}$,
 R_0 – сопротивление рабочего заземления
нейтрали ($R_0 \leq 10$ Ом).



Аварийный режим: однофазное замыкание

- **сети с изолированной нейтралью**

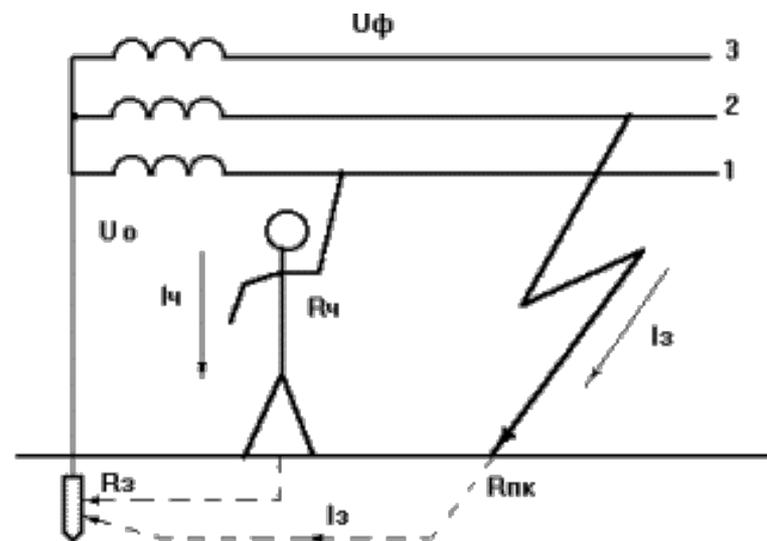
$$I_{\text{ч}} \approx U_{\text{л}} / R_{\text{ч}}$$

- **сети с заземленной нейтралью**

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ч}} / R_{\text{ч}}$$

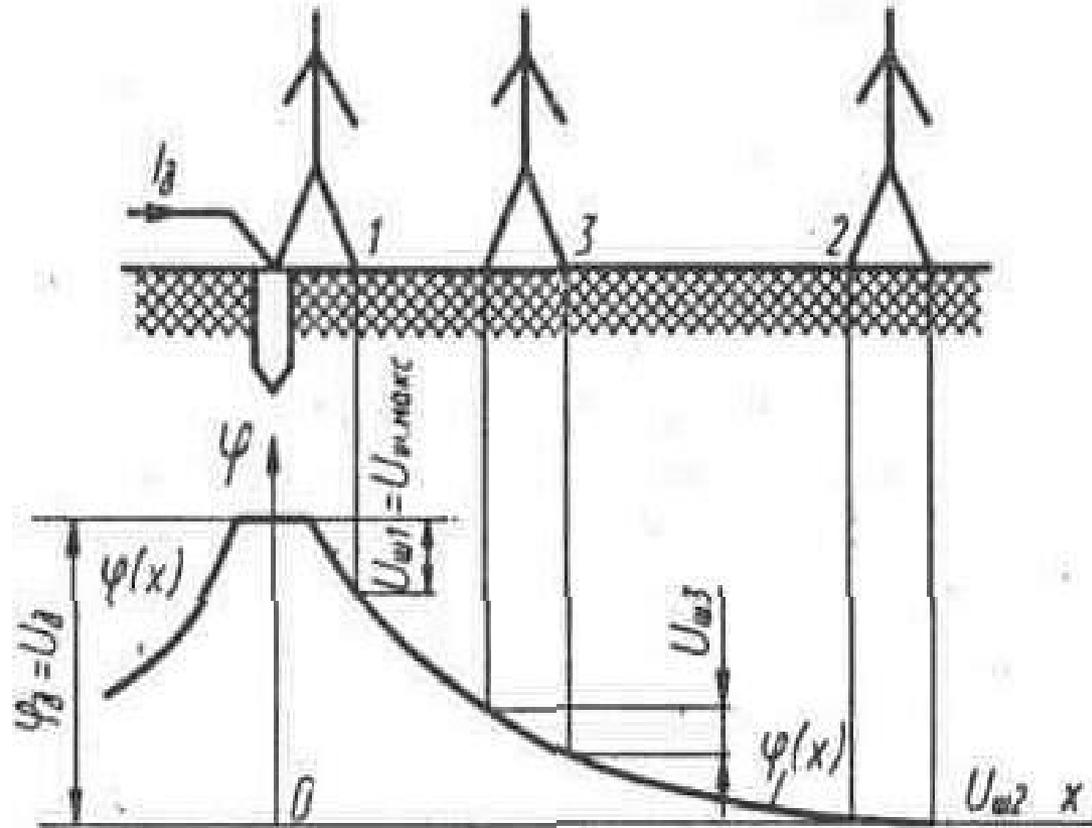
$$U_{\text{ф}} < U_{\text{ч}} < U_{\text{л}}$$

Замыкание одной из фаз на землю повышает опасность однофазного прикосновения.



Напряжение шага

- это напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек
- (0,8 - 1,0 м).
- $U_{\text{ш}}$ повышается по мере приближения человека к месту замыкания провода на землю и при увеличении длины шага.

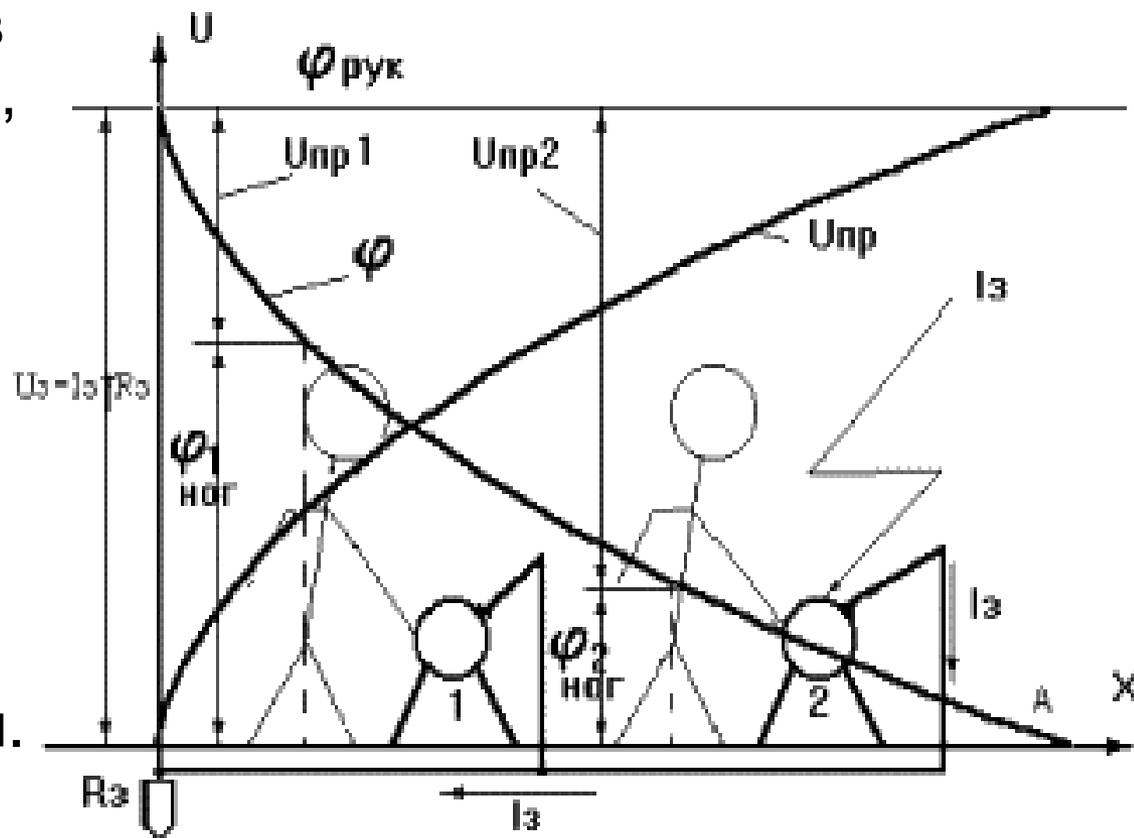


~20 м

Напряжение прикосновения

Это напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно может коснуться человек.

- Численно $U_{\text{пр}}$ равно разности потенциалов корпуса и точек земли, на которых находятся ноги человека.
- $U_{\text{пр}}$ увеличивается по мере удаления от заземлителя, и за пределами зоны растекания тока оно равно напряжению на корпусе оборудования.

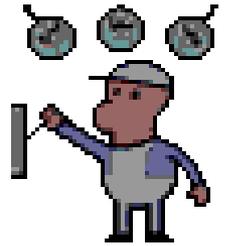


Защита от опасности поражения электрическим током

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ)
- Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ Р М – 016–2001; РД 153-34.0-03.150-00, вв. в дейст. с 1.07.2001 г.).
- требования к персоналу, производящему работы в электроустановках, порядок и условия производства работ, организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ, испытаний и измерений в электроустановках всех уровней напряжения.

Организационные мероприятия

- оформление работы нарядом, устным распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое рабочее место, окончания работы.
- обучение персонала правильным приемам работы с присвоением квалификационных групп (I – V). Присвоение группы производится от II группы и выше.



Основные технические средства защиты

- электрическая изоляция токоведущих частей;
- ограждение;
- сигнализация и блокировка;
- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сети;
- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной защиты.

рабочая,
дополнительная,
усиленная,
двойная.



Малое напряжение

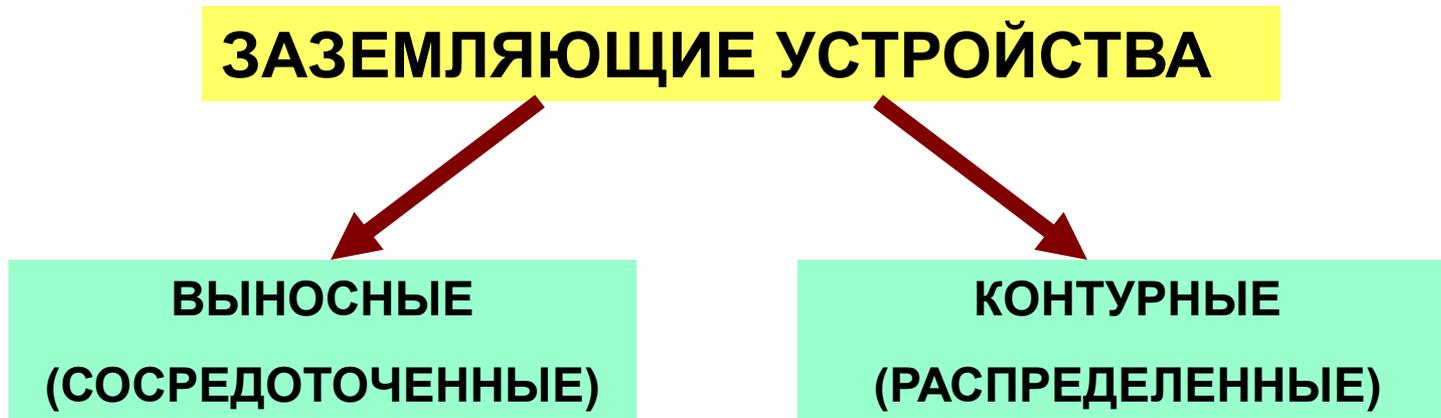
- это напряжение не более 50 В, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током.
- При работе с ручным электроинструментом, переносными электрическими светильниками в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных используют напряжение 36 В.
- В особо опасных помещениях при особенно неблагоприятных условиях для питания ручных переносных ламп применяют напряжение 12 В.

- **Защитное заземление** – это преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением.
- **Назначение** – устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на корпусе электрооборудования.

- **Принцип действия** защитного заземления: снижение до безопасных значений $U_{пр}$ и $U_{ш}$, вызванных замыканием на корпус, за счет уменьшения потенциала заземленного оборудования, а также выравнивания потенциалов основания и оборудования.
- Область применения защитного заземления – трехфазные трехпроводные сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали.

- **ПУЭ:** сопротивление **33** не должно превышать:
- в установках $U < 1000$ В, если мощность источника тока (генератора или трансформатора) более 100 кВА – 4 Ом;
- в установках $U < 1000$ В, если мощность источника тока 100 кВА и менее, – 10 Ом;
- в установках $U > 1000$ В с эффективно заземленной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю $I_z < 500$ А) – 0,5 Ом;
- в установках $U > 1000$ В с изолированной нейтралью – $250/I_z$, но не более 10 Ом;
- в установках $U > 1000$ В с изолированной нейтралью, если заземляющее устройство одновременно используют для электроустановок напряжением до 1000 В, – $125/I_z$, но не более 10 Ом (или 4 Ом, если это требуется для установок до 1000 В).

- **Заземляющее устройство** – это совокупность заземлителя (металлических проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей) и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем.



ЗАЗЕМЛИТЕЛИ

```
graph TD; A[ЗАЗЕМЛИТЕЛИ] --> B[ИСКУССТВЕННЫЕ]; A --> C[ЕСТЕСТВЕННЫЕ]
```

ИСКУССТВЕННЫЕ

- предназначены исключительно для целей заземления.
- вертикальные и горизонтальные электроды из стальных труб, уголков, прутков, полос.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ

- находящиеся в земле металлические предметы иного назначения: железобетонные фундаменты, металлические конструкции, свинцовые оболочки кабелей, трубопроводы.
- **за исключением трубопроводов горючих жидкостей или газов.**

- **Зануление** предназначено для устранения опасности поражения электрическим током при замыкании на корпус электроустановок, работающих под напряжением до 1000 В в трехфазных четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью.
- Зануление - это преднамеренное соединение металлических нетоковедущих частей оборудования, которые могут оказаться под напряжением, с нулевым защитным проводником.
- Зануление превращает пробой на корпус в короткое замыкание и способствует протеканию тока большой силы через устройства защиты сети → к быстрому отключению поврежденного оборудования от сети.

Изолирующие электрозащитные средства

```
graph TD; A[Изолирующие электрозащитные средства] --> B[основные]; A --> C[дополнительные];
```

основные

дополнительные

- **Основные изолирующие электрозащитные средства** способны длительное время выдерживать рабочее напряжение электроустановки.
- в электроустановках напряжением **до 1000 В** – диэлектрические перчатки, инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения до 1000 В;
- электроустановках напряжением **выше 1000 В** – изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, а также указатели напряжения выше 1000 В.



- **Дополнительные изолирующие электрозащитные средства** обладают недостаточной электрической прочностью и не могут самостоятельно защищать человека от поражения током. Их назначение – усилить защитное действие основных изолирующих средств.
- в электроустановках напряжением **до 1000 В** – диэлектрические галоши, коврики и изолирующие подставки;
- в электроустановках напряжением **выше 1000 В** – диэлектрические перчатки, боты, коврики, изолирующие подставки.



Плакаты и знаки безопасности

- **Предупреждающие:** Стой! Напряжение, Не влезай! Убьет, Испытание! Опасно для жизни;



- **Запрещающие:** Не включать! Работают люди, Не включать! Работа на линии, Не открывать! Работают люди, Работа под напряжением! Повторно не включать;

- **Предписывающие:** Работать здесь, "Влезать здесь";



- **Указательные:** Заземлено

