Электробезопасность

Определение

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.

Правила электробезопасности регламентируются правовыми и техническими документами, нормативно-технической базой. Знание основ электробезопасности обязательно для персонала, обслуживающего электроустановки и электрооборудование.

На производстве можно выделить следующие факторы, вызывающие повреждения от электрического разряда:

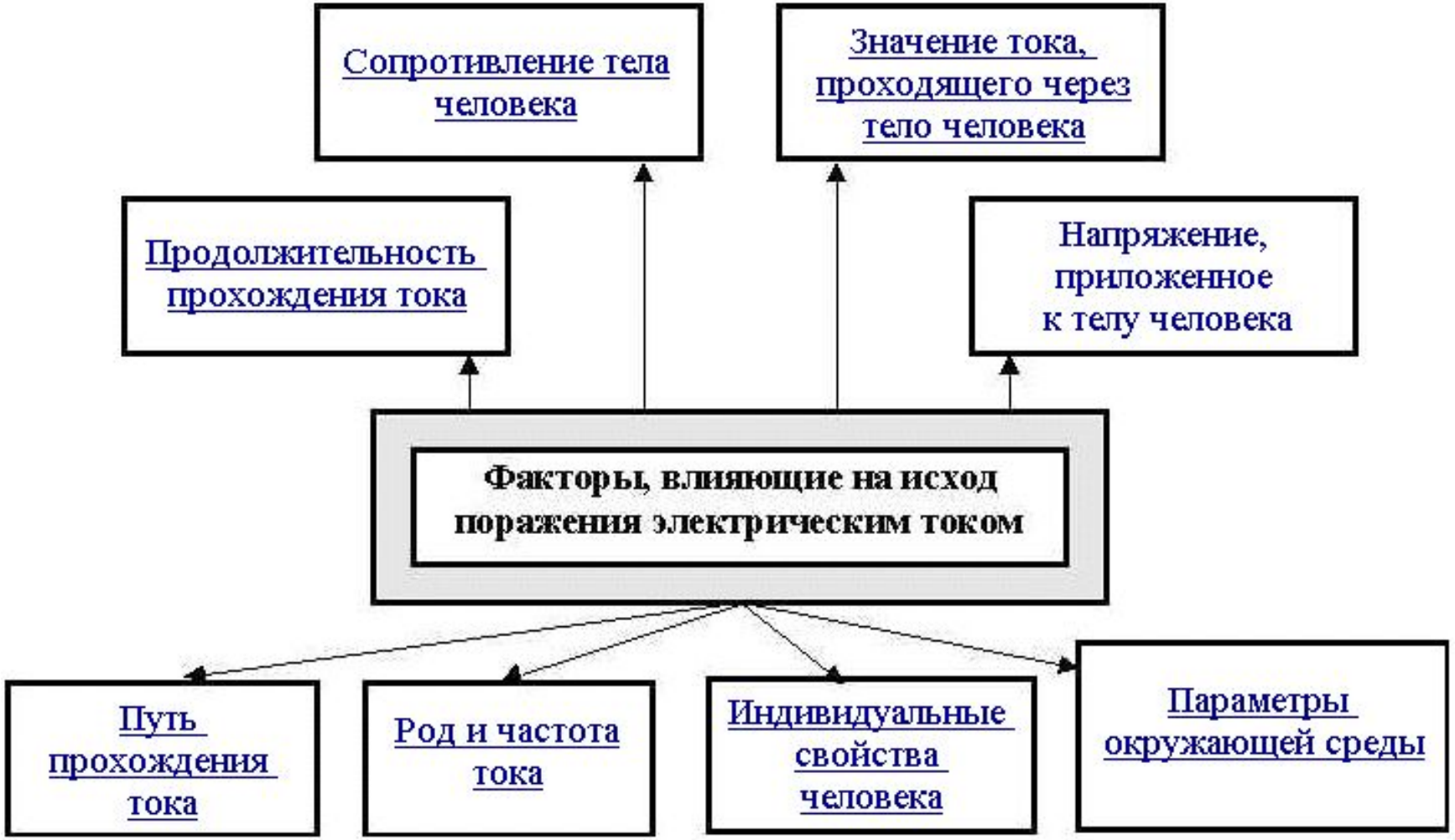
- прямой контакт с неизолированными токопроводящими деталями;
- взаимодействие с металлическими деталями, которые оказались под электрическим напряжением из-за *повреждения изоляционного слоя*;
- появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие *ошибочного включения установки*;
- **шаговое напряжение** на поверхности земли в результате замыкания провода на землю.

Причины электротравм

Опасность поражения электрическим током специфична, поскольку наличие напряжения не может быть обнаружено на расстоянии без специальных приборов.

Органы чувств человека позволяют обнаружить его только при контакте с электроустановкой, находящейся под напряжением, в момент поражения.

Факторы, влияющие на опасность поражения током



Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током

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

$$I_ч = \frac{U_{пр}}{R_ч},$$ где $U_{пр}$ - напряжение прикосновения, В;
$R_ч$ - сопротивление тела человека, Ом.

$$R_ч = R_{внутр} + R_{кожи}$$

$R_{внутр}$ = 300-500 Ом, $R_{кожи}$ = до 100 кОм, $R_{расч}$ = 1000 Ом

При включении человека в электрическую сеть образуется замкнутая «цепь поражения» и ток, проходящий через человека $I_ч$ (А), будет определять степень опасности.

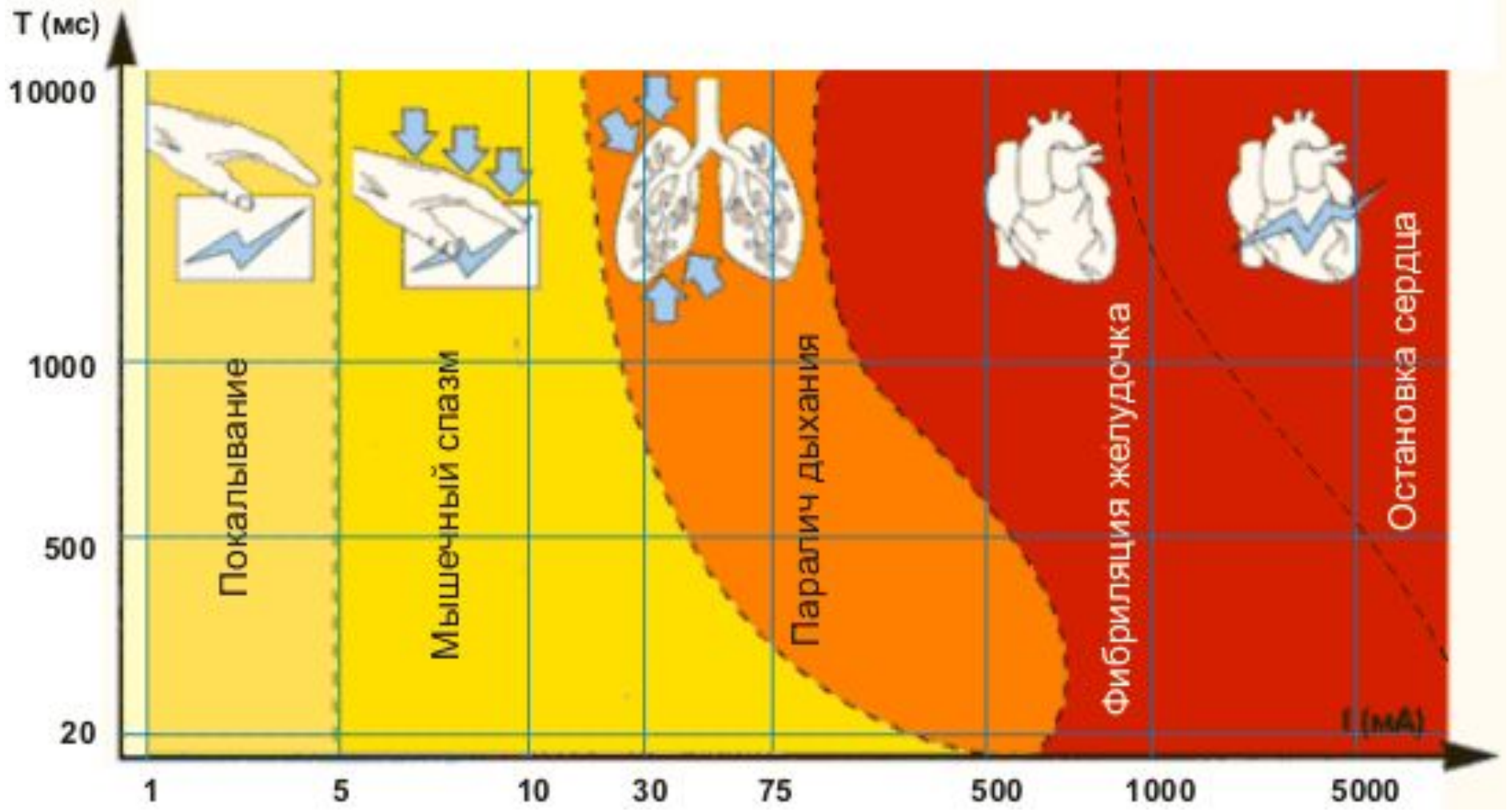
Длительность воздействия

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

~ 50 Гц > 10 с - 2 мА

$\leq$ 10 с - 6 мА

Влияние тока на человека



Характер воздействия тока на организм человека

Ток, мА	Переменный (50 Гц) ток	Постоянный ток
0,5--1,5	Начало ощущений: слабый зуд, пощипывание кожи	Не ощущается
8--10	Сильные боли и судороги во всей руке, включая предплечье. Руки трудно оторвать от электродов	Усиление ощущения нагрева кожи
10--15	Едва переносимые боли во всей руке. Руки невозможно оторвать от электродов (неотпускающий ток)	Значительный нагрев в месте контакта и в прилегающей области кожи
25--50	Очень сильная боль в руках и в груди. Дыхание крайне затруднено. При длительном воздействии может наступить остановка дыхания или потеря сознания	Сильный нагрев, боли и судороги в руках, При отрыве рук от электродов – сильные боли
50--80	Дыхание парализуется через несколько секунд, нарушается работа сердца. При длительном воздействии может наступить фибрилляция сердца	Очень сильный поверхностный и внутренний нагрев. Сильные боли в руке и в области груди. Руки невозможно оторвать от электродов
80--100	Фибрилляция сердца через 2-3 с, ещё через несколько секунд – остановка дыхания	То же действие, но выраженное сильнее. При длительном действии – остановка дыхания

Ток, мА	Переменный ток, Гц	Постоянный ток
0,6…1,5	Начало ощущения, лёгкое дрожание пальцев	Ощущений нет
2,0…2,5	Начало болевых ощущений	То же
5,0…7,0	Начало судорог в руках	Зуд, ощущение нагрева
8,0…10,0	Судороги в руках, трудно, но можно оторваться от электродов	Усиление ощущений нагрева
20,0…25,0	Сильные судороги и боли, неотпускающий ток, дыхание затруднено	Судороги рук, затруднение дыхания
50,0…80,0	Паралич дыхания	То же
90,0…100,0	Фибрилляция сердца при действии тока в течение 2-3 с, паралич дыхания	Паралич дыхания при длительном протекании тока
300,0	То же, за меньшее время	Фибрилляция сердца через 2-3 с, паралич дыхания

Факторы, влияющие на тяжесть поражения электротоком

Электрическое сопротивление тела человека (от 3 тыс. до 100 тыс. Ом на поверхности сухой, чистой, неповрежденной кожи до 500-1000 Ом внутри тела). Безопасное напряжение:

$$U_{БЕЗ} = R_{Ч} \cdot I_{БЕЗ} = 1000 \cdot 0{,}01 = 10(B)$$

$\boldsymbol{R_{Ч}}$ – расчетное сопротивление тела человека (1000 Ом)

$\boldsymbol{I_{БЕЗ}}$ – условно безопасная сила тока (10 мА)

Род тока (переменный ток опаснее постоянного)

Сопротивление тела человека

Если человек попал под напряжение, и имеется замкнутая цепь, то по этой цепи начинает протекать ток, при этом тело человека оказывает сопротивление этому току.

Сопротивление тела человека является переменной величиной, зависящей от множества факторов (параметров электрической цепи, физического и психического состояния человека, состояния окружающей среды).

Разные ткани тела человека оказывают току разное сопротивление:

1) Кожа, кости, хрящи, сухожилия , жировая ткань – большое 3000 – 20000 Ом/м;

2) Мышцы, кровь, лимфа, особенно спинной и головной мозг – малое 0,5 –1,0 Ом/м.

Кожа имеет наибольшее удельное сопротивление, поэтому сопротивление тела человека определяется главным образом сопротивлением кожи человека.

Сопротивление тела человека

1) Индивидуальных особенностей человека, даже у одного итого же человека в разное время и в разных условиях сопротивление разное, в зависимости от физического и психического состояния;

2) От пола – у женщин меньше, чем у мужчин. Объясняется толщиной кожи.

3) От возраста – у детей меньше, чем у взрослых и стариков. Объясняется толщиной и степенью огрубления кожи.

4) От внешней среды – температуры, давления, плотности.

5) От состояния кожи – загрязнения, ранения, увлажненности и т.п.

6) От внешних неожиданно возникающих раздражителей – болевые (удары, уколы), световые, звуковые снижают сопротивление тела человека на 20 – 50% на несколько минут.

3. Путь протекания тока через тело человека

Поражение человека электротоком зависит от пути прохождения, вида тока (постоянный или переменный), силы и точки соприкосновения (сопротивления).

*Очень опасные, с*ледующие схемы «включения» человека в электросеть:

1) петля «голова – руки». При этом электроток проходит через жизненно важные органы человека: головной мозг, сердце и лёгкие;

2) петля «голова – ноги». В этом случае электроток проходит через всё тело человека, поражая жизненно важные органы.

3) *Менее опасные* схемы включения, но встречающиеся чаще, следующие:

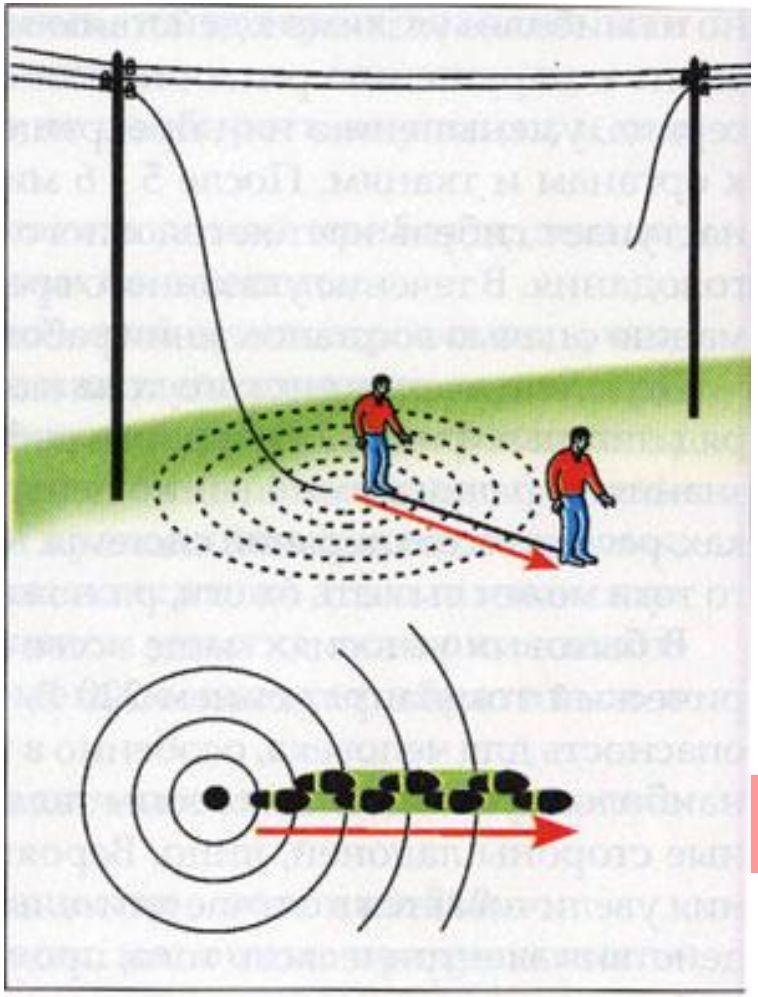
петля «рука – ноги». Статистически до 87 % от всех электротравм;

петля «рука – рука». Электроток проходит через грудную клетку человека. Поражаются сердце и лёгкие;

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

Напряжение шага

- это напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек (0,8 -1,0 м).
- $U_{ш}$ повышается по мере приближения человека к месту замыкания провода на землю и при увеличении длины шага.
- передвигаться следует только **«гусиным шагом»** - пятка шагающей ноги, не отрываясь от земли, приставляется к носку другой ноги.



Безопасный способ выхода из зоны шагового напряжения

~8 м

Распределение случаев поражения электротоком

- Правая рука – ноги 20%
- Левая рука – ноги 17%
- Обе руки – ноги 12%
- Голова – ноги 5%
- Рука – рука 40%
- Нога – нога 6%

Первые 5 позиций наиболее опасны, т.к. через сердце протекает 8-12% полного значения тока

Наиболее частые причины смерти при поражении электрическим током:

- Внезапная остановка сердца – 80%
- Отёк головного мозга – 15%
- Спазм дыхательной мускулатуры и асфиксия – 4%
- Повреждения внутренних органов, кровотечения и ожоги – 1%

Факторы, определяющие исход воздействия электрического тока на человека

По степени воздействия на человека различают три пороговых значения тока: ощутимый, неотпускающий и фибрилляционный.

Ощутимый

Ощутимым называют электрический ток, который при прохождении через организм вызывает ощутимое раздражение. Минимальная величина, которую начинает ощущать человек при переменном токе с частотой 50 Гц, составляет 0,6–1,5 мА.

Неотпускающий

Неотпускающим считают ток, при котором непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, ноги или других частей тела не позволяют пострадавшему самостоятельно оторваться от токоведущих частей (10,0–15,0 мА).

Фибрилляционный ток

Фибрилляционный — ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца — быстрые хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы, приводящие к его остановке (90,0–100,0 мА). Через несколько секунд происходит остановка дыхания. Чаще всего смертельные исходы наступают от напряжения 220 В и ниже. Именно низкое напряжение заставляет беспорядочно сокращаться сердечные волокна и приводит к моментальному сбою в работе желудочков сердца.

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).

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

Классификация помещений по опасности поражения током

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

- сырость (относительная влажность > 75 %);
- высокая температура воздуха, длительно > 35°С;
- 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.

Классификация помещений по степени опасности поражения электрическим

Класс помещения	Наличие признаков	Места возможного возникновения указанных условий
С повышенной опасностью	1. Сырость (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %). 2. Токопроводящая пыль (по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п.). 3. Токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные). 4. Высокая температура (под воздействием различных тепловых излучений температура превышает постоянно или периодически более 1 сут. +35 °С) 5. Возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой	Кузнечно-рессорный, вулканизационный и другие участки
Особо опасные	1. Особая сырость (относительная влажность воздуха близка к 100%). 2. Химически активная или органическая среда (постоянно или длительно содержатся агрессивные пары, газы, жидкость, образуются отложения или плесень, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования). 3. Одновременно два условия или более повышенной опасности	Снаружи здания, посты мойки автомобилей, аккумуляторное отделение и др.
Без повышенной опасности	Отсутствие условий, создающих повышенную или особую опасность	Диспетчерская, инструментальная и др.

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.

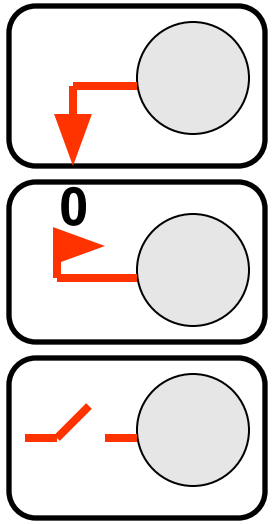
5. Средства уменьшения ёмкостного тока: включение индуктивной катушки между нейтральной точкой и землёй, разделение протяжённых сетей на отдельные участки с меньшей ёмкостью.

6. Средства защиты от пробоя фазы на корпус оборудования:

Защитное заземление

Зануление

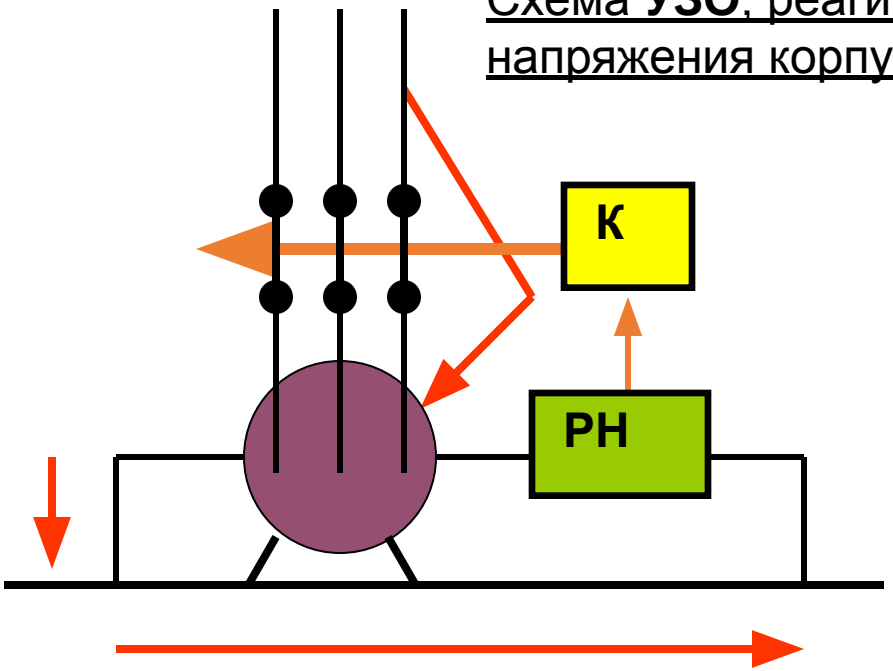
Защитное отключение



Устройство защитного отключения (УЗО)

УЗО - это быстродействующая защита, реагирующая на замыкание фазы на корпус, на землю, на прикосновение человека. Характеристики **УЗО:** вставка 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



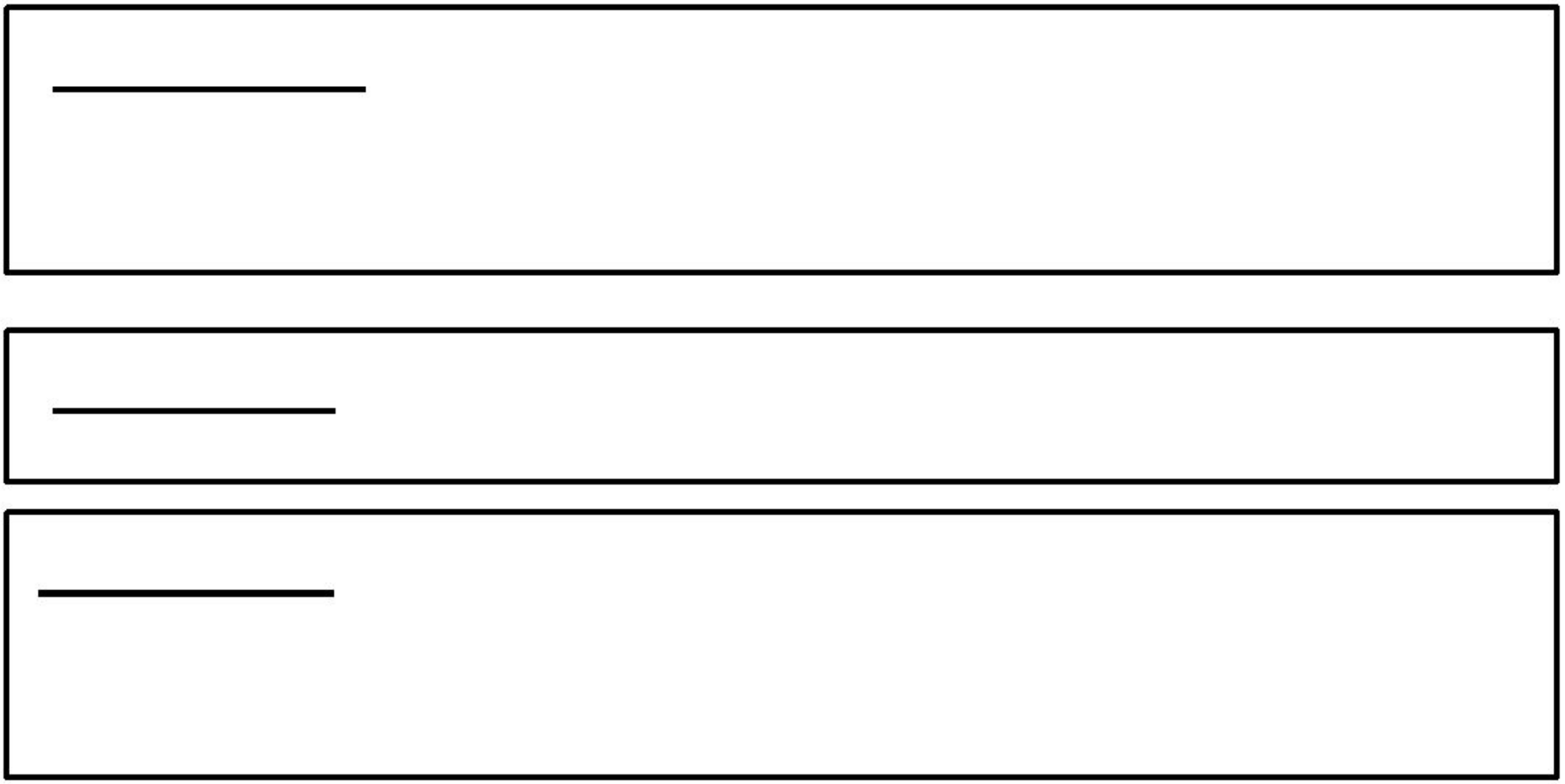
При пробое фазы на корпус срабатывает реле напряжения (**РН**), настроенное на определённое напряжение, и установка отключается контактором (**К**).

Квалификационные группы по технике безопасности

Группа 1. Присваивается после инструктажа и проверки знаний на рабочем месте. К этой группе относятся лица, обладающие элементарными знаниями в области электротехники (разнорабочие, уборщики, ученики электромонтёров).

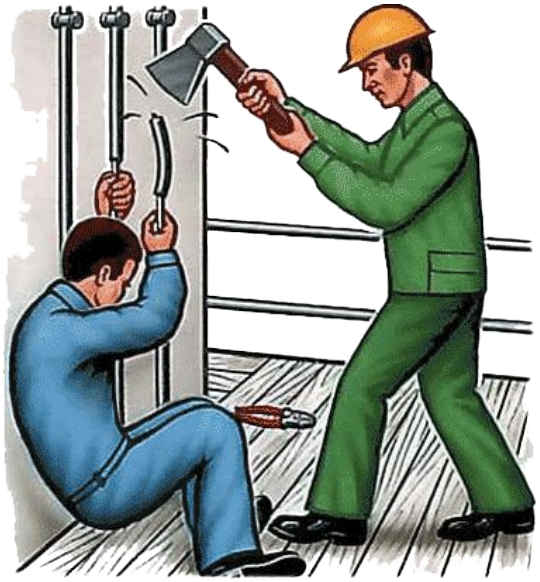
Группы **2 - 5** присваиваются специальной комиссией. После проверки знаний выдаётся удостоверение.

Группа 2. Присваивается лицам, имеющим элементарное представление об электроустановках, умеющим оказывать первую помощь пострадавшим.



Способы освобождения от токоведущего элемента

- любым сухим предметом, не проводящим ток (палкой, доской, канатом и т.д.);
- оттянуть пострадавшего за воротник или полу одежды;
- перерубить провод топором с сухим деревянным топорищем;
- перекусить (**каждую фазу отдельно!**) кусачками с изолированными рукоятками.



Высоковольтная (свыше 1000 В) электротравма

- Спасатель должен надеть диэлектрические боты, работать в диэлектрических перчатках. Действовать необходимо изолирующей штангой или изолирующими клещами, расчитанными на соответствующее напряжение. Остальное – как при низковольтной травме.

Критерии безопасности в электроустановках

Для расчета и разработки защитных мер в электроустановках в качестве исходных нормируемых величин рекомендуются три первичных критерия электробезопасности:

- **пороговый ощутимый ток** – наименьшее значение ощутимого тока, при частоте 50 Гц в среднем он составляет 1 мА;
- **пороговый неотпускающий ток** – человек может самостоятельно освободиться от действия тока, величина тока 10 мА;
- **пороговый фибрилляционный ток** – ток 50 мА и более может вызвать фибрилляцию желудочков сердца.

Условно безопасная сила тока - 10 мА

Смертельный ток - 100 мА

Применение средств индивидуальной защиты

Электрозащитные средства подразделяются на основные и дополнительные.

Основными называются такие средства, изоляция которых надёжно выдерживает рабочее напряжение электроустановки. При использовании этих средств допускается прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением. К основным электрозащитным средствам при работе с электроустановками напряжением до 1 000 В относятся: изолирующие клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки и монтёрский инструмент с изолирующими ручками.

Дополнительными называются такие изолирующие средства, которые сами по себе не могут обеспечить безопасности от поражения током. Они являются дополнительной мерой защиты к основным защитным средствам. К дополнительным защитным средствам относятся в электроустановках:

до 1 000 В – диэлектрические галоши, коврики и подставки;

напряжением выше 1 000 В – диэлектрические перчатки, рукавицы, галоши, боты, коврики и изолирующие подставки.

2. При высоком напряжении необходимо использовать защиту расстоянием.

При напряжении до 1 000 В безопасное расстояние до воздушных линий определяется в 0,6 метра, а для остальных электроустановок не нормируется и определяется отсутствием прикосновения.

3. Необходимо учитывать, что шаговое напряжение опасно до 20 метров от точки касания проводника с земли. В случае попадания в зону действия шагового напряжения, рекомендуется выходить скользящим шагом (не отрывая ног от поверхности земли) так, чтобы ступни ног постоянно соприкасались друг с другом.

Запомни!

- При поражении электрическим током почти в каждом случаи можно спасти пораженного: достаточно лишь не растеряться и правильно оказать экстренную помощь.

Запомни!

- При воспламенении проводов, огонь гасят песком или накрывают плотной тканью.

- Запомни! За пострадавшего можно браться только одной рукой.

- Запомни! По истечении 4-х минут остановившееся сердце уже невозможно заставить биться!