

Донской Государственный технический университет  
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности  
и защита окружающей среды»

# ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Лекция №  
курса «Безопасность жизнедеятельности»



---

# 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.

**Электроустановки** - установки, в которых производится, преобразуется, распределяется и потребляется электроэнергия; к ним также относятся установки, содержащие в себе источники электроэнергии (химические, гальванические).

**Электротравма** - - травма, вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги.

# Причины электротравм

- **технические** - несоответствие электроустановок требованиям безопасности и условиям применения, связанное с дефектами изготовления, монтажа и ремонта;
- **организационно-технические** - несоблюдение технических мероприятий безопасности, осуществляемых потребителями на стадии эксплуатации; несвоевременная замена неисправного или устаревшего электрооборудования;
- **организационные** - невыполнение организационных мероприятий безопасности, несоответствие выполняемой работы заданию ;
- **организационно-социальные** - работа в сверхурочное время; несоответствие работы специальности; нарушение трудовой дисциплины; допуск к работе на электроустановках лиц моложе 18 лет; привлечение к работе лиц, имеющих медицинские противопоказания .

# Особенности электротравматизма

- отсутствие видимых признаков опасности;
- возможность травмирования не только при прикосновении к частям установки, находящимся под напряжением, но и при перемещении по земле вблизи мест повреждения изоляции или мест замыкания на землю;
- снижение защитных свойств организма человека из-за внезапности воздействия электрического тока; возможность резких непроизвольных движений пострадавшего, которые могут привести к соприкосновению с другими токоведущими частями или к падению его с высоты.

# Воздействие элетротока на организм человека

- **биологическое** –раздражение и возбуждение живых тканей организма. Вследствие этого наблюдаются судороги скелетных мышц, которые могут привести к остановке дыхания, спазму голосовых связок;
- **электролитическое** - электролиз (разложение) органических жидкостей, в том числе крови, существенно изменяющий функциональное состояние клеток;
- **тепловое** - ожоги отдельных участков тела, нагрев кровеносных сосудов, крови;
- **механическое** - расслоение и разрыв тканей.

---

# Виды электротравм

- местные (электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, электроофтальмия, механические повреждения) – 20 % несчастных случаев;
- общие (электрические удары) – 25 %;
- смешанные (местные и общие) – 50 %.

## Электрический ожог

– результат теплового воздействия электрического тока в месте контакта тела человека с электродом.

Количество тепла, выделяемое в ткани тела человека при прохождении электрического тока, определяется законом Джоуля-Ленца:

$$G = 0,24 \cdot I_{\text{ч}}^2 \cdot R_{\text{ч}} \cdot t$$

- $I_{\text{ч}}$  – ток, проходящий через тело человека (А);
- $R_{\text{ч}}$  – сопротивление тела (Ом);
- $t$  – время протекания тока через тело (с).

# Виды электрических ожогов

- токовый (контактный) - возникает при прохождении тока непосредственно через тело человека в результате контакта человека с токоведущей частью – 38 % пострадавших от электрического тока;
- дуговой - обусловлен воздействием на тело человека электрической дуги – 25 %.

## Степени электрических

### ОЖОГОВ:

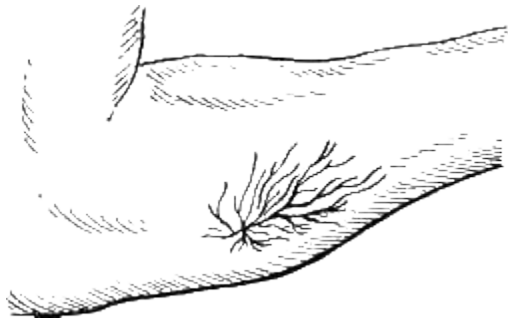
- I степень – покраснение кожи;
- II степень – образование пузырей на поверхности кожи;
- III степень – омертвление и обугливание кожи;
- IV степень – обугливание подкожной клетчатки, мышц, костей.





# Электрические знаки

– это четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергнувшейся действию тока. В отличие от ожогов электрические знаки обычно возникают при хорошем контакте кожи с электродом. По внешнему виду - круглые или эллиптические образования серого или желтоватого цвета с резко очерченными краями. Размеры не более 5-10 мм. В некоторых случаях форма электрического знака представляет собой отпечаток электрода. Электрические знаки могут возникнуть как в момент прохождения тока, так и спустя некоторое время после контакта с электродом. Знаки возникают примерно у 20 % пострадавших от тока. Болезненных ощущений не вызывают, со временем исчезают.



# Металлизация кожи

– это повреждение участка кожи в результате проникновения в неё мельчайших частиц металлического электрода, расплавившегося под действием электрической дуги.



Это возможно при коротких замыканиях, отключениях разъединителей и рубильников под нагрузкой и т.п. Окраска металлизированного участка кожи зависит от металла электрода: зеленая – при контакте с красной медью, сине-зеленая – при контакте с латунью, серо-желтая – при контакте со свинцом. С течением времени металлизированная кожа обычно отслаивается, пораженный участок приобретает нормальный вид, исчезают болезненные ощущения.

---

# Механическое повреждение

– следствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервов, а также вывихи суставов и переломы костей. Механические повреждения – серьёзные травмы, лечение их длительное, но они происходят сравнительно редко.

# Электроофтальмия

– воспаление наружных оболочек глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги, в спектре которой имеются вредные для глаз ультрафиолетовые и инфракрасные излучения. Возникает сравнительно редко (1-2 %), чаще всего при проведении электросварочных работ.

# Электрический удар

– электротравма, вызванная рефлекторным действием электрического тока (через нервную систему). Ток, проходя через тело человека, раздражает периферические окончания чувствительных нервов, в результате чего наступает возбуждение тканей организма, сопровождающееся сокращением мышц. При этом исход воздействия тока на организм может быть различен – от легкого сокращения мышц пальцев руки до прекращения работы сердца или лёгких (смертельного поражения).

## Степени электрического удара:

- I степень – судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- II степень – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца;
- III степень – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);
- IV степень – клиническая смерть, т.е. отсутствие дыхания и кровообращения.

# Электрический шок

– тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма на раздражение электрическим током. При шоке возникают глубокие расстройства дыхания, кровообращения, нервной системы, обмена веществ и других систем организма. При шоке сразу же после воздействия тока наступает кратковременная фаза возбуждения организма. У пострадавшего появляется реакция на боль, повышается артериальное давление. Затем наступает фаза торможения: истощается нервная система, снижается артериальное давление, ослабевает дыхание, падает и учащается пульс, возникает состояние депрессии. Шоковое состояние может длиться от нескольких десятков минут до суток. После этого может наступить выздоровление, как результат активного лечебного вмешательства, или биологическая смерть.

# Низковольтная (до 1000 В)

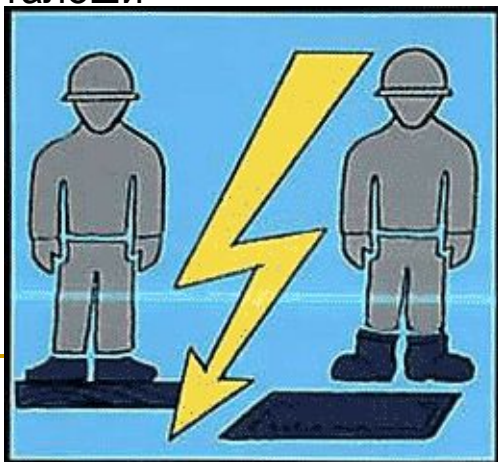
## электротравма

Необходимо как можно быстрее:

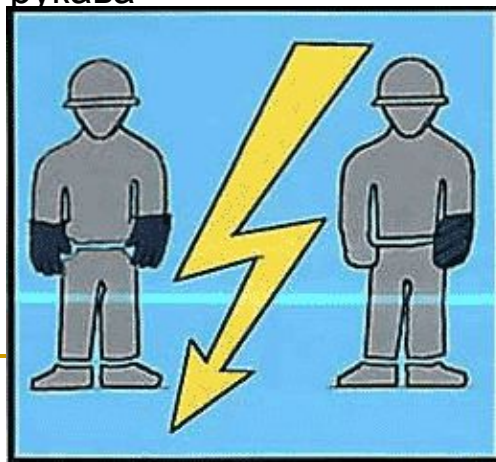
- отключить рубильник, выключатель;
- разомкнуть штепсельное соединение;
- вывернуть пробки;
- удалить предохранители и пр.

Если быстро отключить электроустановку невозможно, прежде чем прикоснуться к пострадавшему, **спасатель обязан:**

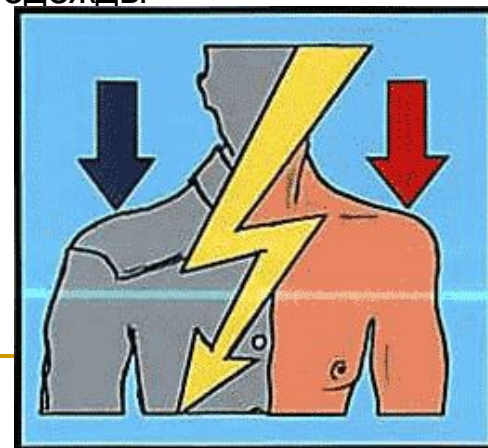
Встать на сухие доски, бревна, свернутую сухую одежду, резиновый коврик или надеть диэлектрические галоши



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



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



# 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 топорщищем;
- 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, рассчитанными на соответствующее напряжение. Остальное – как при низковольтной травме.



# 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:

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

$R_{ч}$  – расчетное сопротивление тела человека (1000 Ом)

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

- Род тока (переменный ток опаснее постоянного)

# Факторы, влияющие на тяжесть поражения электротоком

- Частота тока (наиболее опасна промышленная частота 50 Гц)
- Путь прохождения тока в теле человека (наиболее вероятные и, одновременно, наиболее опасные пути протекания тока: рука-рука, рука-нога, нога-нога )
- Индивидуальные особенности организма (повышенная восприимчивостью к электротоку у лиц, страдающих болезнями сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, легких, нервной системы и кожи)

# 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

# Критерии безопасности

## в электроустановках

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

- **пороговый осязаемый ток** – наименьшее значение осязаемого 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

# Классификация электроустановок и производственных помещений

## Помещения без повышенной опасности -

характеризуются отсутствием признаков повышенной и особой опасности.

## Помещения с повышенной опасностью

характеризуются наличием одного из следующих факторов:

- сырость (относительная влажность  $> 75 \%$ );
- высокая температура воздуха ( $> 35$  град. С);
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;
- возможность одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электроприемников, с другой стороны.

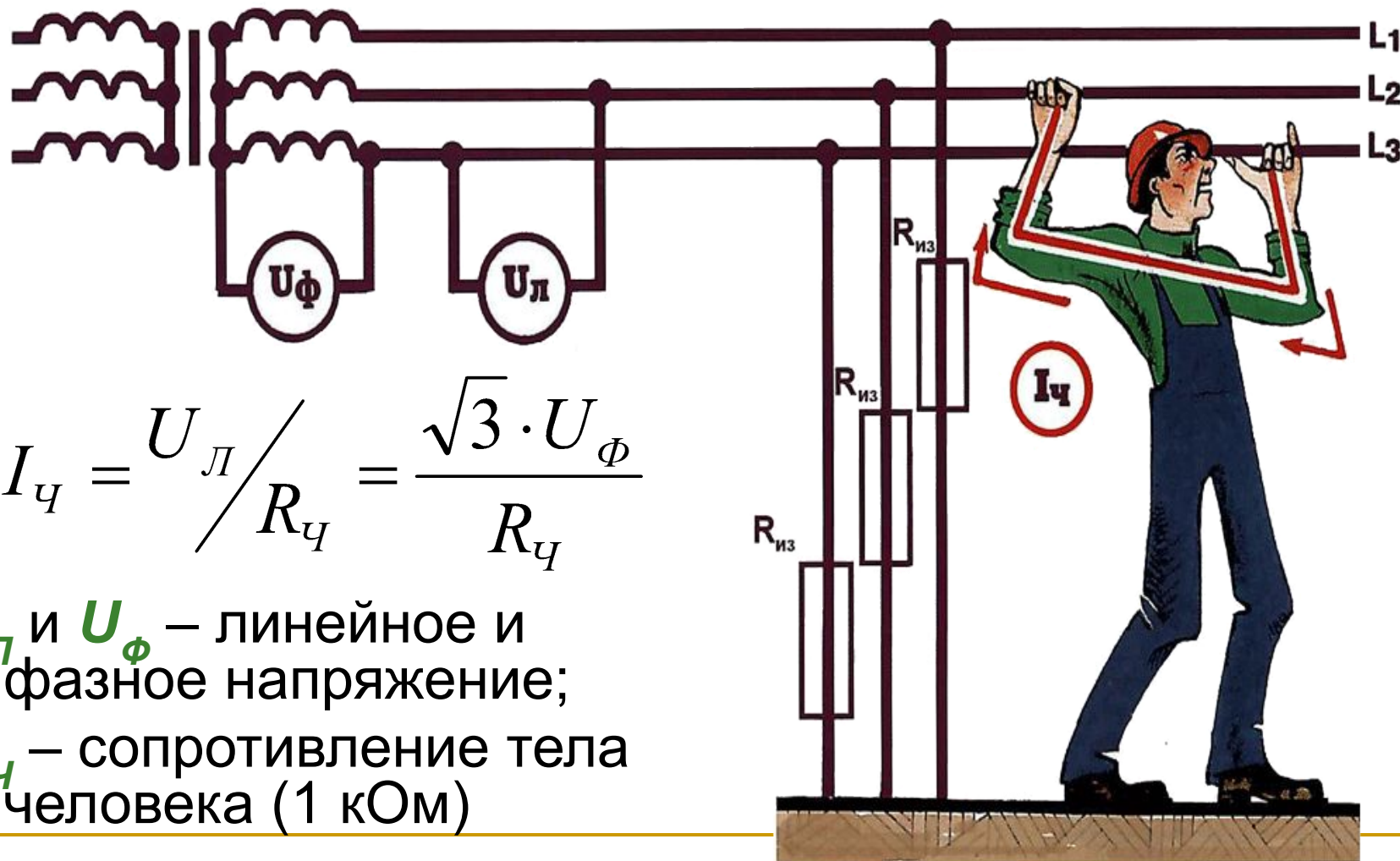
# Классификация электроустановок и производственных помещений

Особо опасные помещения - характеризуются наличием одного из факторов:

- особая сырость (относительная влажность воздуха ~ 100 %);
- химически активная среда (содержащиеся в воздухе пары действуют разрушающе на изоляцию и токоведущие части оборудования);
- два или более признаков одновременно, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

# Двухфазное прикосновение к сети

в установках с изолированной нейтралью ( $U$  до 1 кВ)



$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{Л}}}{R_{\text{ч}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Ф}}}{R_{\text{ч}}}$$

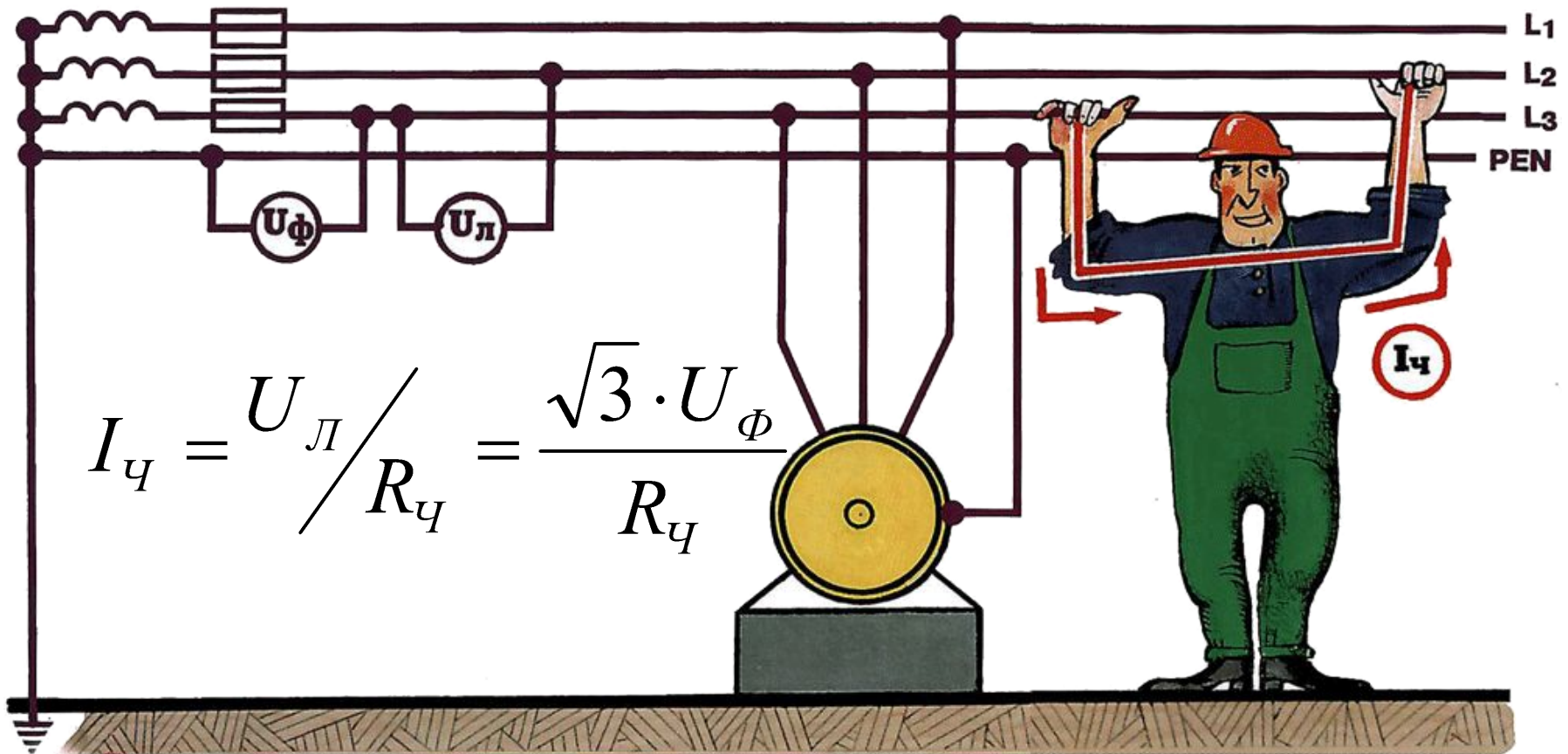
$U_{\text{Л}}$  и  $U_{\text{Ф}}$  – линейное и фазное напряжение;

$R_{\text{ч}}$  – сопротивление тела человека (1 кОм)



# Двухфазное прикосновение к сети

в установках с глухозаземленной нейтралью ( $U$  до 1 кВ)



$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\Phi}}{R_{\text{ч}}}$$

$U_{\text{л}}$  и  $U_{\Phi}$  – линейное и фазное напряжение;  
 $R_{\text{ч}}$  – сопротивление тела человека (1 кОм)<sup>25</sup>

# Однофазное прикосновение к сети

в установках с изолированной нейтралью ( $U$  до 1 кВ)



$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{ОБ}} + R_{\text{П}} + \frac{R_{\text{ИЗ}}}{3}}$$

$U_{\text{ф}}$  – фазное напряжение;

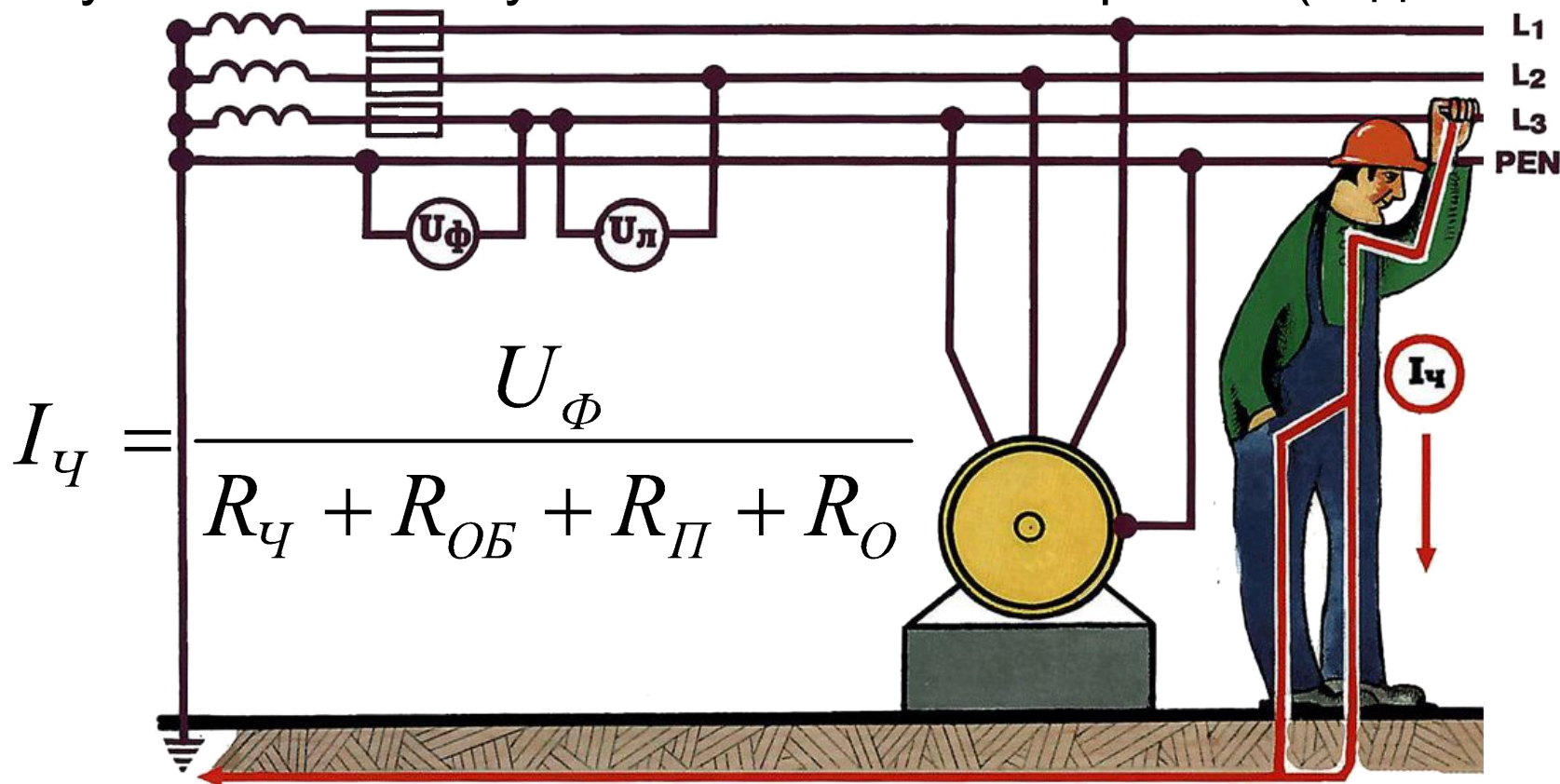
$R_{\text{ч}}$  – сопротивление тела человека (1 кОм);

$R_{\text{ОБ}}$  и  $R_{\text{П}}$  – сопротивления обуви и пола;

$R_{\text{ИЗ}}$  – сопротивление изоляции фазных проводов сети относительно земли

# Однофазное прикосновение к сети

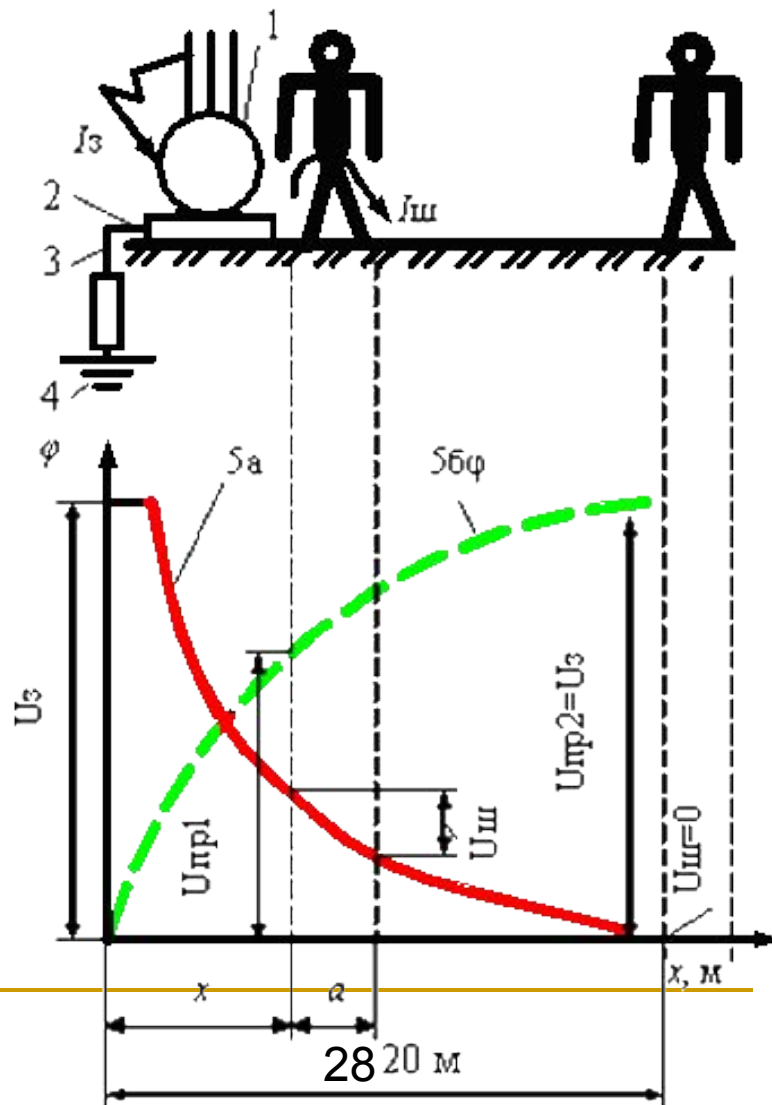
в установках с глухозаземленной нейтралью ( $U$  до 1 кВ)



$U_{\text{ф}}$  – фазное напряжение;  $R_{\text{ч}}$  – сопротивление тела человека (1 кОм);  
 $R_{\text{ОБ}}$  и  $R_{\text{П}}$  – сопротивления обуви и пола;  
 $R_{\text{О}}$  – сопротивление заземления нейтрали трансформатора

# Распределение потенциалов в зоне растекания тока

- 1 – электроприемник (заземленное электрооборудование);
- 2 – заземляющий зажим;
- 3 – заземляющий проводник;
- 4 – заземляющее устройство;
- 5 – кривые распределения:
  - а-потенциалов;
  - б-напряжения прикосновения.



# Растекание тока в земле при замыкании

Распределение потенциала на поверхности земли:

$$\varphi_x = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot x}$$

$I_3$  – ток замыкания на землю;

$\rho$  – удельное сопротивление грунта.

Напряжение прикосновения:

$$U_{ПР} = \varphi_3 - \varphi_x$$

$\varphi_3$  – потенциал корпуса;

$\varphi_x$  – потенциал точек почвы, в которых находятся  
ноги человека

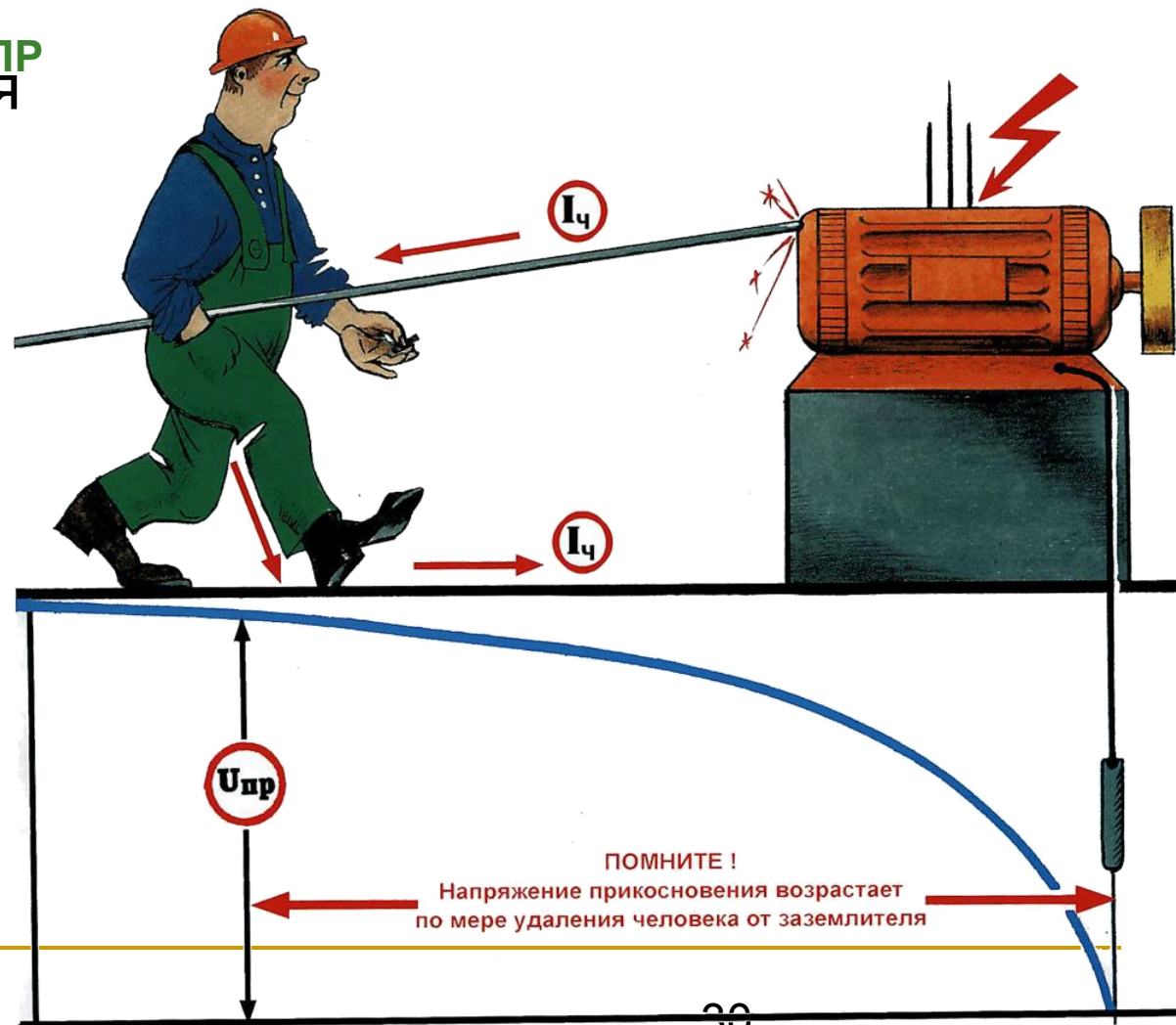
# Напряжение прикосновения

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

$$U_{\text{пр}} = \alpha \cdot U_3$$

$U_3$  – напряжение заземляющего устройства;

$\alpha$  - коэффициент напряжения прикосновения, зависящий от формы и конструкции заземлителя.



# Растекание тока в земле при замыкании

Напряжение шага:

$$U_{Ш} = \varphi_A - \varphi_B$$

где:

$$\varphi_A = \varphi_x \quad \text{и} \quad \varphi_B = \varphi_{x+a}$$

$$U_{Ш} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi} \left( \frac{a}{x^2 + a \cdot x} \right)$$

или

$$U_{Ш} = U_3 \frac{a \cdot x}{x^2 + a \cdot x}$$

# Шаговое напряжение





# Соблюдайте правила электробезопасности!

