

Электрический ток и электробезопасность

Действие электрического тока на человека

Электрический ток в теле человека вызывает следующие эффекты:

- термические (ожоги, нагрев органов на пути тока, и их функциональные расстройства);
 - электролитические (выражается в разложении органических жидкостей (крови) и нарушении их физико-химических состояний);
 - механическое (динамическое) – выражается в расслоении, разрыве и др. повреждениях тканей, а так же в мгновенном взрывоподобном образовании пара от перегретой током тканевой жидкости и крови;
 - биологические – проявляются в раздражении и возбуждении тканей, нарушении биоэнергетических процессов;
 - световое — к поражению глаз.
- Т. е. если ток идет через мышечную ткань, то возбуждение проявляется в произвольном сокращении мышц – это прямое раздражающее действие. Действие тока может быть не только прямым, но и рефлекторным, т. е. ЦНС возбуждение передается тем тканям, которые не находятся на пути тока.

Виды поражения электрическим током (электротравмы и электроудары)

Источником электрической опасности могут быть электрические сети, оборудование и инструмент, вычислительная и организационная техника.

Электротравматизм по сравнению с другими видами производственного травматизма составляет небольшой процент, однако по числу травм с тяжелым, и особенно летальным, исходом занимает одно из первых мест.

Наибольшее число электротравм (60...70 %) происходит при работе на электроустановках напряжением до 1000 В. Это объясняется широким распространением таких установок и сравнительно низким уровнем подготовки лиц, эксплуатирующих их.

Электрические травмы — это местные поражения тканей и органов:

электрические ожоги (рис. 1), *электрометаллизация кожи* (проникновение частиц Me, расплавившегося под воздействием эл. дуги, в верхнем слое кожи, рис. 2),

электрические знаки (пятна серого цвета или бледно-желтого цвета на поверхности тела до 5 мм, рис. 3) *механические*

повреждения в результате непроизвольных судорожных сокращений мышц при протекании тока

(разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервов, вывихи суставов, переломы костей), а также

электроофтальмия - воспаление глаз и результате воздействия ультрафиолетовых лучей электрической Дуги (рис. 4).

Рис. 1- электрический ожог





Рис. 2 -Электрометаллизация кожи



Рис. 3- Электрические метки



Рис. 4-Электроофтальмия:воспаление наружных оболочек глаз (роговицы и конъюнктивиты) под воздействием ультрафиолетовой эл. дуги (для предупреждения – работа в очках с обычными стеклами)

Электрический удар представляет собой возбуждение живых тканей организма проходящем через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольным сокращением мышц.

Различают 5 степеней электрических ударов:

- I – судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- II – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работы сердца;
- III – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (или то и другое);
- IV – электрический шок – сложная нервно-рефлекторная реакция с глубокими нарушениями кровообращения, дыхания, обмена веществ. Длится от 10 минут до суток, после возможна либо смерть, либо выздоровление;
- V — клиническая смерть, т.е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Поражение человека электрическим током может произойти при прикосновениях:

- к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- отключенным токоведущим частям, на которых остался заряд или появилось напряжение в результате случайного включения;
- к металлическим нетоковедущим частям электроустановок после перехода на них напряжения с токоведущих частей.
- Возможно электропоражение напряжением шага при нахождении человека в зоне растекания тока на землю, электрической дугой в установках с напряжением более 1000 В.

Напряжение шага – создается при пробое изоляции, когда провод под напряжением касается земли. Безопасное расстояние - 20 м. Удар током точно произойдет на расстоянии 4 м в помещении и 8м – на местности.

Факторы, влияющие на тяжесть поражения электрическим током



1. Электрическое сопротивление тела человека складывается из сопротивления кожи и сопротивления внутренних тканей. Кожа, в основном верхний ее слой толщиной 0,2 мм, состоящий из мертвых ороговевших клеток, обладает большим сопротивлением, которое определяет общее сопротивление тела человека. При сухой, чистой и неповрежденной коже сопротивление тела человека составляет 200 Ом-20 кОм. При увлажненной и загрязненной коже сопротивление тела снижается до 300...500 Ом, т.е. до сопротивления внутренних органов. При расчетах сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом.

2. Сила тока, протекающего через тело человека, является главным *Rож ен < Rмуж* фактором, от которого зависит исход поражения: чем больше сила тока, тем опаснее последствия.

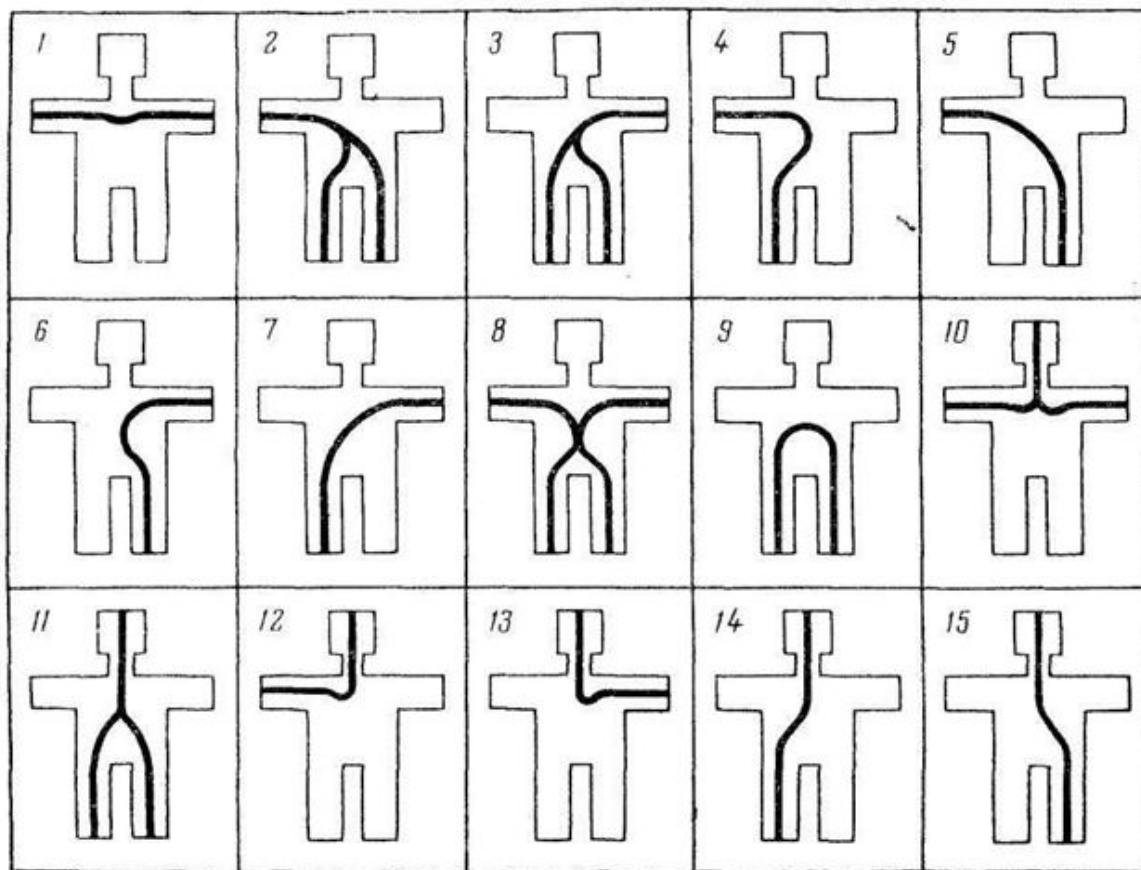
Человек начинает ощущать проходящий через него ток промышленной частоты 50 Гц относительно малого значения **0,6..1,6 мА** (постоянный ток – **5-7 мА**). Этот ток называется *пороговым ошутимым* током.

Ток силой **10... 15 мА** ((постоянный ток – **50-80 мА**)) вызывает сильные и непроизвольные судороги мышц, которые человек не в состоянии преодолеть, т.е. он не может разжать руку, которой касается токоведущей части, отбросить от себя провод, оказываясь как бы прикованным к токоведущей части. Такой ток называется *пороговым неотпускающим*.

При силе тока 20...25 мА у человека происходит судорожное сокращение мышц грудной клетки, затрудняется и даже прекращается дыхание, что может привести к смерти вследствие прекращения работы легких.

Ток силой **80-100 мА** (постоянный ток – **300 мА**) называется *фибрилляционным*, смертельно опасен, так как он в этом случае оказывает непосредственное влияние на мышцы сердца, вызывая его остановку или фибрилляцию (быстрые хаотические и одновременные сокращения волокон сердечной мышцы), при которой сердце перестает работать.

3. Длительность протекания тока через тело человека определяет исход поражения им, так как с течением времени резко возрастает сила тока вследствие уменьшения сопротивления тела, и также потому, что в организме человека накапливаются отрицательные последствия воздействия тока. Пути прохождения тока через тело человека (петли тока), существует 15 вариантов всевозможного «включения в сеть».



Наиболее частые петли: а) правая рука - нога (20%), б) левая рука - нога (10%), в) правая рука - голова (10%), г) левая рука - голова (10%). Наиболее опасные цепи, когда ток может проходить через головной и (или) спинной мозг а) голова-руки; б) голова-ноги - ток идет через голову и спинной мозг; в) правая рука-ноги.

Напряжение шага даже небольшого значения (50-80 В) вызывает непроизвольные судорожные сокращения мышц ног и, как следствие, падение человека на землю. В этот момент будет прекращено воздействие на человека напряжения шага и образуется более тяжёлая ситуация: вместо пути тока нога-нога в теле человека образуется более опасный путь – обычно от рук к ногам. Так как в этом случае человек касается одновременно точек земли удалённых друг от друга на расстояние, превышающее длину шага, напряжение, действующее на человека, оказывается больше напряжения шага.

4. Род и частота тока также в значительной степени определяют степень поражения электрическим током. Наиболее опасен переменный ток частотой 20...1000 Гц. При частоте меньше 20 Гц или более 1000 Гц опасность поражения переменным током значительно снижается. Постоянный ток примерно в 4-5 раз безопаснее переменного тока частотой 50 Гц. Однако, это справедливо лишь для напряжений до 500 В.

5. Состояние ОС (температура, влажность, наличие пыли, паров кислот) влияет на сопротивление тела человека и сопротивление изоляции, что в конечном итоге определяет характер и последствия поражения электрическим током.

С точки зрения состояния ОС производственные помещения могут быть, сухие, влажные, сырые, особо сырые, жаркие, пыльные с токопроводящей и нетокопроводящей пылью, с химически активной или органической средой.

. Во всех помещениях, кроме сухих, сопротивление тела человека уменьшается.

6. Схема включения человека в электрическую цепь,

7. Индивидуальные особенности организма.

Установлено, что физически здоровые и крепкие люди легче переносят электрические удары. **Повышенную восприимчивостью к электрическому току отличаются лица, страдающие болезнями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, лёгких, нервными болезнями.** Квалификация человека также отражается на результатах воздействия электрического тока (человек, знающий электротехнику, умеет правильно оценивать степень возникшей опасности и владеет рациональными приёмами освобождения себя от действия электрического тока).

Классификация помещений по электробезопасности согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ)

Группа помещений	Характеристика помещений
1. Помещения без повышенной опасности	Помещения, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью	Помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий: сырость, токопроводящие полы (Ме, земляные, ж/б, кирпичные) высокая t^0 , токопроводящая пыль, возможность одновременного прикосновения к Ме-корпусам и к заземлению, Ме-конструкций зданий.
3. Помещения особо опасные (котельные, водонасосные станции, душевые и т. д.)	Помещения, характеризующиеся: особая сырость, химически активная или органическая среда, одновременно два и более условий повышенной опасности, территория открытых ЭУ приравненных к особо опасным помещениям.

Классификация помещений по характеру ОС

Класс помещения	Характеристика помещения
1. Нормальное	Сухое помещение, нет жары, пыли, химически активной, органической среды
2. Сухое	Относительная влажность r не больше 60%
3. Влажное	r от 60 до 75%
4. Сырое	r больше 75%
5. Особо сырое	$r = 100\%$ (пол, потолок и прочие покрыты влагой)
6. Жаркое	t больше $+ 35^{\circ}$
7. Пыльное	Помещения, в которых выделяются токопроводящая и непроводящая пыль
8. С химически активной или органической средой	Помещения, где содержатся агрессивные вещества, образуются отложения, плесень, которая разрушает изоляцию эл. оборудования

Защитные меры против поражения человека электрическим током:

- изоляция токоведущих частей
- защитное заземление
- -зануление
- -защитное отключение
- малое напряжение
- -выравнивание потенциалов
- -электрическое разделение сетей
- оградительные устройства
- предупредительная сигнализация.

Зануление – преднамеренное электрическое соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью с нулевым проводом. Это приводит к тому, что замыкание любой из фаз на корпус электроустановки превращается в короткое замыкание этой фазы с нулевым проводом. Ток в этом случае возникает значительно больший и оборудование отключается быстрее. При занулении всегда должен быть предохранитель. Зануление используется в административных и жилых домах. Однако оборудование всегда должно быть только заземлено.

В случае пробоя изоляции на корпус заземленной электроустановки при обслуживании ее человеком стекание тока на землю будет проходить по пути наименьшего сопротивления, т.е. через заземлитель.

Обычно сеть трехфазная, подводится к дому и далее по каждой фазе равномерно распределяется по подъездам.

Электрические сети бывают с изолированной и глухозаземленной нейтралью.

Нейтраль трансформатора – это место соединения одной или нескольких фаз обмоток трансформатора, угол сдвига фаз между которыми равен 0 электрических градусов. Разность потенциалов в этом месте 0В.

Изолированная нейтраль – нейтраль трансформатора, не присоединенная к заземляющему устройству.

Глухозаземленная нейтраль – присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

Опасность трехфазных электрических цепей с изолированной нейтралью

Провода электрических сетей по отношению к земле имеют емкость C и активное сопротивление r – сопротивление утечки, равное сумме сопротивлений изоляции путей тока на землю (рис. 5а). Для упрощения анализа можно принять их $r; C_A = C_B = C_C$ $r_A = r_B = r_C = r$.

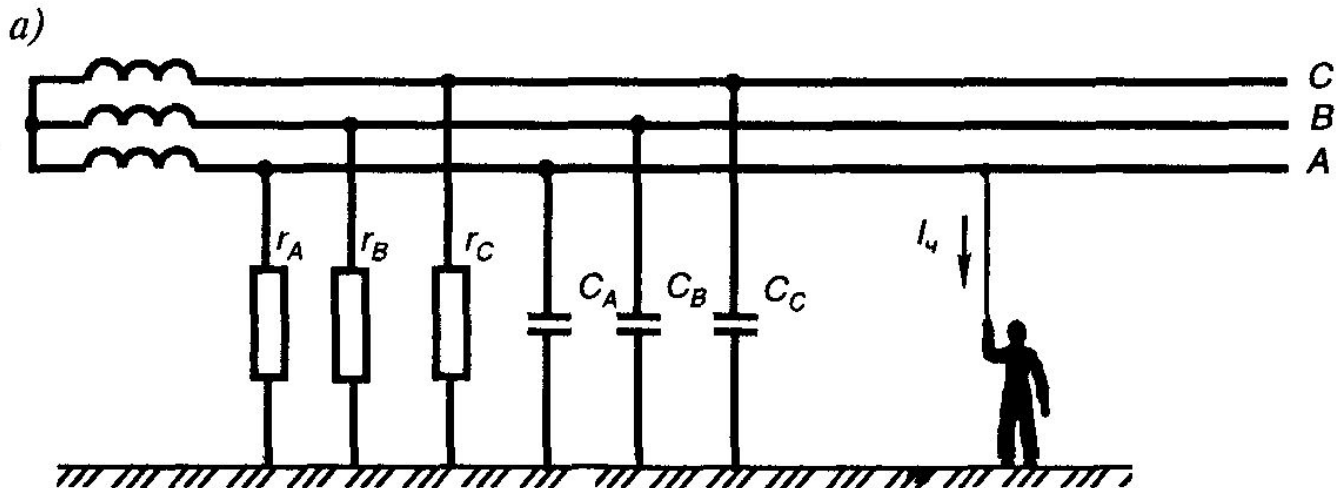


Рис. 5а

При прикосновении человека к одному из фазных проводов (5. а) (однофазное сопротивление) исправной сети проводимость этого провода относительно земли уменьшается и происходит смещения нейтрали. Ток через человека в этом случае выражается зависимостью

$$I_{\psi} = \frac{U_{\phi}}{R_{\psi} \sqrt{1 + \frac{r(r + 6R_{\psi})}{9R_{\psi}^2 (1 + r^2 \omega^2 C^2)}}$$

Где U_{ϕ} - фазное напряжение сети; $R_{\psi} = r_{m\psi} + r_{od} + r_{ob} + r_{on}$ - сопротивление цепи человека; $r_{m\psi}$ - сопротивление тела человека; r_{od} - сопротивление одежды (0,5...1 кОм - для влажной ткани и 10... 15 кОм - для сухой); r_{ob} - сопротивление обуви (для влажной - 0,2...2 кОм, а для сухой - 25...5000 кОм); r_{on} - сопротивление опорной поверхности ног-пола или ног-грунта (сопротивление сухих полов достигает 2 кОм, а влажных или пропитанных щелочами или кислотами - 4...50 Ом); $r_{on} = 1,6q$, если ступни расположены рядом и $r_{on} = 2,2q$ - ступни ног расположены на расстоянии шага (где q — удельное сопротивление грунта, Ом · м); $\omega = 2\pi f$

Здесь ω - угловая частота сети, f - частота тока для промышленных сетей равна 50 Гц.

При двухфазном прикосновении (рис. 5.б ,) человек попадает под линейное напряжение и ток через человека определяется выражением:

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

где $U_{\text{л}}$ — линейное напряжение сети:

$$U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}}$$

В случае коротких электрических сетей (при малых емкостях фазных проводов относительно земли $C=0$) выражение для тока через человека запишется в виде:

$$I_{\text{ч}} = 3U_{\text{ф}} / (3R_{\text{ч}} + r)$$

В аварийном режиме работы сети при наличии замыкания на одной из фаз на землю (рис. 5, в) ток, проходящий через человека, прикоснувшегося к исправной фазе, выразится зависимостью

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{л}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{к}})$$

б)

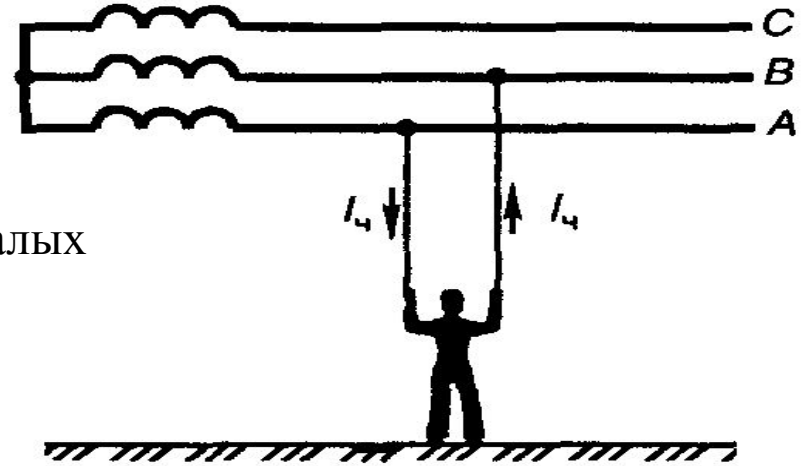


Рис. 5.б

в)

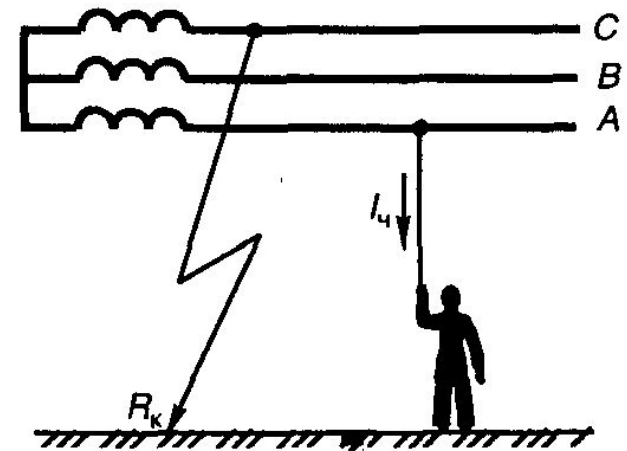


Рис. 5.в

Опасность трехфазных электрических сетей с заземленной нейтралью

Трехфазные сети с заземленной нейтралью обладают малым сопротивлением между нейтралью и землей (практически оно равно сопротивлению рабочего заземления нулевой точки трансформатора или генератора). Напряжение любой фазы исправной сети, относительно земли равно фазному напряжению, и ток через человека, прикоснувшегося к одной из фаз (рис. 6, а):

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{(R_{\text{ч}} + R_0)}$$

где R_0 - сопротивление рабочего заземления нейтрали.

При двухфазном прикосновении (рис. 6.б) человек попадает под линейное напряжение как в сетях с изолированной нейтралью и ток через человека

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

В аварийном режиме (рис. 6, в), когда одна из фаз сети замкнута на землю, происходит перераспределение напряжения и напряжения исправных фаз по отношению к земле отличны от фазного напряжения сети. Прикасаясь к исправной фазе, человек попадает под напряжение $U_{\text{х}}$, которое больше фазного, но меньше линейного:

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

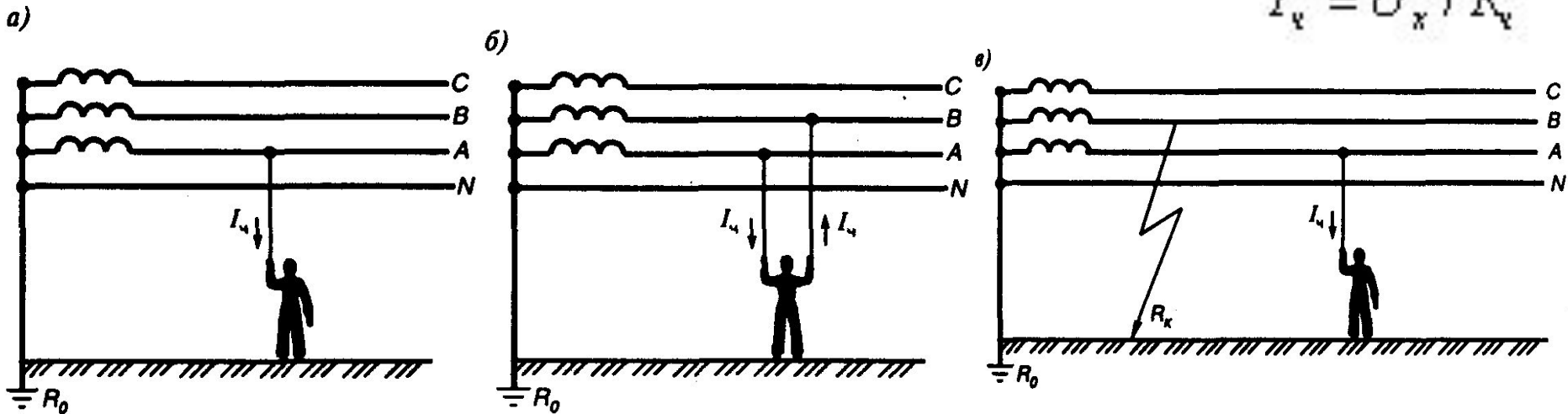


Рис. 6. Опасность трехфазных электрических цепей с заземленной нейтралью

Выводы:

- 1) наименее опасным является однофазное прикосновение к проводу исправной сети с изолированной нейтралью;
- 2) при замыкании одной из фаз на землю опасность однофазного прикосновения к исправной фазе больше, чем в исправной сети при любом режиме нейтрали;
- 3) наиболее опасным является двухфазное прикосновение при любом режиме нейтрали.

Режим нейтрали трехфазной сети выбирается по технологическим требованиям и по условиям безопасности. Согласно ПУЭ, при напряжении выше 1000 В применяются две схемы: трехпроводные сети с изолированной нейтралью и трехпроводные сети с эффективно заземленной нейтралью, а при напряжении до 1000 В - трехпроводные сети с изолированной нейтралью и четырехпроводные сети с глухозаземленной нейтралью.

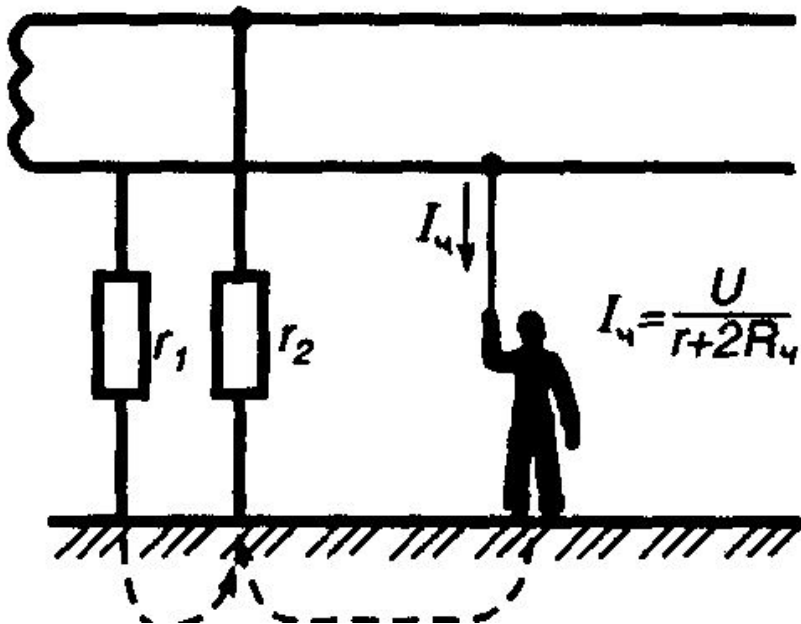
Опасность сетей однофазного тока

Однофазные сети могут быть изолированными от земли, иметь заземленный полюс или среднюю точку (рис. 3).

При однополюсном прикосновении к проводу изолированной сети человек оказывается «подключенным» к другому проводу через сопротивление утечки (рис. 3. а). Для упрощения выводов условимся, что сопротивления утечки обоих проводов одинаковы:

$$r_1 = r_2 = r$$

а)



б)

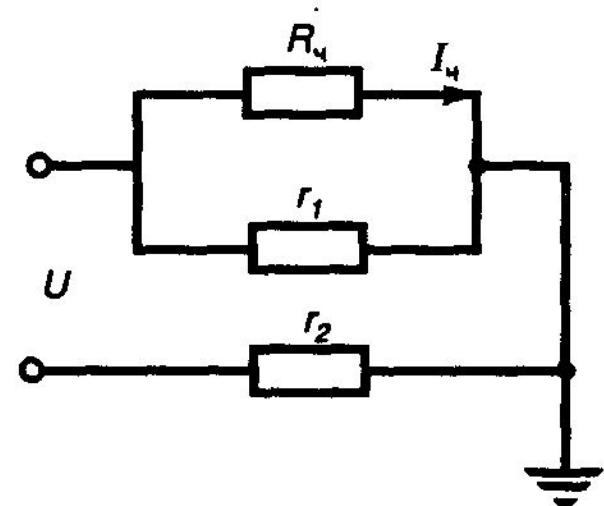


Рис. 3.б. Эквивалентная схема

Прикосновение человека к незаземленному проводу сети с **заземленным полюсом** (рис. 3. в) вызывает протекание тока:

$$I_{\text{ч}} = U / (R_{\text{ч}} + R_0)$$

Прикосновение к исправному проводу при замыкании другого провода на землю (рис. 3. г) вызывает ток через человека:

$$I_{\text{ч}} = U / (R_{\text{ч}} + R_{\text{к}})$$

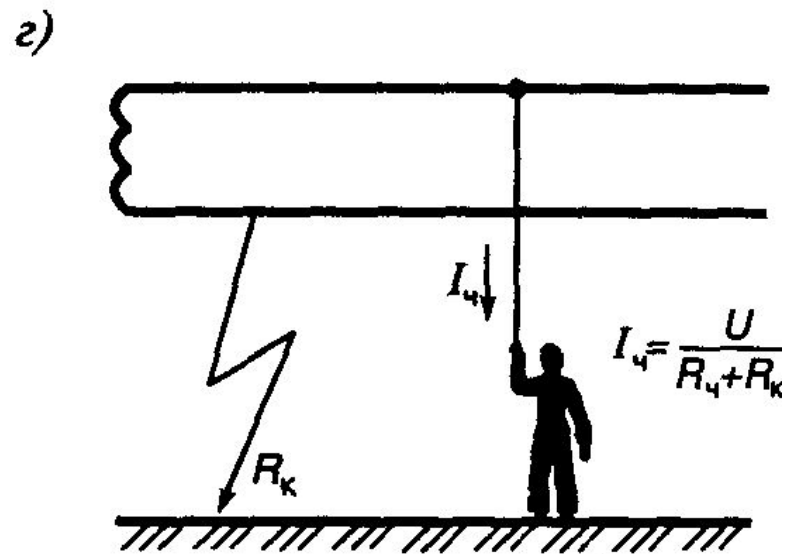
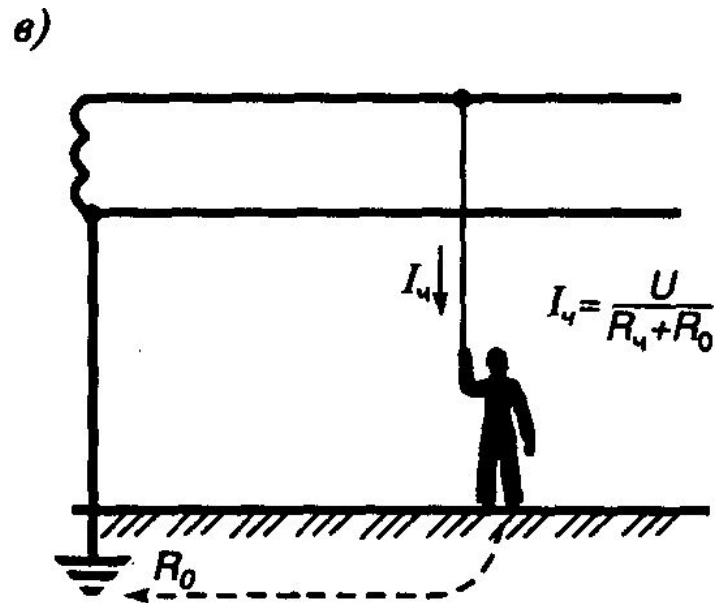


Рис. 3.г . Схема прикосновения к проводу неисправной сети

При прикосновении к одному из проводов сети с заземленной средней точкой (рис. 3.д) человек попадает под напряжение, равное половине напряжения сети:

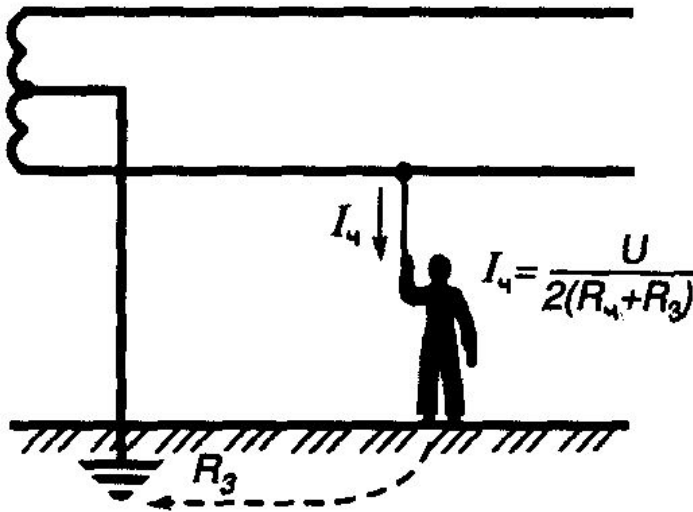
$$I_{\text{ч}} = U / 2(R_{\text{ч}} + R_3)$$

где $R_{\text{ч}}$ — сопротивление замыкания.

В случае прикосновения к двум проводам сети (рис. 3. е) человек попадает под напряжение сети и выражение для тока будет:

$$I_{\text{ч}} = U / R_{\text{ч}}$$

д)



е)

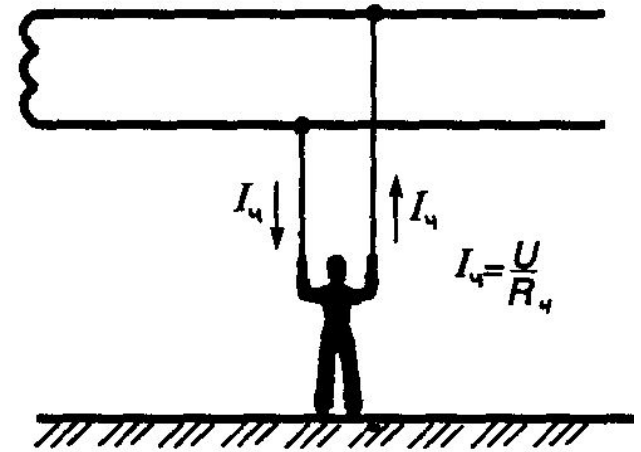


Рис. 3.д) Схема прикосновения к проводу сети с заземленной средней точкой

Вывод: при различных способах прикосновения к однофазным сетям постоянного тока, наиболее опасно двухполюсное прикосновение при любом режиме сети относительно земли, так как в этом случае ток, протекающий через человека, определяется только сопротивлением его тела. Наименее опасно однополюсное прикосновение к проводу изолированной сети в нормальном режиме работы.

Средства защиты от поражения электрическим током

Электрозащита состоит из основной защиты, защиты при повреждении изоляции и дополнительной защиты. Защита от $U_{пр}$ и $I_{ч}$ рассмотрена в ГОСТ 12.1.019-79 (конструкции ЭУ, технические способы и средства защиты, организационные и технические мероприятия).

Технические средства и способы защиты от поражения током включают в себя:

- 1) ***Защита от прикосновения к токоведущим частям*** (достигается использованием основной изоляции; барьеров, ограждений, оболочек; расположением ТВЧ вне зон досягаемости; блокировками; звуковой и световой сигнализацией; маркировками ТВЧ и др.)
- 2) ***Защита при переходе напряжения на нетоковедущие части электрических устройств*** (защитное заземление; зануление; отключение; сверхнизкие напряжения; электрическое разделение сетей; применение изолирующих зон, помещений, площадок; двойная изоляция и контроль сопротивления изоляции и др.)
- 3) ***Защита от перехода высшего напряжения на сторону низшего*** (пробивные предохранители в сетях с изолированной нейтралью; заземление нейтрали наглухо в 3-х проводных трансформаторах; заземление корпусов понижающих трансформаторов; заземление одного из элементов вторичной обмотки трансформатора и др.).

Средства защиты делят на коллективные (все технические средства защиты, правильная эксплуатация и обслуживание ЭУ) **и индивидуальные** (*основные* – средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает напряжение ЭУ, что позволяет работать на **ТВЧ** под напряжением; *дополнительные* – не могут обеспечить полную защиту и применяются совместно с основными).

Нормирование в области электробезопасности

Основные нормативные документы:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е издание. (Дата актуализации 01.01.2019 г.)
- ГОСТ Р 50571 (разработан на основе МЭК-364 «Электрические установки зданий». МЭК – Международная электротехническая комиссия!
- ГОСТ 12.2.020-76 ССБТ. Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация – нормирует классы электрооборудования.
- НОРМИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ:
напряжение прикосновения ($U_{пр}$), ток поражения ($I_{ч}$) и продолжительность действия тока (t , с). При измерении напряжений прикосновения и токов поражения сопротивление растеканию тока с ног человека в землю моделируется металлической плоской пластиной с площадью контакта 625 см^2 и прижимом к земле не менее 50 кг.
Устанавливаются наибольшие допустимые $U_{пр}$ и $I_{ч}$ при нормальном режиме работы электроустановок (ЭУ)

Также устанавливаются наибольшие допустимые значения напряжения прикосновения и тока поражения *при аварийном режиме работы* ЭУ переменного тока 50 Гц с напряжением до 1 кВ с глухозаземленной или изолированной нейтралью и с напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью. В последнем случае нормируется продолжительность действия тока.

Род и частота тока	Наибольшие значения	
	U _{пр} , В	I ч, мА
Переменный 50 Гц	2	0,3
Переменный 400 Гц	3	0,4
Постоянный ток	8	1

ВИДЫ СЕТЕЙ

Электроустановки (ЭУ) по электробезопасности делятся на несколько видов:

- 1) ЭУ с напряжением более 1 кВ в сетях с изолированной или эффективно заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью;
- 2) ЭУ с напряжением более 1 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью;
- 3) ЭУ с напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью
- 4) ЭУ с напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью.

Согласно ПУЭ все помещения и наружные установки классифицируют и делят на:

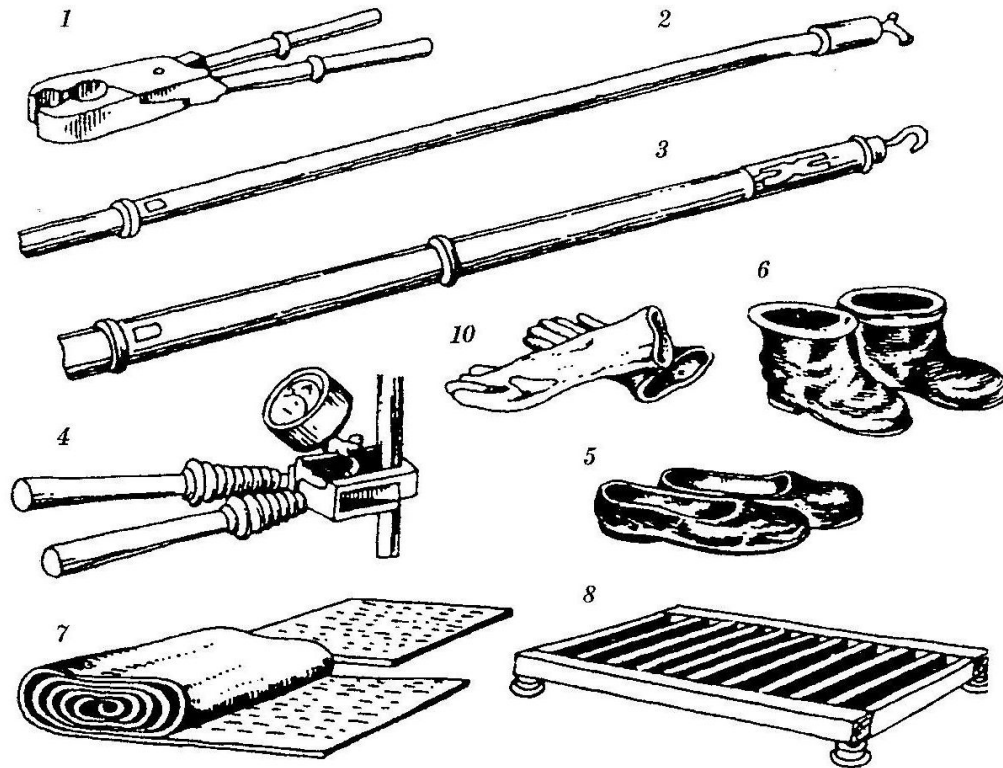
- Взрывоопасные, зоны класса В – это пространство, в котором возможно нахождение взрывоопасных смесей (В-Ia, В-IБ, В-IIГ, В-II, В-IIa);

- Пожароопасные, зоны класса П – это пространство, в котором могут находиться горючие вещества, как при нормальном технологическом процессе, так и при его нарушении (П-I, П-II, П-IIa, П-III).

Сопротивление изоляции по ПЭУ должно быть не менее 0,5-1 МОм. Изоляция делится на: а) рабочую; б) двойную ($R_{из}$ до 5 МОм на фазу); в) усиленную.

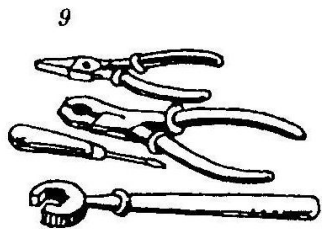
Специальных средства защиты

Таковыми средствами защиты, дополняющими стационарные конструктивные защитные устройства ЭУ, являются переносные приборы и приспособления, служащие для защиты персонала, работающего в ЭУ, от поражения током, от воздействия электрической дуги, продуктов горения, падения с высоты и т. п.



*Основные и дополнительные защитные средства,
применяемые для работы в электроустановках:*

1 — изолирующие клещи; 2 — изолирующая штанга; 3 — указатель напряжения; 4 — токоизмерительные клещи; 5 — диэлектрические галоши; 6 — диэлектрические боты; 7 — диэлектрические коврики; 8 — изолирующая подставка; 9 — слесарно-контактный инструмент с изолирующими ручками; 10 — диэлектрические перчатки.



Основные электрозащитные средства — это средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Дополнительные электрозащитные средства — это средства защиты, дополняющие основные средства, а также служащие для защиты от напряжения прикосновения и напряжения шага, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током, а применяются совместно с основными электрозащитными средствами.

Классификация электрозащитных средств, применяемых в ЭУ дана в табл.

До 1 кВ	Свыше 1 кВ
Основные	
Изолирующие штанги и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки. слесарно-монтажный инструмент с изолирующими ручками	Изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки, изолирующие устройства и приспособления для работы на воздушных линиях с непосредственным приспособлением электромонтера а токоведущим частям
Дополнительные	
Диэлектрические галоши, диэлектрические коврика, переносные заземления, изолирующие накладки и подставки, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности	Диэлектрические перчатки и боты, диэлектрические коврики, изолирующие накладки и подставки, индивидуальные изолирующие комплекты, переносные заземления, оградительные устройства, диэлектрические колпаки, плакаты и знаки безопасности

Электрозащитные средства следует использовать по их прямому назначению и только в тех электроустановках, на напряжение которых они рассчитаны.

Перед применением электрозащитных средств производится проверка их исправности, осмотр на отсутствие внешних повреждений, очистка от пыли, проверка по штампу срока годности и напряжения, на которое рассчитано защитное средство. Перед применением диэлектрических перчаток необходимо убедиться в отсутствии проколов путем скручивания их в сторону пальцев. Основные электрозащитные средства могут применяться в закрытых электроустановках, а в открытых электроустановках и на воздушных линиях — только в сухую погоду. На открытом воздухе в сырую погоду могут быть применены только средства защиты, предназначенные для работы в этих условиях.

Все электрозащитные средства перед эксплуатацией проходят приемосдаточные испытания и периодически (через 6-36 месяцев) подвергаются контрольным осмотрам и эксплуатационным электрическим испытаниям повышенным напряжением

Безопасность эл. сетей зданий и сооружений определяет ГОСТ Р 50571, разработанный на основе международных стандартов МЭК-364, «Электрические участки зданий» (МЭК – международная электротехническая комиссия).

Соппротивление изоляции по ПЭУ не менее 0,5-1 МОм.

Изоляция: а) рабочая; б) двойная ($R_f = 5 \text{ МОм}$); в) усиленная.

Молниезащита

Молния – это особый вид прохождения эл. тока через огромные воздушные промежутки, источник которого атм. заряд, накопленный грозowymi облаками.

Два типа действия тока молнии:

- прямой удар (механическое или термическое разрушение), наведение в замкнутых токопроводящих контурах (трубопровод, электропроводка), расположенных внутри зданий, эл. токов, которые вызывают искрение, нагрев, наплав, взрыв;
- вторичное действие заряда молнии: занос высоких потенциалов (напряжения) в здания.

Для защиты от молнии используется молниеотводы – это заземление металлоконструкций, которое воспринимает удар молнии и отводит ее в землю.

Молниеотводы: стержневые; тросовые.

Молниеотводы характеризуются зоной защиты – это часть пространства, защищенного от удара с определенной степенью надежности. В зависимости от степени надежности зоны защиты м.б. двух типов: А и Б.

Если количество поражений молнией $N > 1$ в год зона защиты для данного молниеотвода представляет собой конус, то выбирают защиту А (степень защиты 99,5 %), при $N < 1$ – Б (степень защиты 95%).

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до **150 м** представляет собой конус (рис.), вершина которого находится на высоте $h_0 < h$, основание образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x представляет собой круг радиусом r_x , называемый радиусом защиты.

Для зоны типа А параметры зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода можно определить из выражений:

$$\bullet \quad h_0 = 0,85h; \quad r_0 = (1,1 - 0,002h)h; \quad r_x = (1,1 - 0,002h)(h - h_x/0,85),$$

для зоны типа Б

$$\bullet \quad h_0 = 0,92h; \quad r_0 = 1,5h; \quad r_x = 1,5(h - h_x/0,92).$$

Радиус зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой **менее 60 м** определяют из выражения

а) при $0 < h_x < 2/3 \cdot h$

$$\bullet \quad r_x = 1,5(h - 1,25 \cdot h_x)$$

б) при $2/3 \cdot h < h_x < h$

$$\bullet \quad r_x = 0,75(h - h_x)$$

При известных значениях h_x и r_x высота молниеотвода для зоны типа Б

$$\bullet \quad h = (r_x + 1,63h_x)/1,5.$$

