

**ПРОГРАММА
ОБУЧЕНИЯ
электротехнического
персонала**

Действие электрического тока на организм человека

Различают три основных вида поражения человека электрическим током.

Поражение первого вида происходит вследствие прикосновения человека к оголенным токоведущим проводникам ЭУ (прямое прикосновение).

Поражение второго вида бывает вызвано прикосновением к металлическому корпусу ЭУ, оказавшемуся под напряжением вследствие «пробоя» на этот корпус и отсутствия защитного заземления (косвенное прикосновение).

Поражение третьего вида называется попадание человека в зону так называемого напряжения шага

Протекание тока через организм
человека вызывает:

Термическое
действие
тока

Электроли-
тическое
действие
тока

Механичес-
кое
действие
тока

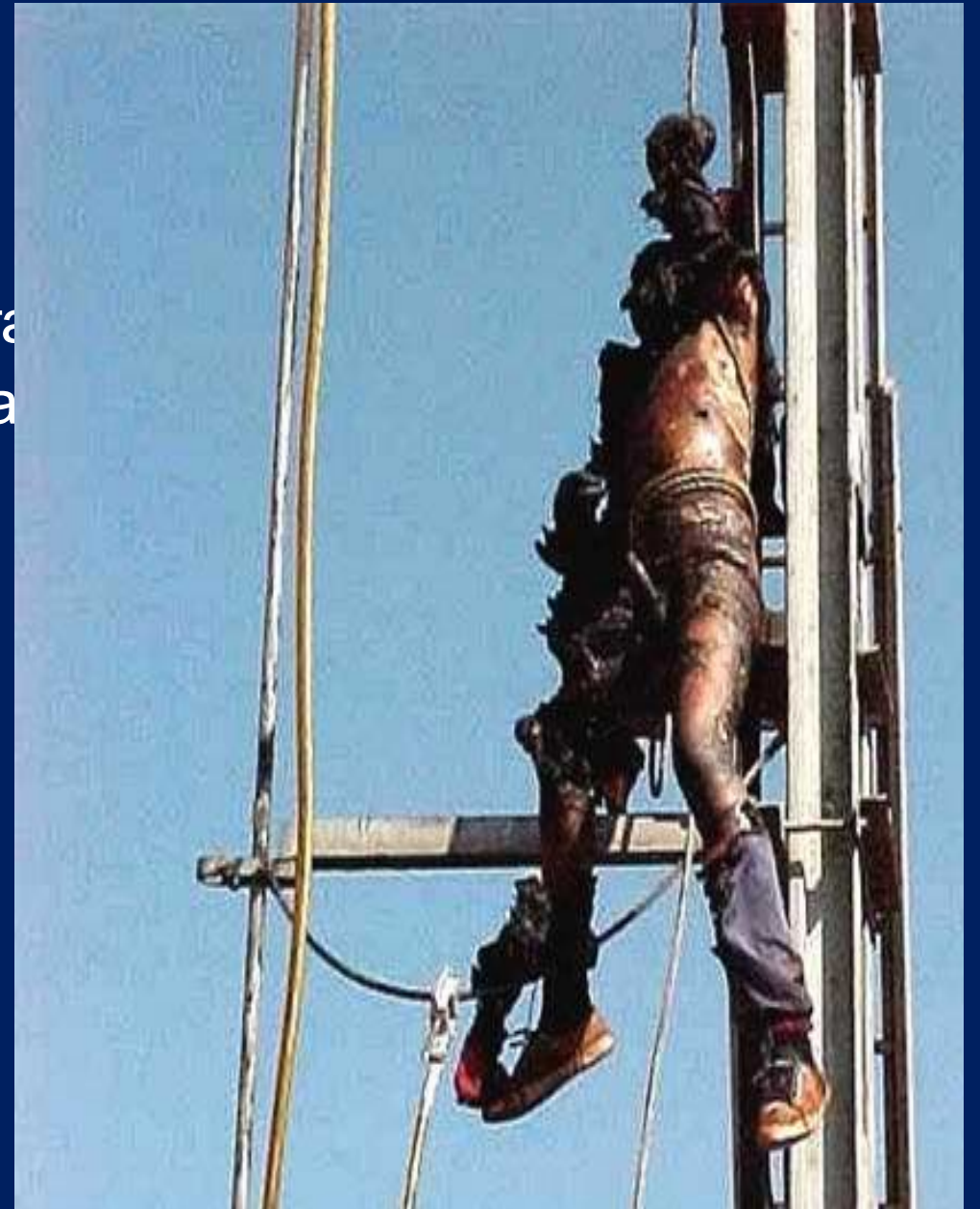
Биологичес-
кое
действие
тока

- **термическое действие тока**

проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, нервов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства;

- **электролитическое действие тока**

выражается в разложении органической жидкости, в том числе и крови, что сопровождается значительными нарушениями их физико-химического состава;



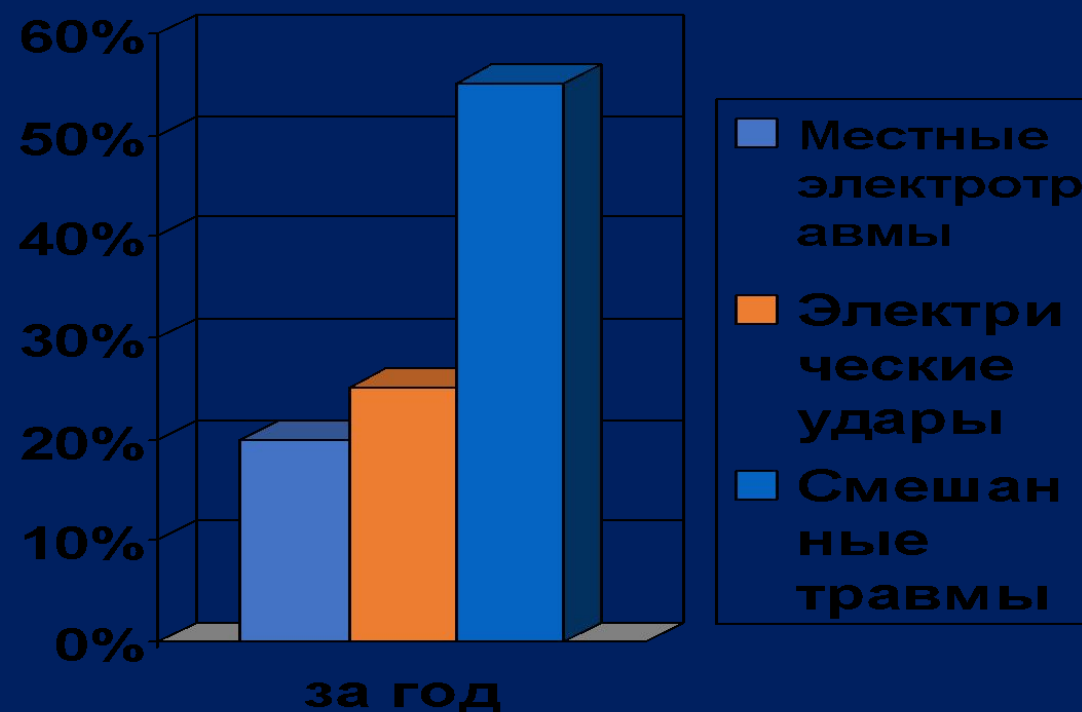
- **механическое (динамическое) действие тока** выражается в расслоении, разрыве и других подобных повреждениях различных тканей организма, в том числе мышечной ткани, стенок кровеносных сосудов, сосудов легочной ткани и др., в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара от перегретой током тканевой жидкости и крови;
- **биологическое действие тока** проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, а также в нарушении внутренних биоэнергетических процессов, протекающих в нормально действующем организме и теснейшим образом связанных с его жизненными функциями.



Указанное многообразие действий электрического тока на организм нередко приводит к различным электротравмам, которые условно можно свести к двум видам

местным электротравмам, когда возникает местное (локальное) повреждение организма, и **общим электротравмам**, так называемым электрическим ударам, когда поражается (или создается угроза поражения) весь организм из-за нарушения нормальной деятельности жизненно важных органов и систем.

Примерное распределение несчастных случаев от электрического тока в промышленности по указанным видам травм:



1. Местные электротравмы

ярко выраженное локальное нарушение целостности тканей тела, в том числе костных тканей, вызванное воздействием электрического тока или электрической дуги.



электроожоги

В электроустановках напряжением до 1000В это обычный **контактный** ожог (ток проходит непосредственно через тело человека), а выше 1000В – **дуговой** ожог (тепловое воздействие электрической дуги).

Ожоги могут быть поверхностными или глубокими. Различают четыре степени тяжести электрических ожогов:

- **1 степень** – покраснение и отек кожи;
- **2 степень** – образование водяных пузырей;
- **3 степень** – обугливание, омертвление кожи;
- **4 степень** – обугливание подкожной клетчатки, мышц, сосудов, нервов, костей.



электрические знаки

Специфическое поражение кожи, вызываемые механическими и химическими действиями тока. Внешне они выглядят как резко очерченные круглые или овальные пятна серого или желтоватого цвета размером 1 – 5 мм с углублением в центре. Нередки подобные знаки в виде разветвленной «молнии». Иногда они представляют собой отпечаток той части ЭУ, с которой произошло соприкосновение. Электрические знаки могут проявляться не сразу, а спустя время;



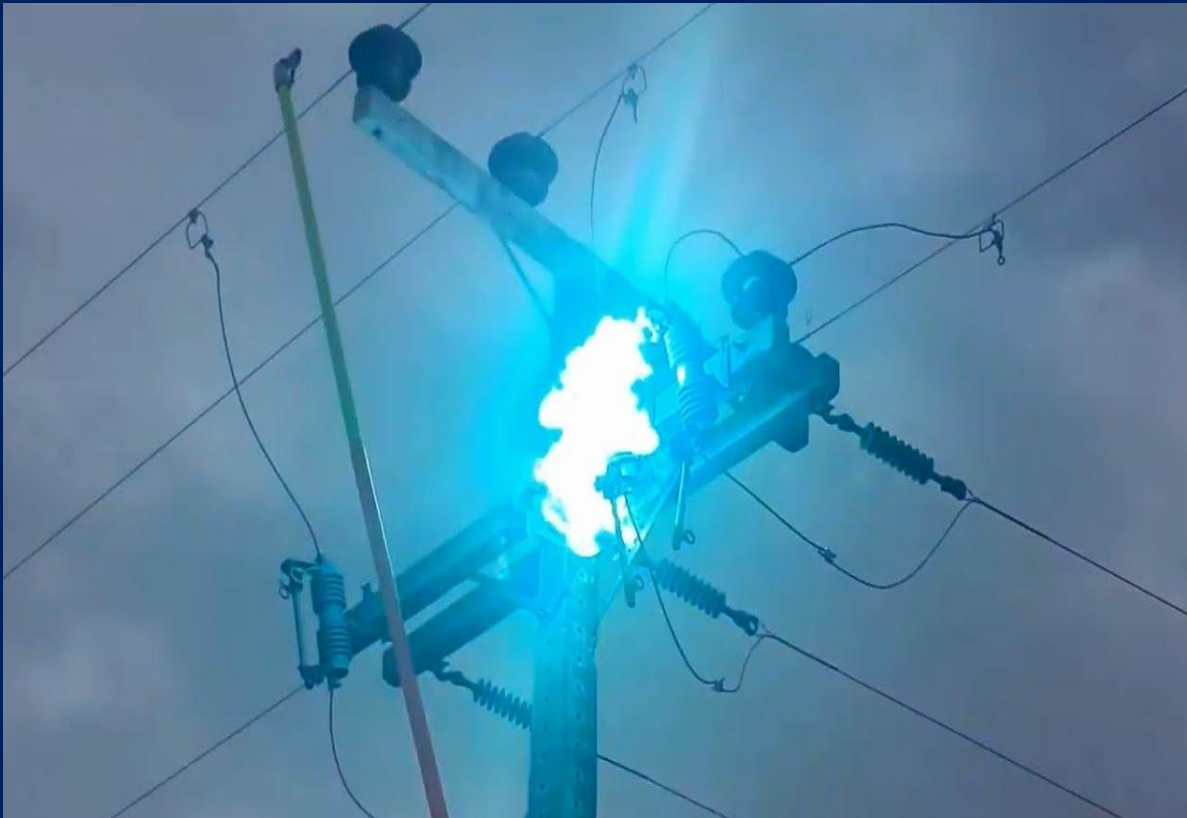
электрометаллизация кожи

Проникновение в верхние слои кожи мельчайших частиц металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Как правило, это частицы меди, алюминия или стали, т.е. материалы, из которого выполнены провода или жилы кабеля. Цвет пораженного участка кожи зависит от металла. Другая причина: прикосновение кожи к токоведущей части без образования дуги, когда под электролитическим действием тока происходит разложение жидкости тканей;



электроофтальмия

Острое воспаление наружных оболочек глаз, вызванное мощным потоком ультрафиолетовых лучей электрической дуги. Чаще всего это результат ошибочного подбора сварочных светофильтров. Для обозначения электроофтальмии у сварщиков существует расхожее выражение – «поймать зайчика»;



механические повреждения

Следствие непроизвольных сокращений мышц под действием тока; представляют собой разрывы сухожилий, кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани. Возможны вывихи суставов и даже переломы костей.









Medical-Enc.ru





2. Общие электротравмы

Электрический удар

воздействие электрического тока на внутренние органы человека, сопровождающееся непроизвольным, судорожным сокращением мышц.

Последствия электроудара могут проявляться в виде четырех степеней тяжести:

1 степень - без потери сознания;

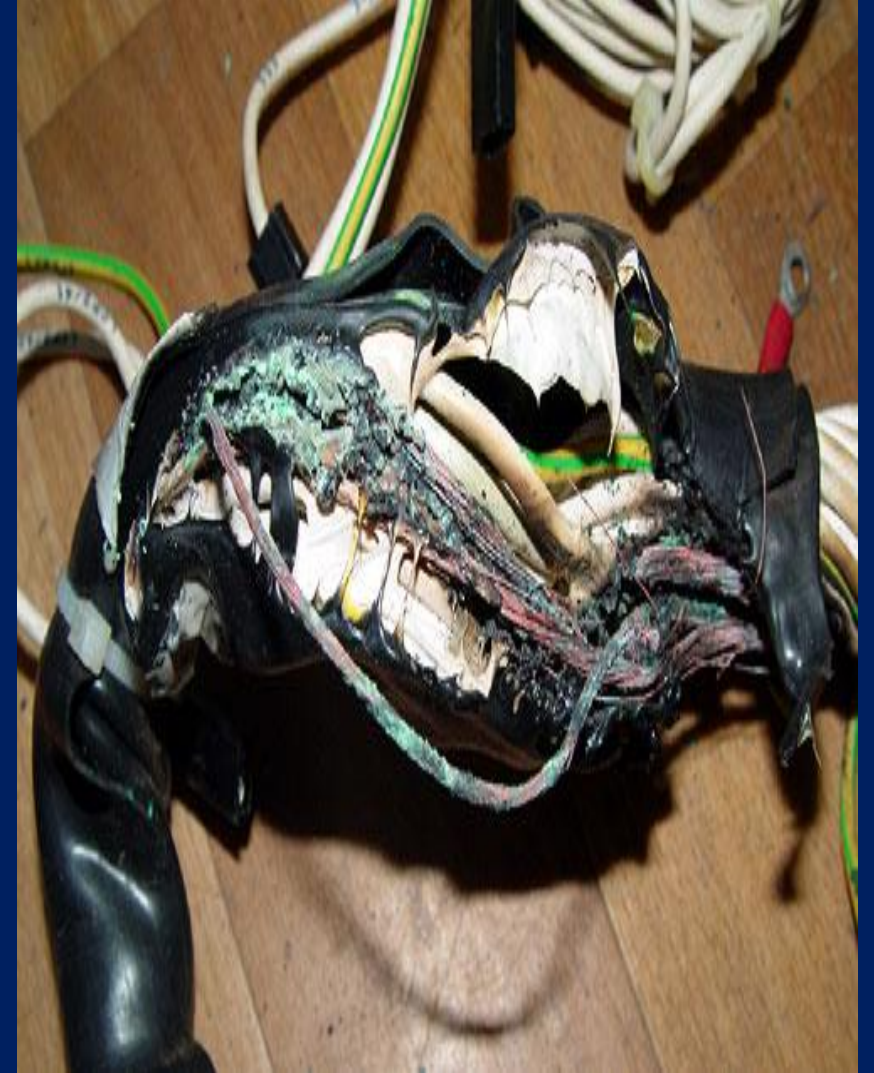
2 степень - с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работы сердца (кома);

3 степень - с потерей сознания, нарушением сердечной деятельности и дыхания;

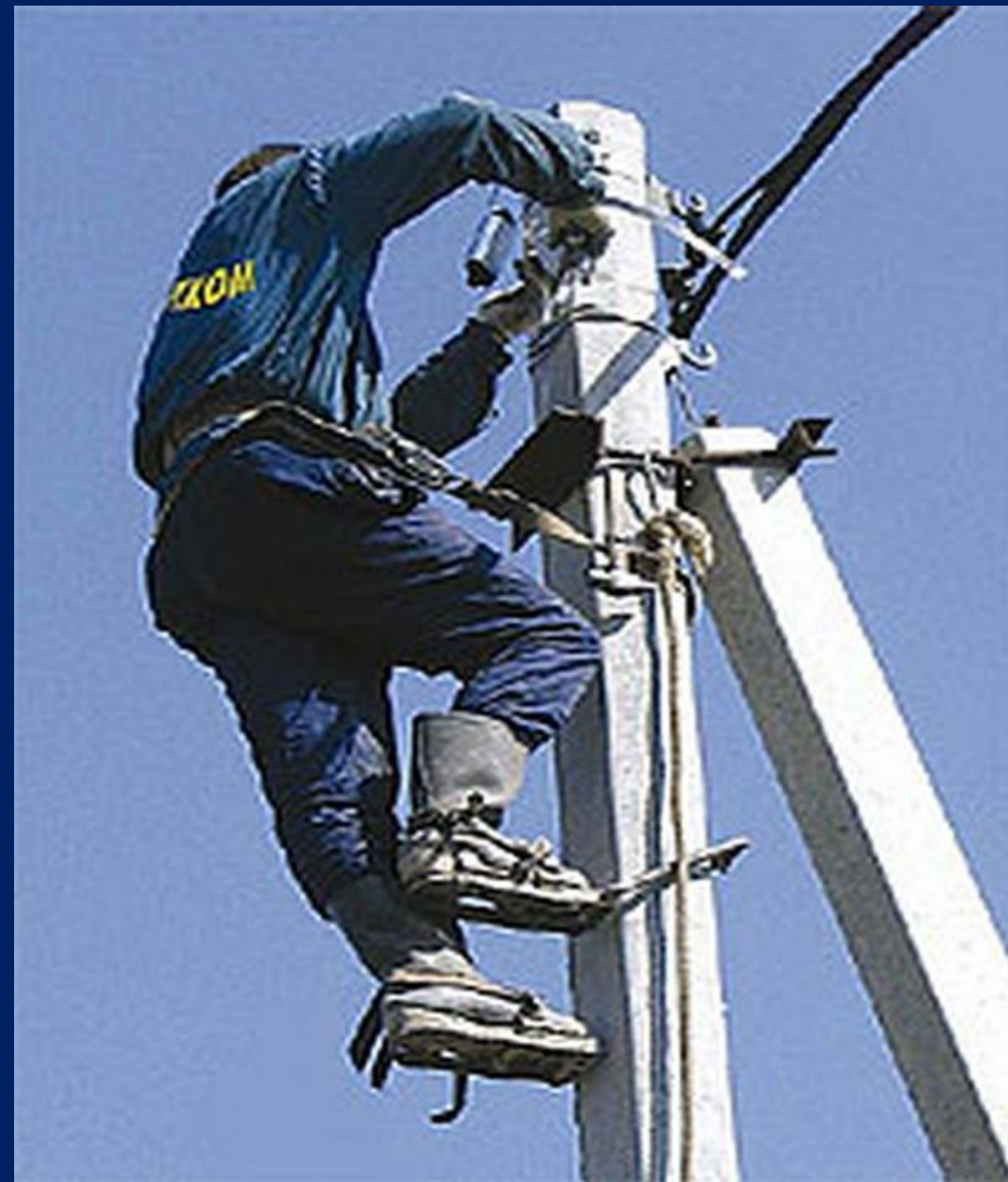
4 степень - паралич дыхания и паралич сердца; может наступить клиническая (внезапная) или истинная (биологическая) смерть.

Проведенное изучение актов о несчастных случаях позволяет выделить три группы причин:

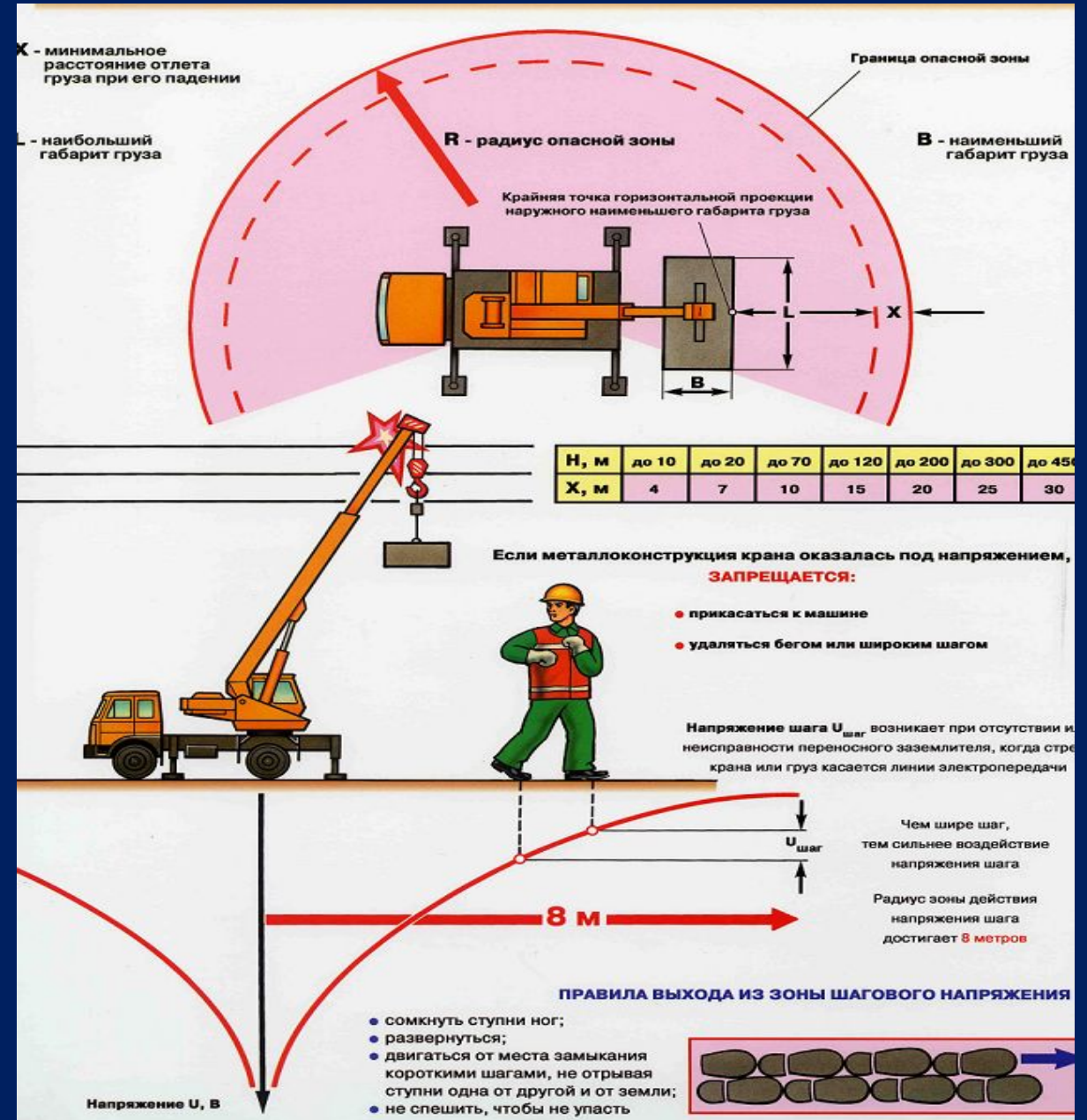
- 1) около 40—45% электротравм объясняются недочетами эксплуатации оборудования, приводящими к снижению сопротивления изоляции, к появлению напряжения на нетоковедущих частях оборудования, которые не должны быть под напряжением, и, наконец, к неотключению оборудования при электрических повреждениях;



- 2) не менее 25—30% электротравм вызываются неудовлетворительной организацией рабочего места и недостаточным инструктированием работников, следствием чего могут быть: повышенная нагрузка на оборудование, на котором работают люди; прикосновение к находящимся под напряжением токоведущим частям; неправильные операции с оборудованием, представляющим опасность для работающих; неумение оказать первую помощь пострадавшему;



- 3) от 30 до 35% поражений вызываются недочетами конструкции и монтажа оборудования, например наличием открытых или ненадежно укрытых токоведущих частей, применением металлических кожухов и элементов конструкций (там, где могут применяться кожухи из изоляционных материалов), недостаточностью расстояния между токоведущими частями и металлическими элементами оборудования и т. д.

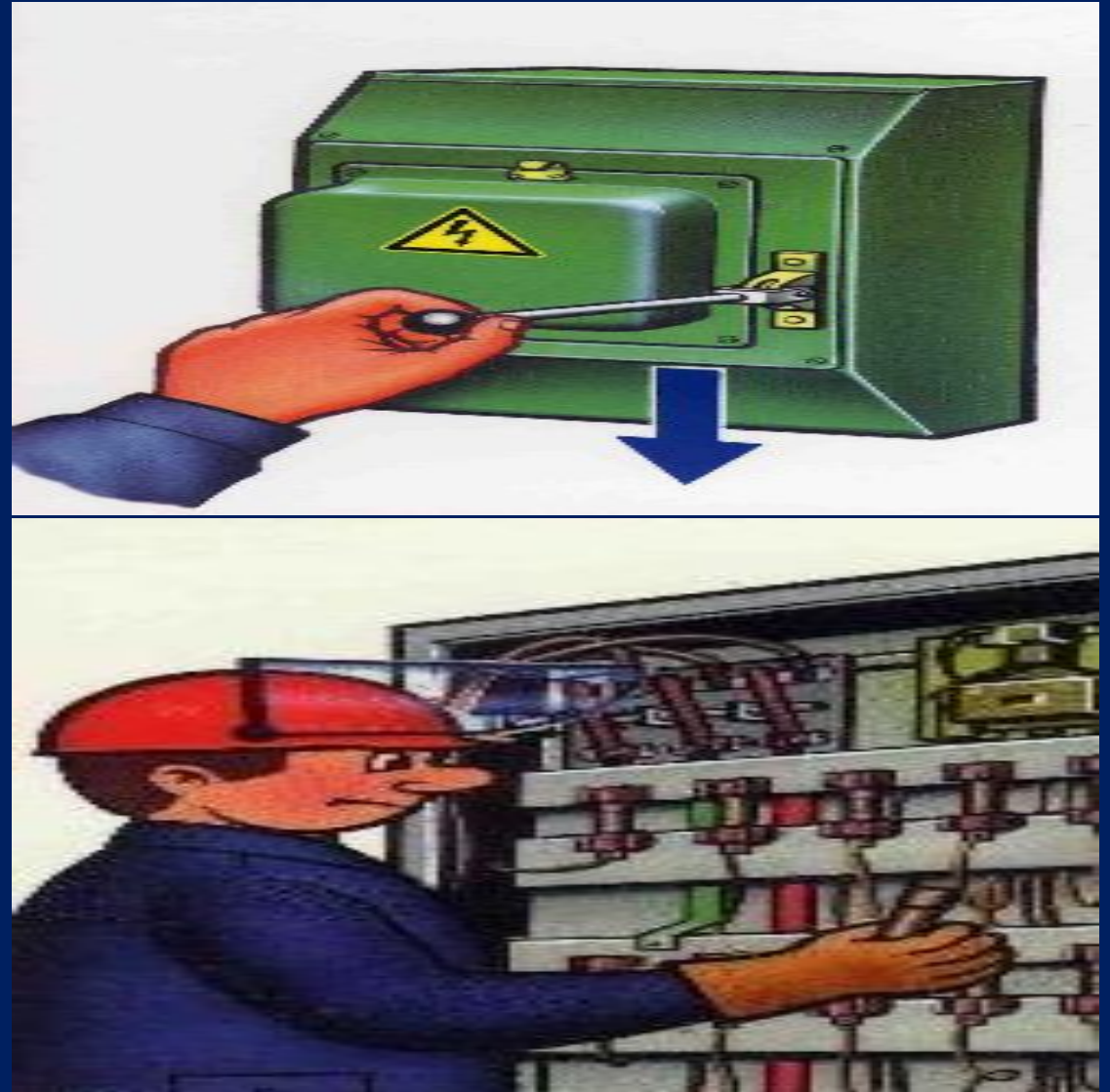


Способы освобождения пострадавшего от действия электрического тока:

- отключение электроустановки или ее части:
- отделение пострадавшего от электроустановки:
- отделение токоведущих частей от пострадавшего:
- механическое воздействие на токоведущие части:
- отделение пострадавшего от земли:
- вызов искусственного короткого замыкания с целью отключения электроустановки:

отключение электроустановки или ее части:

Производится с помощью ближайшего рубильника, выключателя или иного отключающего аппарата, а также путем снятия или вывертывания предохранителей(пробок), разъема штепсельного соединения. Если почему-либо быстро отключить электроустановку вручную не представляется возможным из-за удаленности или недоступности выключателя, можно прервать цепь тока через пострадавшего, перерубив провода.



- Перерубить провода можно лишь в установке до 1000В, воспользовавшись топором с сухой деревянной рукояткой или кусачками, пассатижами и другим инструментом с изолирующими рукоятками.
- Перерубать (перерезать) следует каждый провод в отдельности, чтобы не вызвать короткое замыкание между проводами, в результате которого может возникнуть электрическая дуга, способная причинить оказывающему помощь серьезные ожоги тела и повреждение глаз.



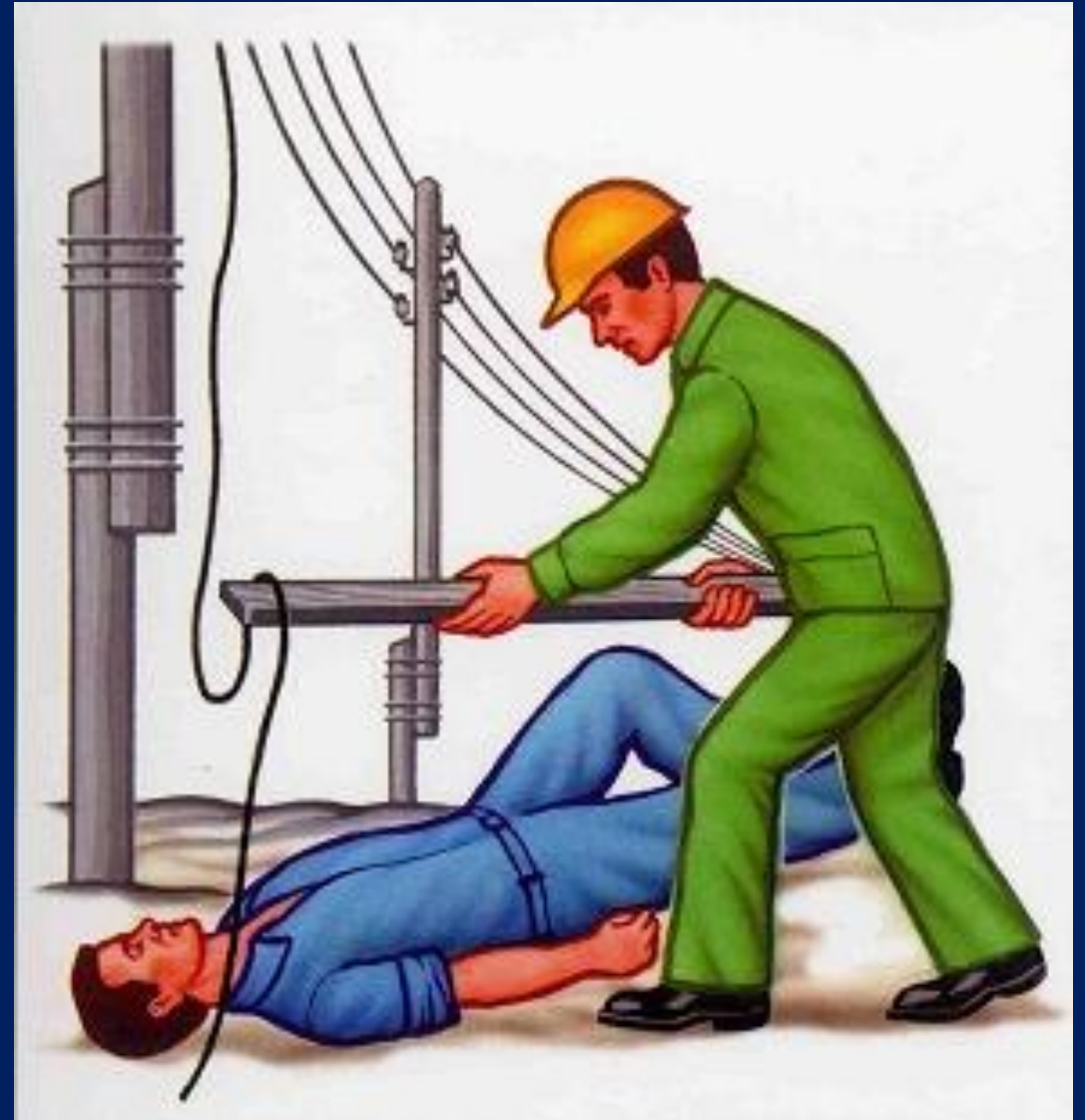
отделение пострадавшего от электроустановки:

- Оттащить пострадавшего от находящихся под напряжением токоведущих частей за сухую одежду. Ни в коем случае нельзя прикасаться оголенными кистями рук к оголенным частям тела пострадавшего, особенно к его шее. Действовать рекомендуется одной рукой, держа другую в кармане.



отделение токоведущих частей от пострадавшего:

- Пользуясь сухой деревянной палкой, доской и другими, не проводящими электрический ток, предметами, можно отбросить провод, которого касается пострадавший. Если пострадавший судорожно сжимает провод рукой, можно разжать его руку, отгибая каждый палец в отдельности. Для этой цели оказывающий помощь должен иметь на руках диэлектрические перчатки и стоять на изолирующем основании на диэлектрическом ковре, сухой доске или быть в галошах.



- Для отделения пострадавшего от токоведущих частей электроустановки необходимо надеть диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или изолирующими клещами, рассчитанными на напряжение данной электроустановки. Применение диэлектрических бот в данном случае необходимо для защиты от возможного шагового напряжения.

Это поражение током при напряжении свыше 1000 В, а также атмосферным электричеством. Такая электротравма сопровождается тяжелыми ожогами не только кожи, но и глубоко расположенных тканей: мышц, костей, внутренних органов, вплоть до их обугливания. Нередки глубокие кровоизлияния, переломы костей. Внешне эти проявления незаметны, однако впоследствии состояние пострадавшего может резко ухудшиться

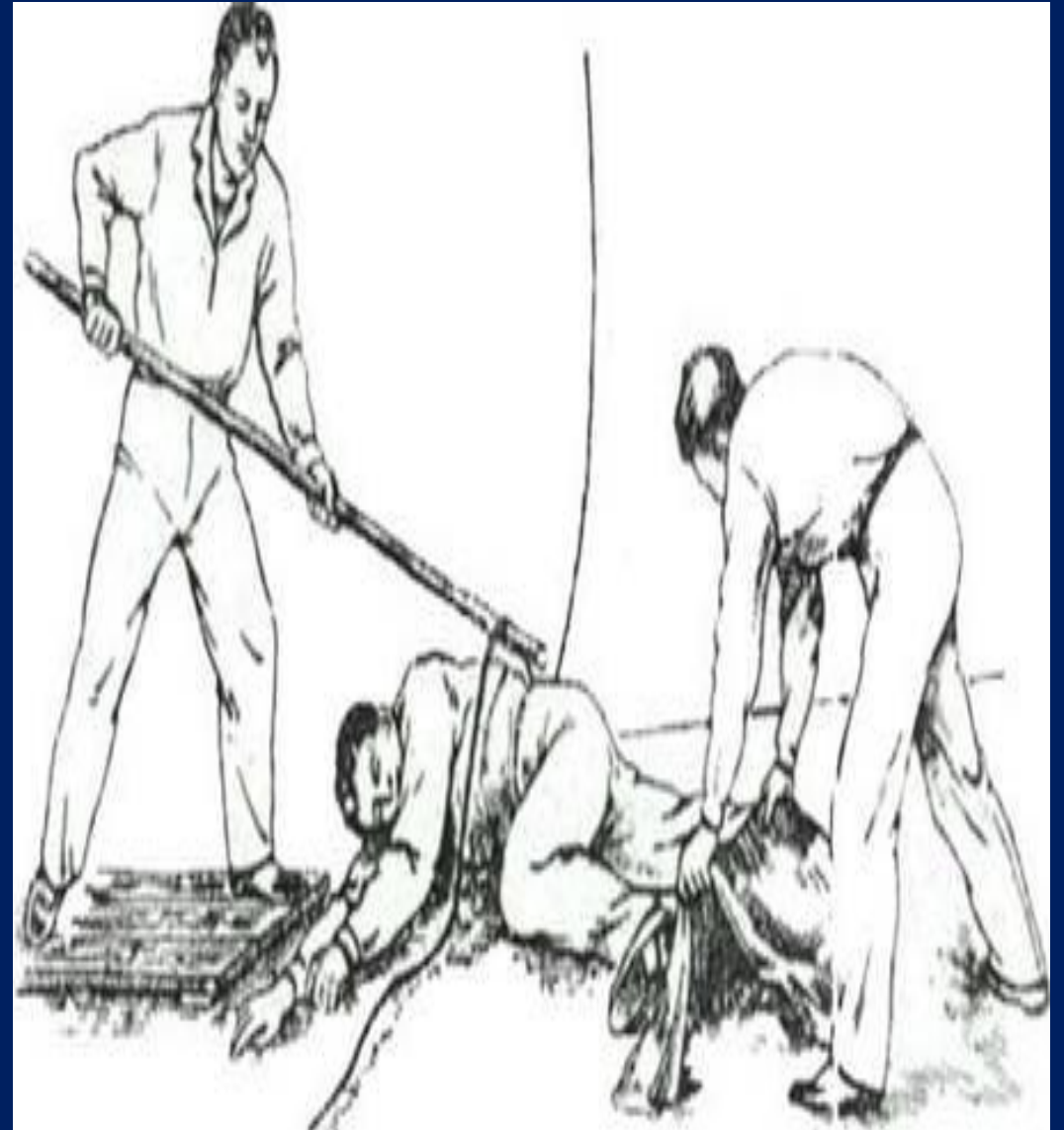
ОСВОБОЖДЕНИЕ ОТ ТОКОВЕДУЩЕГО ЭЛЕМЕНТА



Спасатель должен надеть диэлектрические боты, работать в диэлектрических перчатках. Действовать необходимо изолирующей штангой или изолирующими клещами, рассчитанными на соответствующее напряжение. Остальные меры предосторожности те же, что и при низковольтной травме.

отделение пострадавшего от земли:

- Когда электрический ток проходит через тело пострадавшего в землю, нужно ему под ноги пододвинуть сухую доску или другой изолирующий материал. Очень важно при этом соблюдать меры предосторожности, чтобы самому не попасть под напряжение. В этом случае желательно пользоваться резиновыми перчатками и резиновой обувью.



вызов искусственного короткого замыкания с целью отключения электроустановки:

На воздушных линиях электропередачи (ВЛ) 6-20 кВ, когда нельзя быстро отключить их со стороны питания, следует создать искусственное короткое замыкание для отключения ВЛ. Для этого на провода ВЛ надо набросить гибкий неизолированный проводник. Набрасываемый проводник должен иметь достаточное сечение во избежание перегорания при прохождении через него тока короткого замыкания.

Перед тем как набросить проводник, один его конец надо заземлить (присоединить к телу металлической опоры, заземляющему спуску или отдельному заземлителю и др.), а на другой конец для удобства наброса желательно прикрепить груз. Набрасывать проводник надо так, чтобы он не коснулся людей, в том числе оказывающего помощь и пострадавшего. При набросе проводника необходимо пользоваться диэлектрическими перчатками и ботами.

Факторы, влияющие на исход
поражения электрическим током

```
graph TD; A[Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током] --> B[Индивидуальные свойства человека]; A --> C[Величина тока и напряжения]; B --> D[Состояние здоровья]; B --> E[Фактор внимания]; B --> F[Квалификация]; C --> G[Время воздействия тока]; C --> H[Электрическое сопротивление тела человека]; C --> I[Путь тока через тело человека];
```

Индивидуальные свойства
человека

Состояние здоровья

Фактор внимания

Квалификация

Величина тока и напряжения

Время воздействия тока

Электрическое сопротивление
тела человека

Путь тока через тело человека

Петля («путь») тока через тело человека

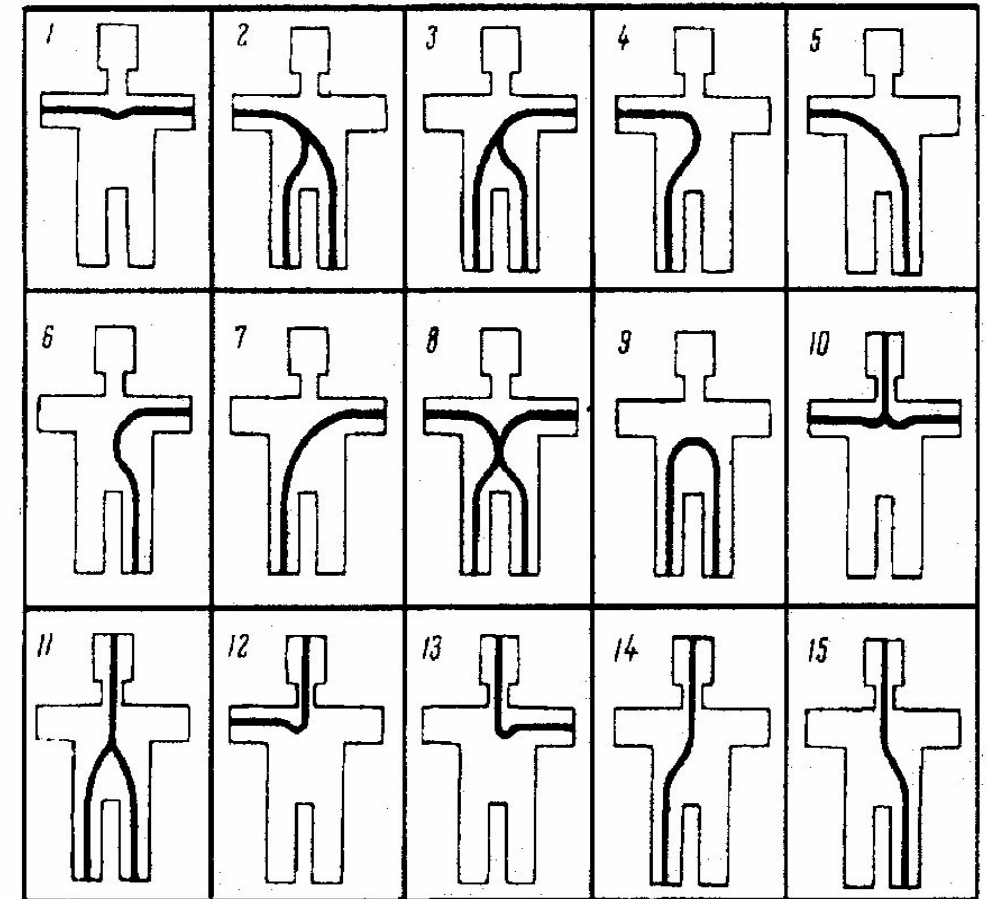
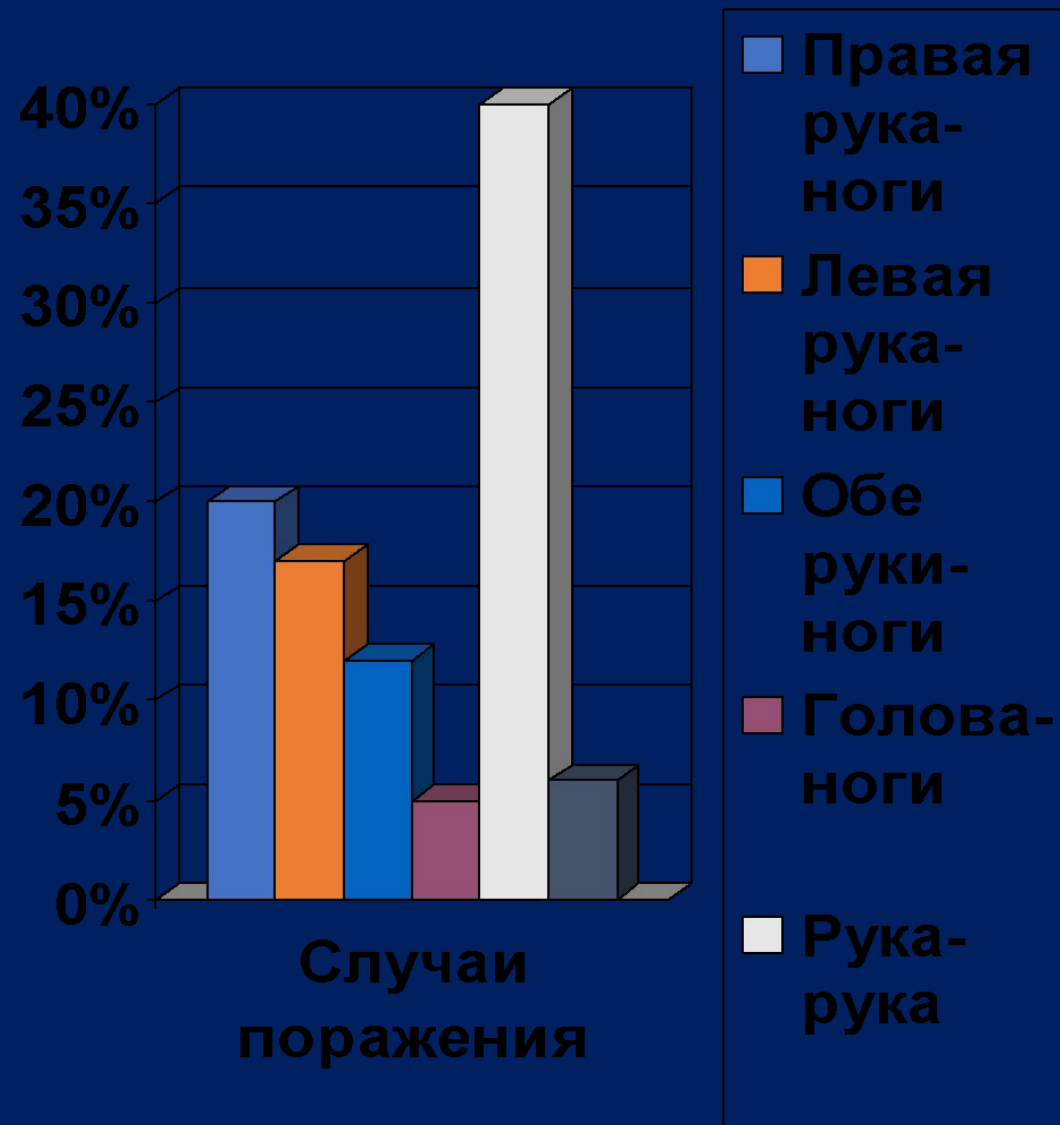


Рис.1.13. Характерные пути тока в теле человека (петли тока)

Электрическое сопротивление тела человека

- Сопротивление тела человека определяется в основном величиной наружного сопротивления, а конкретно - состоянием кожи рук толщиной всего лишь 0,2 мм (в первую очередь её наружным слоем - эпидермисом).
- Если принять сопротивление кожи за 1, то сопротивление внутренних тканей, костей, лимфы, крови составит 0,15 - 0,20, а сопротивление нервных волокон - всего лишь 0,025.
- Сопротивление тела не является постоянной величиной: в условиях повышенной влажности оно снижается в 12 раз, в воде - в 25 раз, резко снижает его принятие алкоголя. Зато во время сна оно возрастает в 15-17 раз. В качестве расчётной величины во всех электротехнических расчётах по электробезопасности условно принято значение, равное 1000 Ом.

Время воздействия тока

- Этот фактор имеет не только физиологическое, но и практическое значение при проектировании устройств защитного отключения.
- Установлено, что поражение электрическим током возможно лишь в состоянии полного покоя сердца человека, когда отсутствуют сжатие (систола) или расслабление (диастола) желудочков сердца и предсердий. Поэтому при малом времени воздействие тока может не совпадать с фазой полного расслабления. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» даёт подробную таблицу зависимости допустимых для человека значений токов от продолжительности их воздействия. Так, при продолжительности воздействия 0,1 с допустимый ток составляет 500(400) мА; при 0,2 с - 250 (190) мА; при 0,4 с - 125 (140) мА; при 0,5 с - 100 (125) мА; при 0,7 с - 70 (90) мА; при 1,0 с - 50 (50) мА.

Прочие факторы

- Из причин, влияющих на вероятность поражения человека электрическим током и не указанных выше, можно выделить ещё целый ряд. Условно их можно подразделить на 2 группы и сформулировать следующим образом:
- 1. *Всё, что увеличивает темп работы сердца*, способствует повышению вероятности поражения. К таким причинам следует отнести усталость, возбуждение, голод, жажду, испуг, принятие алкоголя, наркотиков, курение, болезни и т.п.
- 2. *«Готовность» к электрическому удару*, т.е. психологические факторы. Здесь, естественно, не идёт речь о привыкании к опасности и грубых нарушениях мер безопасности при работе в электроустановках.



- **Токоведущая часть** - проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник (но не -проводник).
- **Открытая проводящая часть** - доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.
- **Напряжение прикосновения** - напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного



- **Прямое прикосновение** - электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением.
- **Косвенное прикосновение** - электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.
- **Защита от прямого прикосновения** - защита для предотвращения прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением.
- **Защита при косвенном прикосновении** - защита от поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением при повреждении изоляции.



Меры защиты от прямого прикосновения

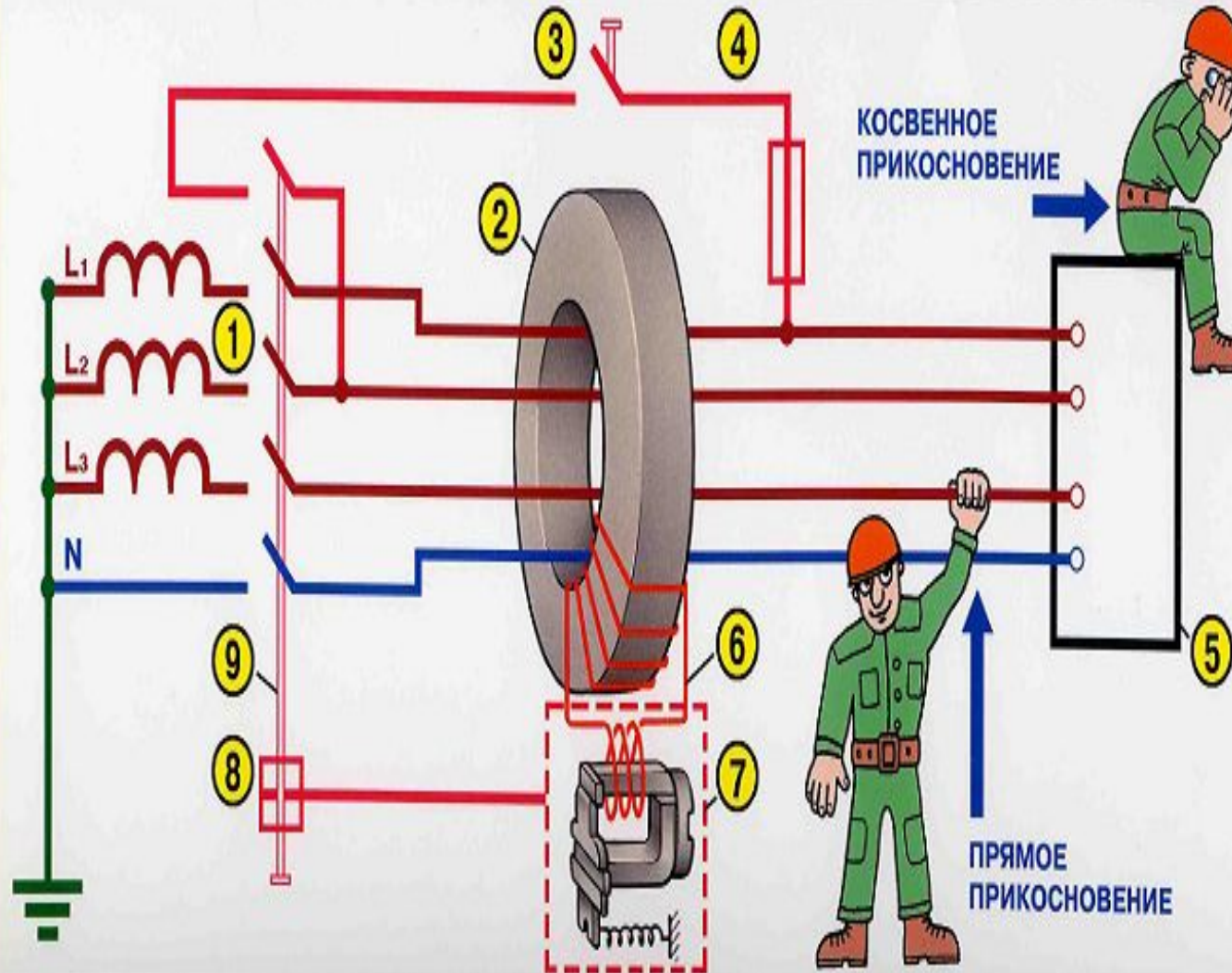
- Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.
- Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:
 - **основная изоляция токоведущих частей;**
 - **ограждения и оболочки;**
 - **установка барьеров;**
 - **размещение вне зоны досягаемости;**
 - **применение сверхнизкого (малого) напряжения.**

Для дополнительной защиты в ЭУ до 1000В следует применять устройство защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30мА.

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

УЗО - быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке.

В комплексе с системой уравнивания потенциалов позволяет ограничить и даже исключить токи утечки, блуждающие токи в проводящих элементах зданий, трубопроводах. Предотвращает поражение электрическим током, а также возгорание проводки неисправной электросети.



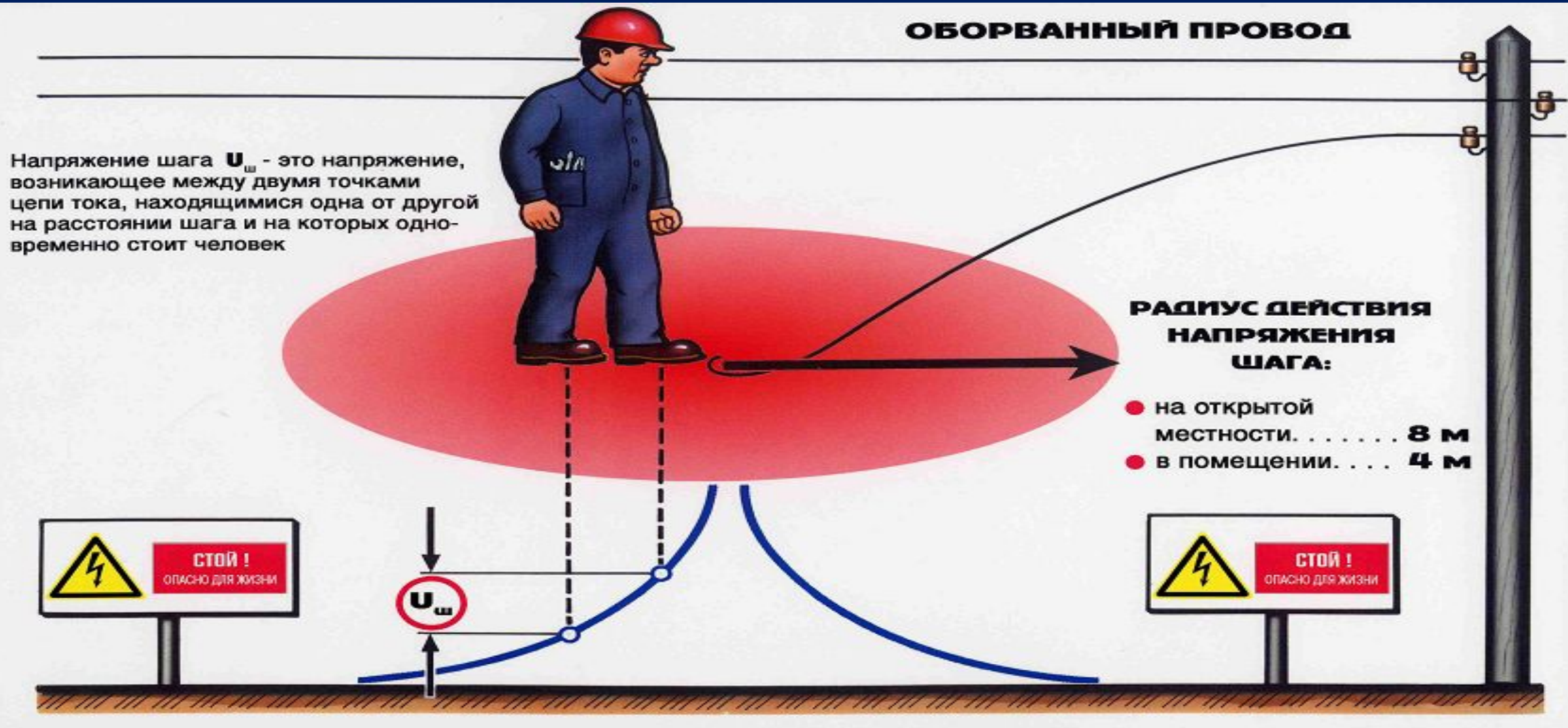
ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРЕХФАЗНОГО УЗО

При утечке тока на землю или при косновении человека к токоведущим частям электроустановки **5** баланс токов в подводящих проводниках **1** а следовательно и магнитных потоков в сердечнике **2** нарушается. Во вторичной обмотке **6** появляется дифференциальный ток (то небаланса), который вызывает срабатывание реле **7**, воздействующего на исполнительный механизм **8** приводящий в действие пружинный механизм контактной группы **9**. Электроустановка отключается. Цепь тестирования **4**, искусственно создающая дифференциальный ток служит для периодического контроля исправности **УЗО** путем нажатия кнопки **3**.

Меры защиты при косвенном прикосновении

- Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:
 - **защитное заземление;**
 - **автоматическое отключение питания;**
 - **уравнивание потенциалов;**
 - **выравнивание потенциалов;**
 - **двойная или усиленная изоляция;**
 - **сверхнизкое (малое) напряжение;**
 - **защитное электрическое разделение цепей;**
 - **изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.**
- *Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока.*

Попадание человека в зону напряжения шага



- Замыкание на землю - случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землей.
- Напряжение на заземляющем устройстве - напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала.
- Напряжение шага - напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека.



Опасность шагового напряжения

- При попадании под шаговое напряжение возникают непроизвольные судорожные сокращения мышц ног и как следствие этого падение человека на землю. В этот момент прекращается действие на человека шагового напряжения и возникает иная, более тяжелая ситуация: вместо нижней петли в теле человека образуется новый, более опасный путь тока, обычно от рук к ногам и создается реальная угроза смертельного поражения током. При попадании в область действия шагового напряжения необходимо выходить из опасной зоны минимальными шажками ("гусиным шагом").

- Особо опасно шаговое напряжение для крупного рогатого скота, т.к. расстояние шага у этих животных очень велико и соответственно велико напряжение, под которое они попадают. Нередки случаи гибели скота от шагового напряжения



