

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра безопасности жизнедеятельности**

**Дисциплина «ОХРАНА ТРУДА»**

## **Лекция 10**

**Тема: ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ В  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**доцент кафедры  
кандидат военных наук, доцент  
ПАНОВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ**

# Учебные вопросы:

1. Действие электрического тока на организм человека.
2. Защитные меры и защитное заземление.

## Литература:

1. Безопасность жизнедеятельности (раздел «Охрана труда в строительстве») : учебное пособие / Е.Б. Сугак ; М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. — Москва : МГСУ, 2014. 112 с.

**НЕ ПОДХОДИ  
К ОБОРВАННОМУ  
ПРОВОДУ  
БЛИЖЕ 8 М**



Электрoэнергия, с одной стороны, приводит в действие машины и инструмент, обеспечивает освещение рабочих мест и отопление в бытовых помещениях, а с другой — является сильным поражающим фактором. Специфика строительства усиливает степень поражения человека, поэтому Энергонадзор классифицирует эти рабочие места как особо опасные и относит их к 3-му классу. Примерно каждый 7...8-й случай поражения током в строительстве заканчивается смертельным исходом.

Функционирование человеческого организма связано с прохождением биотоков по нервной системе от головного мозга к периферии. В случае воздействия тока на человека биотоки перестают нормально функционировать, в результате чего человек не может сделать безопасного движения, затрудняется его дыхание и наступает удушье, поражается судорогой сердечная мышца.



# Вопрос 1. Действие электрического тока на организм человека.

Степень поражения человека зависит от следующих условий:

1) параметров электрической цепи: величины тока — главного поражающего фактора, а также напряжения, частоты и рода тока, сопротивления человеческого тела.

Из закона Ома  $I = U / R$  следует, что для снижения степени поражения человеку важно иметь высокое электрическое сопротивление. Наибольшим сопротивлением обладает верхний слой кожи — до 20000 Ом, однако при её увлажнении, загрязнении и нарушении сплошности (ссадины, царапины и пр.) сопротивление человека снижается до 1000 Ом и

органы

## КАСАНИЕ ЗАЕМПЕННЫХ НЕТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ, ОКАЗАВШИХСЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

Напряжение прикосновения  $U_{пр}$  в поле растекания заземлителя:

$$U_{пр} = \alpha U_3,$$

где  $U_3$  - напряжение заземляющего устройства;  
 $\alpha$  - коэффициент напряжения прикосновения; зависит от формы и конструкции заземлителя



сводится в 2...3  
повышении

или



2) путей прохождения тока через тело человека, которые в свою очередь зависят от схемы включения человека в электрическую сеть. При прикосновении человека к одной фазе сети (однофазное включение) ток потечет в землю и, как правило, не затронет жизненно важных органов человека. На величину тока положительно скажется высокое сопротивление пола, обуви, резинового коврика.

При случайном касании одновременно двух фаз (двухфазное включение) ток потечет между ними и затронет жизненно важные органы.

При таком пути движения ток изоляция человека от земли в виде резиновой обуви. Величина тока, проходящего через человека в 1,73 раза больше, чем при однофазном включении;





3) продолжительности воздействия тока. Снижение времени уменьшает степень поражения, это широко используется в отключающих сетях защитных устройств;

4) окружающих условий —влажность и температуры воздуха, материала пола. Они влияют на влажность кожи, а следовательно на сопротивление пути прохождения тока. Среди основных преимуществ имеет сухой деревянный пол

Это наиболее частое поражение промышленным и бытовым током при напряжении 42 - 380 В. Оно может привести к смерти от удушья, остановке сердца и кровообращения. Тяжесть электротравмы зависит от силы тока и продолжительности его воздействия

ТОК, МА	Симптомы при захвате оголенного проводника рукой
3-5	Раздражающее действие тока ощущается всей кистью
8-10	Боль резко усиливается, охватывает всю руку. Непроизвольное сокращение мышц
10-15	Боль едва переносима. Невозможно разжать руку (неотпускающий ток)
25-50	Мощное сокращение дыхательных мышц, затруднение и прекращение дыхания, клиническая смерть
50-200	Возможна остановка сердца
Более 200	Остановка сердца и дыхания

**НЕОБХОДИМО**

**КАК МОЖНО БЫСТРЕЕ**

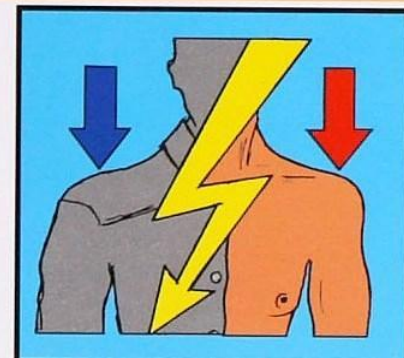
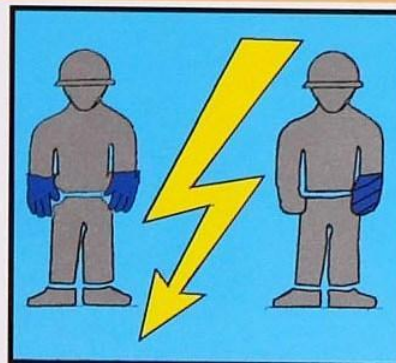
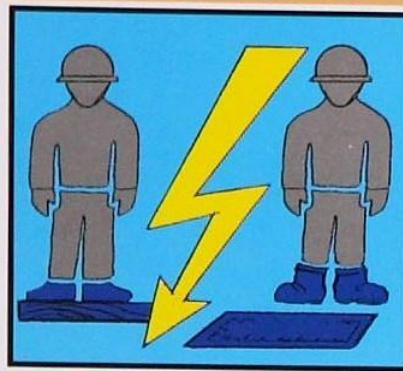
- ОТКЛЮЧИТЬ РУБИЛЬНИК, ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ
- РАЗОМКНУТЬ ШТЕПСЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ
- ВЫВЕРНУТЬ ПРОБКИ
- УДАЛИТЬ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ И Т.П.

Если быстро отключить электроустановку невозможно, спасатель, прежде чем прикоснуться к пострадавшему, обязан защититься от поражения электрическим током, используя следующие меры:

Встать на сухие доски, бревна, свернутую сухую одежду, резиновый коврик, или надеть диэлектрические галоши.

Надеть диэлектрические перчатки или обмотать руку сухой тканью, шарфом, защитить кепкой или краем рукава.

Не дотрагиваться до металлических предметов и до тела пострадавшего. Можно касаться только его одежды.



## Критерии безопасности электрического тока

Существуют теоретические положения, при выполнении которых на практике обеспечивается защита человека от действия электрического тока. Они называются критериями безопасности электрического тока и формулируются следующим образом.

Человек находится в безопасности, если будет обеспечен хотя бы один из трёх критериев безопасности:

**первый критерий** — если обеспечивается допустимая сила тока. Длительно допустимый переменный ток частотой 50 Гц ограничивается величиной 10 мА, кратковременный допустимый — в зависимости от продолжительности действия тока изменяется от 65 мА (для 1 с) до 250 мА (для 0,2 с);

**второй** — если обеспечивается допустимое напряжение прикосновения. Оно определяется из закона Ома и расчетного сопротивления человека в 1000 Ом:

$$U_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} \cdot R_{\text{чел}} = 1000 \cdot I_{\text{доп}};$$

**третий** — если обеспечивается безопасная продолжительность воздействия тока. Определяется на основании первых двух критериев безопасности.

Формулирование трех критериев безопасности имеет большое значение для обеспечения электробезопасности, так как все практические меры по защите человека реализуют хотя бы один из данных положений.



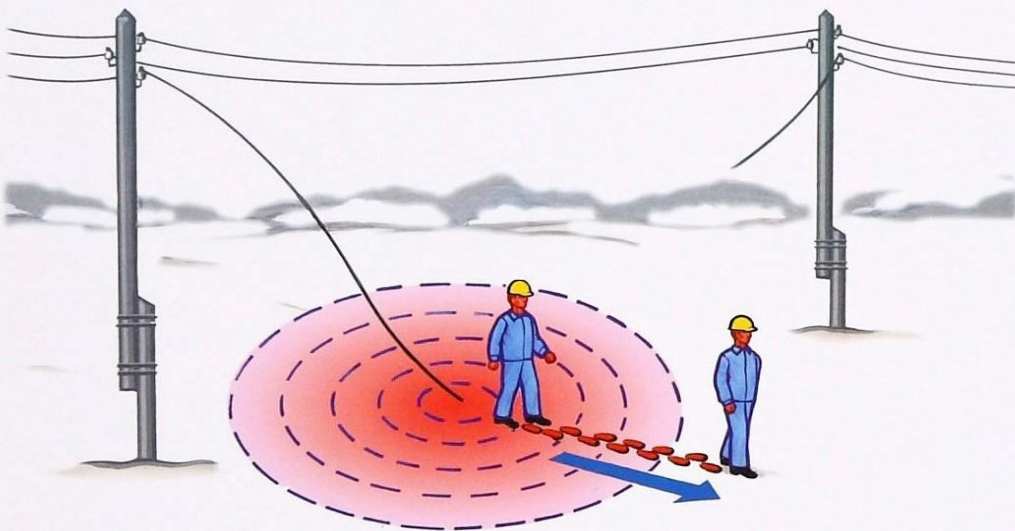
Это поражение током при напряжении свыше 1000 В, а также атмосферным электричеством. Такая электротравма сопровождается тяжелыми ожогами не только кожи, но и глубоко расположенных тканей: мышц, костей, внутренних органов, вплоть до их обугливания. Нередки глубокие кровоизлияния, переломы костей. Внешне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

### ПРАВИЛА ВЫХОДА ИЗ ЗОНЫ РАСТЕКАНИЯ ТОКА



Если токоведущий элемент лежит на земле, возникает опасность напряжения шага. Двигаясь в зоне растекания тока, используйте диэлектрические галоши и коврики, сухие доски.

При отсутствии защитных средств выходить из зоны растекания тока следует короткими шагами, передвигая ноги без отрыва их от земли и одной ступни от другой.

Безопасными  $U$  не выше 42 В для сухих помещений, не выше 36 В для помещений с повышенной опасностью (металлические, земляные, кирпичные полы, сырость, возможность касания заземленных элементов конструкций), не выше 12 В для особо опасных помещений, имеющих химически активную среду. В случае когда человек оказывается вблизи упавшего на землю провода, находящегося под напряжением, возникает опасность поражения шаговым напряжением.

**Напряжение шага** — это напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек.

Действие электрического тока на организм характеризуется двумя основными поражающими факторами:

- электрический удар, возбуждающий мышцы тела, приводящий к судорогам, остановке дыхания и сердца;
- электрические ожоги, возникающие в результате выделения теплоты при прохождении тока через тело человека; (покраснение кожи, ожог с образованием пузырей или обугливанием тканей)



## Защитные меры в электроустановках

Защитные меры в электроустановках регламентируются **Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)** в зависимости от степени опасности рабочего места. По этому фактору ПУЭ разделяют

все помещения с электроустановками на 3 класса: без повышенной опасности, с повышенной опасностью и особо опасные.

Помещения 1-го класса без повышенной опасности — сухие, беспыльные, с изолирующими полами (например деревянными) и нормальными метеорологическими условиями.

Помещения 2-го класса характеризуются наличием одного из 5 условий:

- относительная влажность воздуха  $> 75 \%$ ;
- температура воздуха  $> 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- наличие токопроводящей пыли;
- наличие токопроводящих полов;
- возможность одновременного контакта человека с корпусом электроустановки и другим металлическим предметом.

К особо опасным помещениям 3-го класса относятся те, что:

- имеют в наличии относительную влажность воздуха, близкую к  $100 \%$ ;
- содержат в атмосфере вещества, разрушающие изоляцию проводов;
- одновременно содержат не менее двух условий из характеристики помещений с повышенной опасностью;
- имеют территорию открытых электроустановок.

Большинство электроустановок в строительстве эксплуатируются под открытым небом, поэтому эти рабочие места считаются особо опасными.

# ОСНОВНЫМИ ЗАЩИТНЫМИ МЕРАМИ ЯВЛЯЮТСЯ:

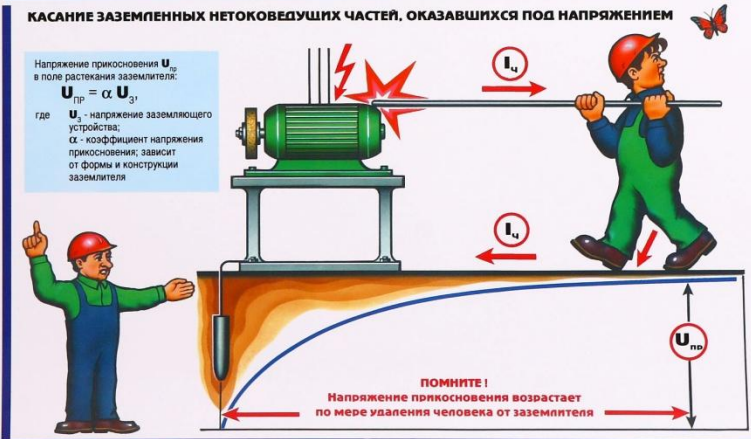
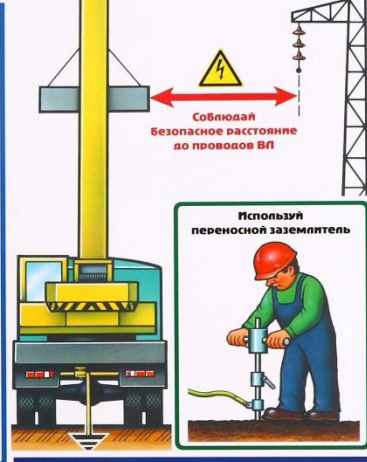
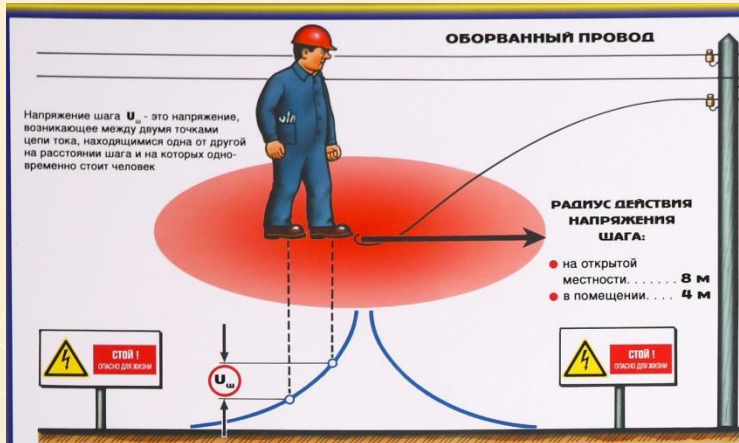
1) **работа при малых напряжениях.** В опасных и особо опасных помещениях напряжение на ручном инструменте ограничивается 42 В, на переносных светильниках 12 В. Из-за технических и экономических сложностей при устройстве протяженных сетей малого напряжения область их применения ограничена. В данной мере реализуется 2-й критерий;

2) **контроль электроизоляции.**

В соответствии с ПУЭ для электроустановок напряжением до 1000 В изоляция проводов должна быть не менее  $5 \cdot 10^5$  Ом. Изоляция проводов обеспечивает минимальную величину тока, проходящего через человека, и периодически испытывается на повышенные напряжения;

3) **недоступность электрических сетей.**

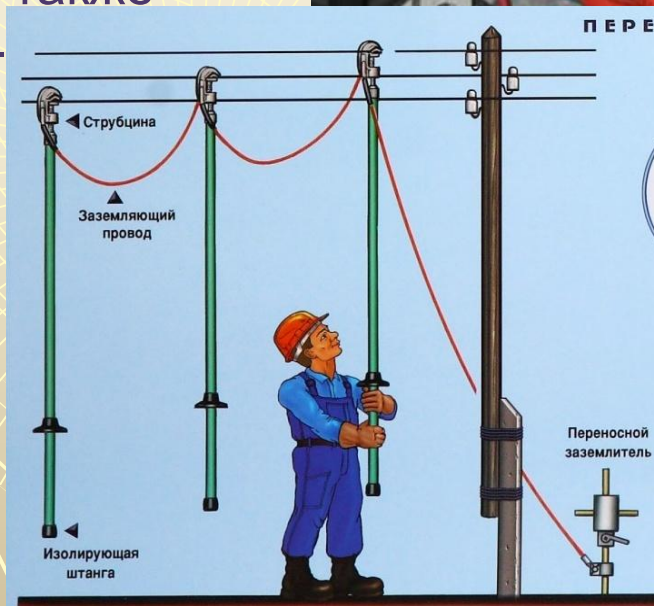
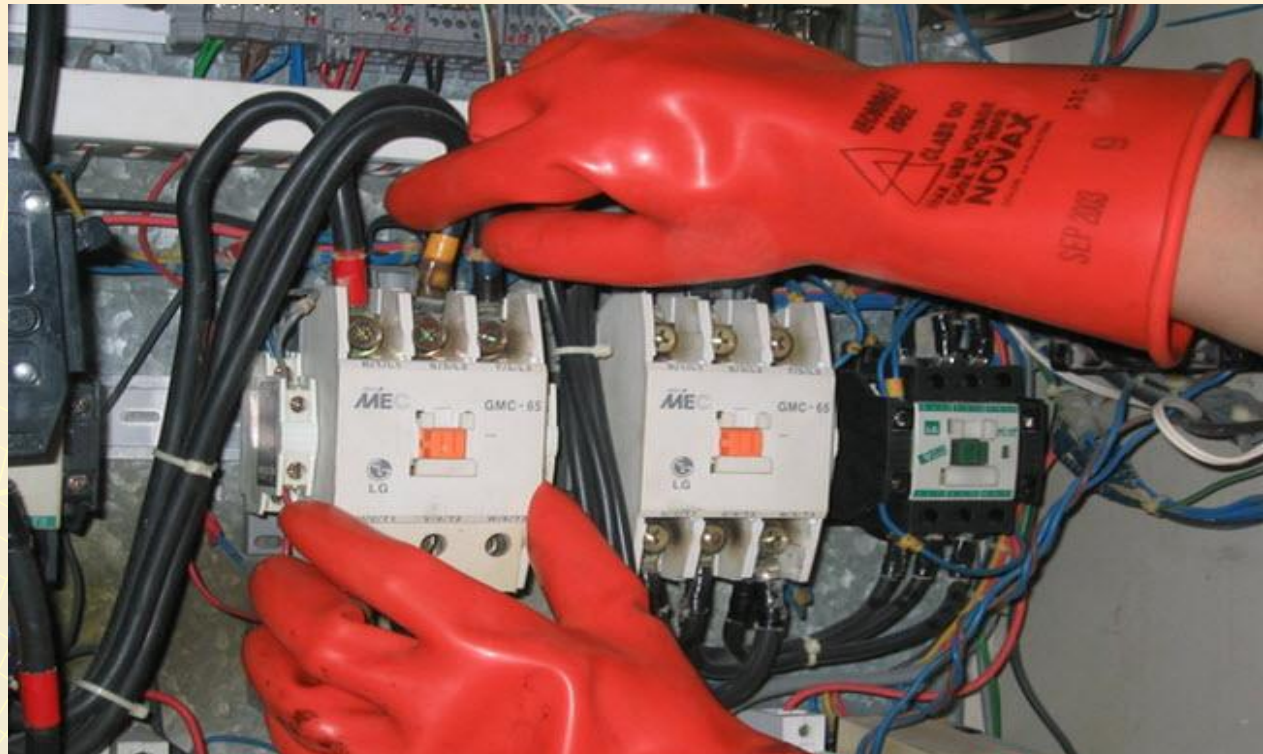
Реализуется устройством механических ограждений, блокировок, расположением токоведущих частей в труднодоступных местах. Для открытых строительных площадок эти требования выполняются в минимальной высоте подвески воздушного кабеля, равной 6 м, а также расположением подземного кабеля под проезжей частью в защитном коробе;





# ОСНОВНЫМИ ЗАЩИТНЫМИ МЕРАМИ ЯВЛЯЮТСЯ:

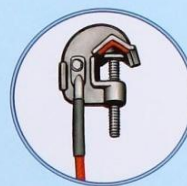
- 4) устройство защитного заземления;
- 5) устройство защитного зануления;
- 6) существуют и другие способы защиты человека — защитное отключение, блокировочные устройства, а также индивидуальные средства защиты.



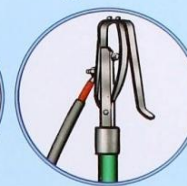
## ПЕРЕНОСНЫЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

### Виды струбцин

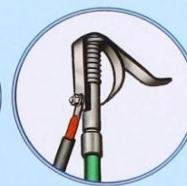
винтовая



пружинная



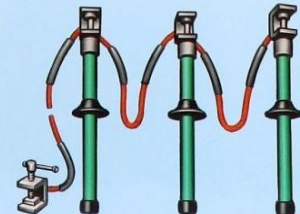
байонетная



Переносное заземление для РУ напряжением до 1000 В

На бирке должны быть указаны:

- инвентарный номер
- напряжение электроустановки, кВ
- сечение заземляющего проводника, мм

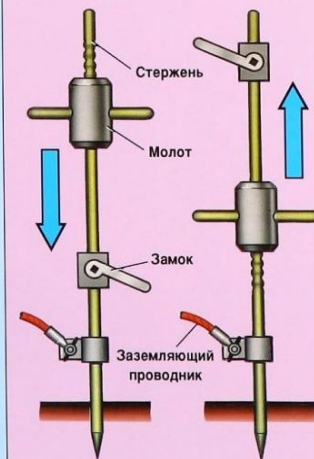


Осматривать: ● не реже 1 раза в три месяца; ● после воздействия токов короткого замыкания

## ПЕРЕНОСНОЙ ЗАЗЕМЛИТЕЛЬ

забивка

извлечение



Для забивки в скальный массив НЕ ПРЕДНАЗНАЧЕН



Изолирующее электрозащитное средство	Напряжение, В	
	до 1000	выше 1000
Изолирующие штанги всех видов		
Изолирующие клещи		
Указатели напряжения		
Указатели напряжения для проверки совпадения фаз		
Электроизмерительные клещи		
Устройства для прокола кабеля		
Диэлектрические ковры		
Изолирующие подставки		
Изолирующие колпаки		
Изолирующие накладки		
Изолирующие приставные лестницы и стремянки		
Диэлектрические боты	Дополнительное	●
Диэлектрические галоши	Дополнительное	●
Диэлектрические перчатки	Основное	Дополнительное
Ручной изолирующий инструмент	Основное	●

**ОСНОВНОЕ** - изоляция длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановки и позволяет работать на токоведущих частях, находящихся под напряжением

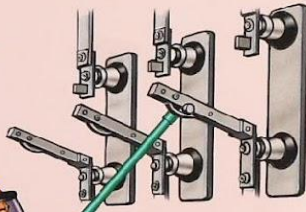
**ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ** - не обеспечивает защиту при данном напряжении, но дополняет основное средство. Защищает от напряжения прикосновения и напряжения шага

### ОПЕРАТИВНАЯ ИЗОЛИРУЮЩАЯ ШТАНГА

Головка с раздвижными губками для операций с предохранителями

Палец для операций с однополюсными разъединителями

Рабочая часть



Ручьятка



Убедись, что резьба не заедает

**В электроустановках напряжением выше 1000 В пользоваться изолирующей штангой следует в диэлектрических перчатках**

### ЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ И ШТКИ



### ЗАЩИТНАЯ КАСКА



Проверяй обувь на отсутствие дефектов!



### ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ БОТЫ И ГАЛОШИ

### ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕРЧАТКИ

Латексные бесшовные Штанцованные



Допускаются только с маркировкой Э<sub>1</sub> или Э<sub>2</sub>. Подвертывать края перчаток **ЗАПРЕЩАЕТСЯ!**



Перед употреблением проверь отсутствие проколов, скручивая перчатку в сторону пальцев

### ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОВРЫ

Размер не менее 50 x 50 см

Рифленая поверхность Толщина ковра 6 мм



Ежедневный осмотр - каждый раз перед работой; периодический - не реже 1 раза в 6 месяцев

### ИЗОЛИРУЮЩИЕ ПОДСТАВКИ

Размер настила не менее 50 x 50 см

Зазор между планками не более 30 мм



Высота изоляторов не менее 70 мм

Край настила не должен выступать за опорную поверхность изоляторов

### УБЕДИСЬ В НАЛИЧИИ ШТАМПА НА ВЫДЕРЖАВШИХ ИСПЫТАНИЯ СРЕДСТВАХ ЗАЩИТЫ

ШТАМП ДЛЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ, ПРИМЕНЕНИЕ КОТОРЫХ ЗАВИСИТ ОТ НАПЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

№ 22
Годно до 35 кВ
Дата следующего испытания 29.02.2005
Лаборатория ООО "У Пронжных"



ШТАМП ДЛЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ, ПРИМЕНЕНИЕ КОТОРЫХ НЕ ЗАВИСИТ ОТ НАПЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

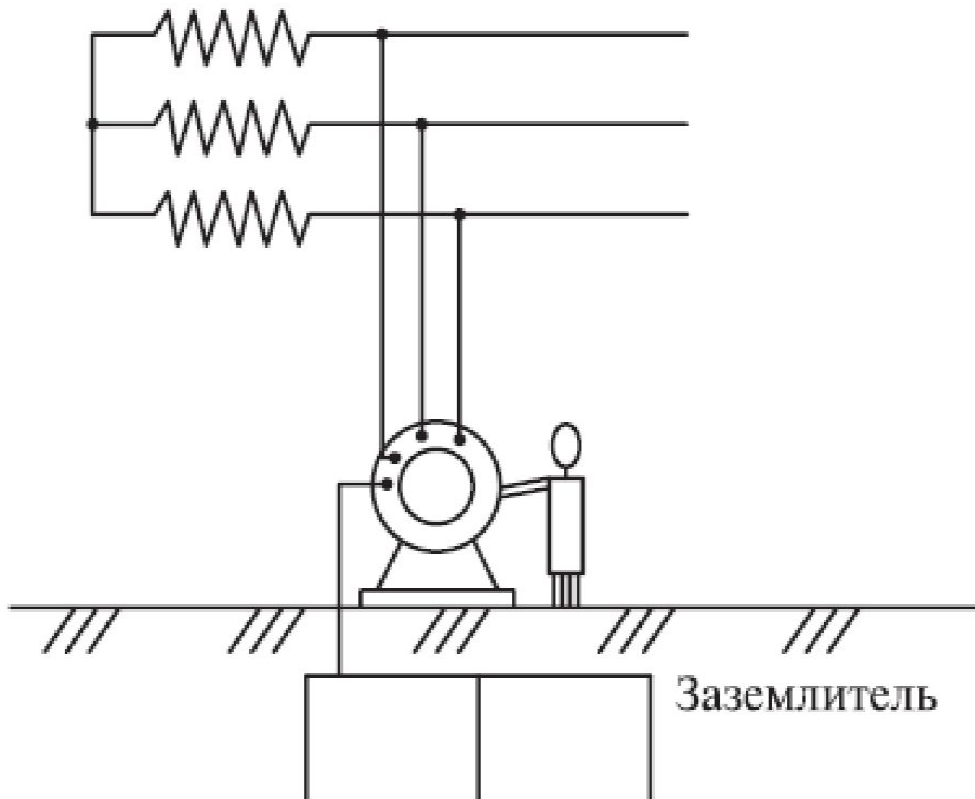
№ 10
Дата следующего испытания 29.02.2005
Лаборатория ЧМО "Электроугли"



## Защитное заземление

Под защитным заземлением понимают преднамеренное соединение с землей нетоковедущих металлических частей электроустановки, которые могут оказаться под напряжением. При наличии заземляющего устройства ток с корпуса пойдет по двум параллельным ветвям: корпус-человек-земля и корпус-заземлитель-земля. Ток с корпуса распределяется по двум ветвям в зависимости от их сопротивления, на участке с меньшим сопротивлением пойдет больший ток и наоборот. Следовательно, заземлитель обеспечивает защиту, если его сопротивление будет существенно меньше расчетного сопротивления человека — 1000 Ом.

### Сеть с изолированной нейтралью

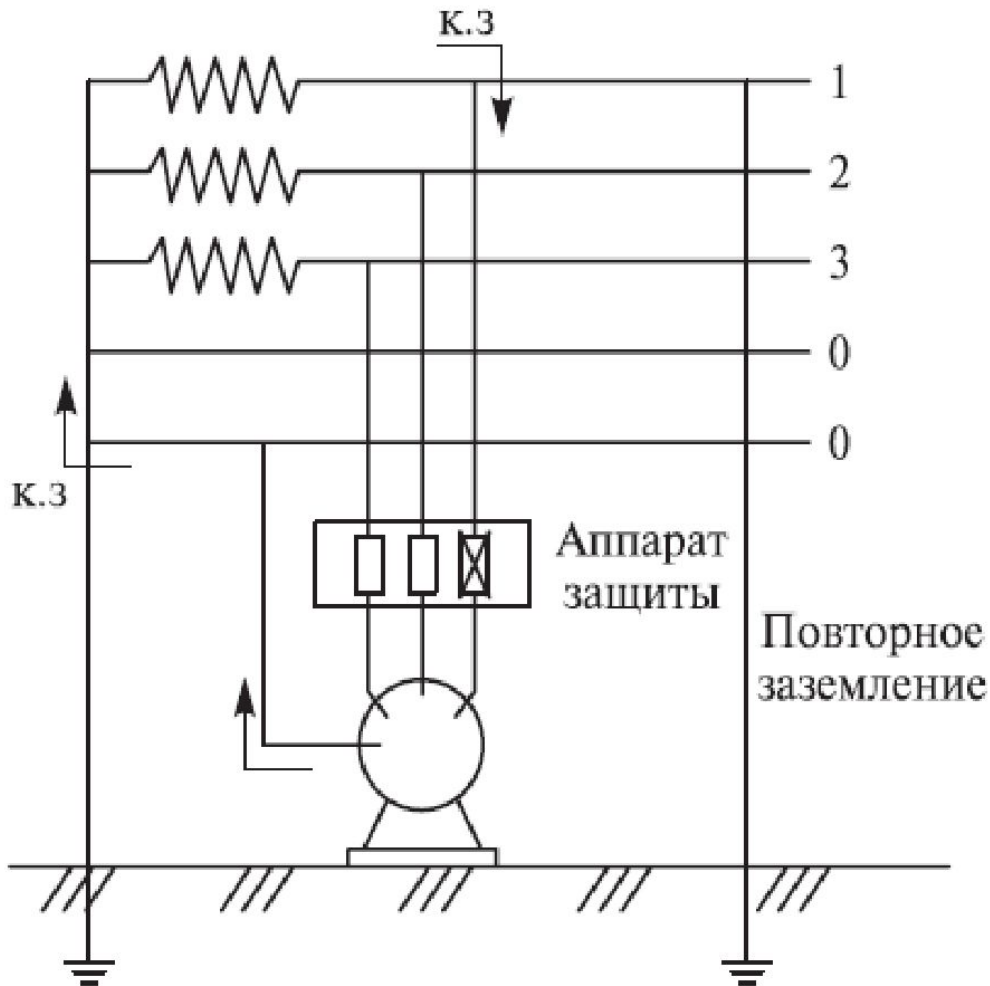


Поэтому основным требованием к заземляющему устройству является ограничение по величине его сопротивления. ПУЭ устанавливают допустимые значения сопротивления  $R_{\text{доп}}^{\text{зас}}$  в зависимости только от мощности источника тока (трансформатора или генератора), питающего сеть. Защитное заземление снижает до безопасного значения напряжение прикосновения. В частности, при  $R_{\text{зас}} = 4$  Ом напряжение прикосновения не превышает 12 В.

## Защитное зануление, устройство и принцип действия

При защите занулением нетоковедущие части электроустановок, которые могут случайно оказаться под напряжением, присоединяют к неоднократно заземленному нулевому проводу. Зануление позволяет перевести

Сеть с глухозаземленной нейтралью



и котором резко возрастающая сила тока  
участка цепи. В качестве защиты  
и,

и др.  
ивается  
момент короткого замыкания в  
асное напряжение,  
отключения  
вой провод повторно заземляют, что  
короткого  
иве нулевого провода.

Защитное зануление является самым распространенным способом защиты человека от поражения электротоком при эксплуатации электрооборудования в пяти- и четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1000 В. Для повышения уровня безопасности нередко на электроустановках устраивают и защитное зануление и защитное заземление.

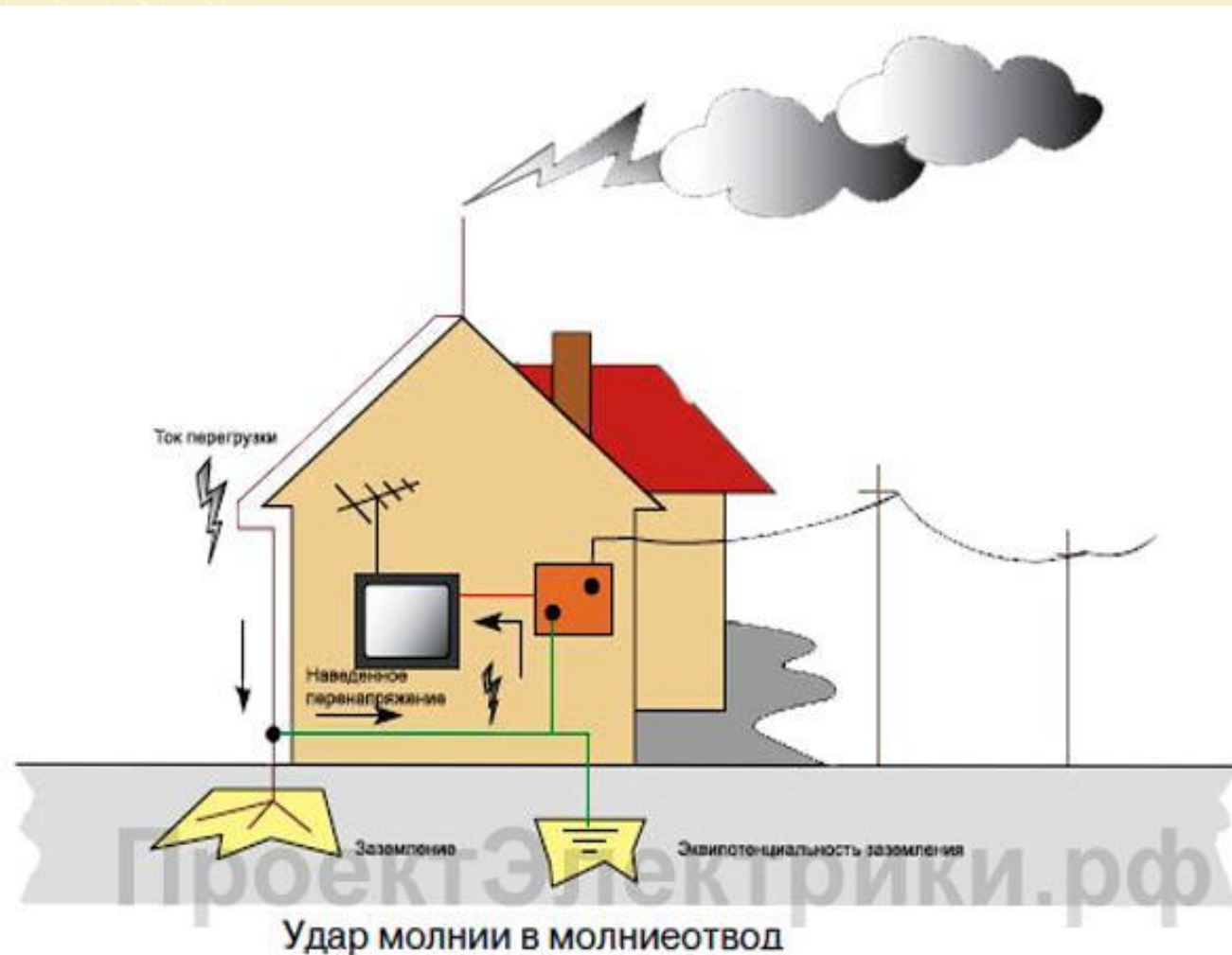


# Защита от атмосферного электричества

Сильным поражающим фактором обладают разряды атмосферного статического электричества. Сверхвысокие сила и напряжение тока, огромная температура молниеразряда вызывают мгновенный нагрев воздуха и конструкций, что приводит к образованию мощной ударной волны, повреждению элементов здания, возникновению пожара, выходу из строя

электрических установок.

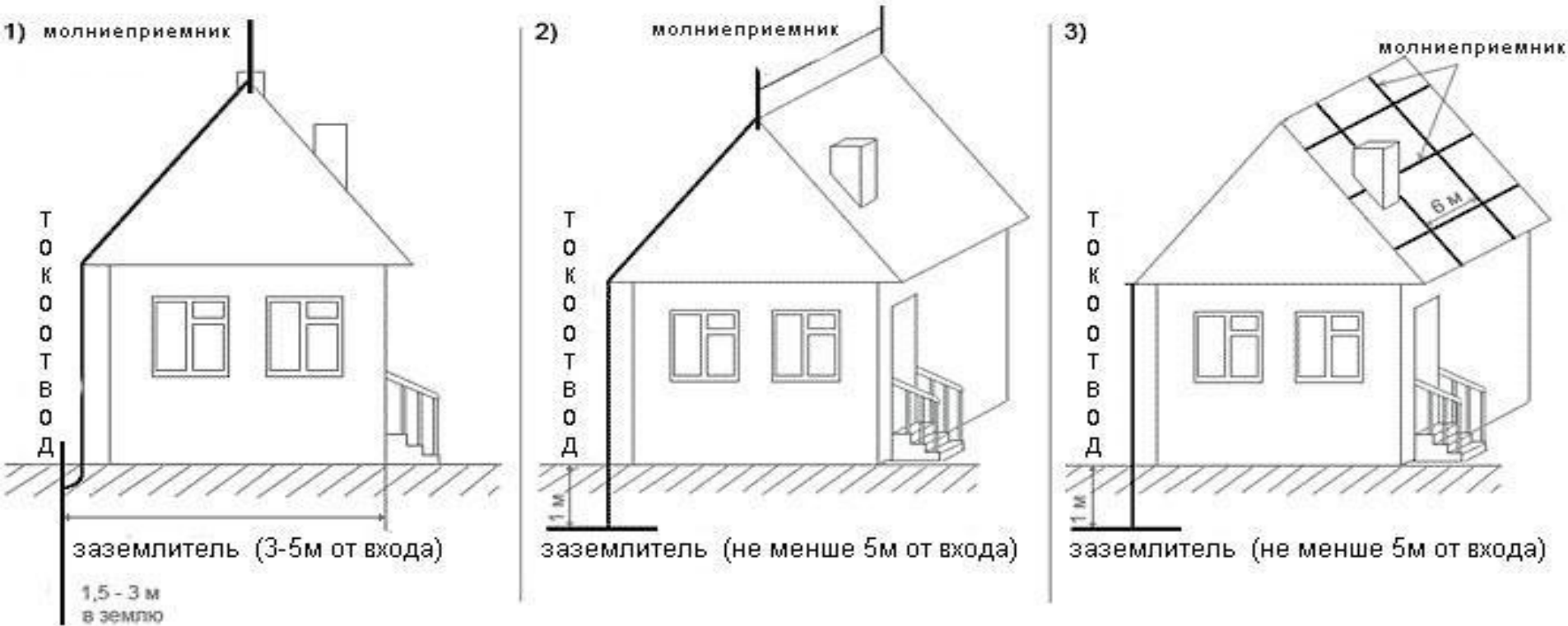
Вследствие того, что молния поражает в первую очередь возвышающиеся и заземленные металлические сооружения, молниезащита состоит из высокорасположенного молниеприемника, токоотвода и заземлителя



Проектирование и устройство молниезащиты осуществляются по инструкции СО 153-34.21.122-2003, в соответствии с которой все объекты разделяются на:

- а) **обычные** — жилые и общественные здания высотой не более 60 м, а также производственные здания с неопасной технологией;
- б) **специальные** — здания химических, ядерных, пожароопасных производств, электростанций.

При проектировании защиты стремятся к тому, чтобы зона защиты молниеотвода, т.е. пространство, при попадании в которое молния не минует молниеприемника, перекрывала бы крышу защищаемого объекта. В зависимости от площади и конфигурации защищаемого объекта применяют три типа молниеприемника — стержневой (а), тросовый (б) и сетчатый (в).







**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**