

ЛЕКЦИЯ № 5. Действие электрического тока на организм человека

ЦЕЛЬ ЛЕКЦИИ: Дать общее представление о видах поражения электрическим током, раскрыть факторы, определяющие опасность поражения электрическим током, дать классификацию производственных помещений по степени опасности поражения электрическим током.

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Виды поражений электрическим током.
2. Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током.

Литература:

1. Охрана труда в электроустановках. Под ред. Проф. Б.А. Князевского. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 320 с.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. Раздел 1. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Раздел 7. Главы 7.5, 7.6, 7.10. – СПб.: Изд. ДЕАН, 2002. – 176 с.

1. Виды поражений электрическим током

По характеру воздействия различают следующие действия электрического тока:

- биологическое;
- тепловое;
- механическое;
- химическое.

Биологическое действие проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма (судороги).

Тепловое действие вызывает ожоги отдельных участков тела, нагрев кровеносных сосудов и нервных волокон.

Внешнее проявление ожогов начинается с покраснения кожи и образования пузырей с жидкостью до почернения и обугливания кожи и мягких тканей.

Механическое действие связано с сильным сокращением мышц, вплоть до их разрыва, вывихом суставов и даже повреждением костей.

Химическое действие тока приводит к электролизу (разложению) крови, межтканевой и других жидкостей организма.

Виды электропоражений

1. **Ожоги** - возможны при прохождении через тело человекам значительных токов (более 1 А).

В тканях, через которые проходит ток как и в любом сопротивлении, выделяется некоторое количество тепла, пропорциональное приложенному напряжению и току. Этого тепла при больших токах достаточно для нагрева поражаемых тканей до температуры 60-70°C, при которой свертывается белок и возникает ожог. Такие ожоги проникают глубоко в ткани тела и поэтому очень болезненны и требуют длительного лечения, а иногда приводят к частичной или полной инвалидности.

В электроустановках до 1000 В возможны также ожоги электрической дугой. В этом случае дуга возникает между токоведущими частями, а человек попадает в зону действия дуги.

2. **Электрические знаки** (метки тока) возникают при хорошем контакте с токоведущими частями.

Они представляют собой припухлость с затвердевшей в виде мозоли кожей серого или желтовато-белого цвета круглой или овальной формы. Края электрического знака резко очерчены белой или серой каймой.

Последствия электрического знака при большой его величине могут быть очень серьезными. Глубокое поражение большого участка живой ткани может привести к нарушению функций пораженного органа, хотя электрические знаки безболезненны.

3. **Электрометаллизация** кожи - проникновение под поверхность кожи частиц металла вследствие разбрызгивания и испарения его под действием тока, например при горении дуги.

Металл может проникать в кожу вследствие электролиза в местах соприкосновения человека с токоведущими частями. Поврежденный участок кожи приобретает жесткую шероховатую поверхность, цвет которой определяется цветом соединений металла, внедрившегося в кожу. Со временем металл рассасывается, и исход поражения зависит от площади пораженной поверхности кожи.

4. Поражение глаз (**электроофтальмия**) вследствие воздействия ультрафиолетового излучения электрической дуги или ожогов.

5. **Механические повреждения** (ушибы, переломы и пр.) при падениях с высоты вследствие резких произвольных движений или потери сознания, вызванных действием тока.

6. **Электрический удар** наблюдается при воздействии малых токов - обычно до нескольких сотен миллиампер и соответственно при небольших напряжениях, как правило, до 1000 В.

При столь малой мощности выделение тепловой энергии ничтожно и не вызывает ожога. Ток действует на нервную систему и на мышцы, причем может возникнуть паралич пораженных органов. Паралич дыхательных мышц, а также мышц сердца, может привести к смертельному исходу.

Ток величиной несколько десятков миллиампер при длительном воздействии (более 15-20 с) приводит к остановке дыхания.

Но наиболее опасны **остановка и фибрилляция сердца**.

Остановка сердца вызывается током в несколько сотен миллиампер при сравнительно малой длительности воздействия (доли секунды), причем мышцы сердца расслабляются и остаются в таком состоянии.

Фибрилляция сердца заключается в беспорядочном сокращении и расслаблении мышечных волокон сердца.

Сердце затрачивает значительную энергию, но не производит полезной работы, кровообращение прекращается, сердце истощается и останавливается.

Как при остановке, так и при фибрилляции сердца работа сердца самостоятельно не восстанавливается. Необходимо оказание помощи.

Следует отметить, что кратковременное действие больших токов - порядка нескольких ампер - не вызывает ни остановки, ни фибрилляции сердца. Сердечная мышца под действием тока обычно резко сокращается и остается в таком состоянии до отключения тока, после чего сердце продолжает работать.

Более того, если через тело пострадавшего, у которого наблюдается остановка или фибрилляция сердца, пропустить ток приблизительно 4-6 А, мышцы сердца сокращаются, и после отключения тока сердце продолжает работать.

На этом принципе основано действие *дефибрилятора* - прибора для восстановления работы сердца.

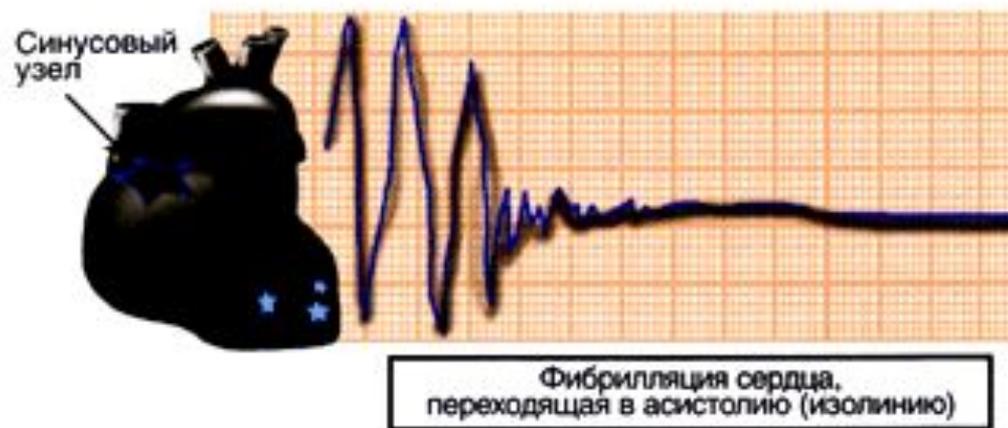
Водитель ритма сердца - **синусовый узел** генерирует импульсы сокращения мышечных волокон сердца с частотой 60-90 раз в минуту. При их синхронном сокращении кровь выбрасывается в артерии. На электрокардиограмме отображается синусовый ритм.

В случае электрического или механического воздействия на сердце в момент окончания его сокращения (на электрокардиограмме это "запретная зона") синусовый узел теряет контроль над сокращением мышечных волокон и они начинают сокращаться каждое в своем ритме. Их хаотичные сокращения на электрокардиограмме выглядят как пилообразная кривая - **фибрилляция сердца**.

С момента появления хаотичных сокращений (фибрилляции) прекращается выброс крови в сосуды. Пострадавший в течение нескольких секунд теряет сознание, у него расширяются зрачки и исчезает пульс на сонной артерии. Наступает клиническая смерть. Однако на электрокардиограмме еще в течение нескольких минут отмечается пилообразная кривая, которая постепенно переходит в сплошную изолинию – асистолию сердца.

Независимо от причины фибрилляции желудочков сердца, единственное, что может ее прекратить и восстановить синхронное сокращение мышечных волокон (синусовый ритм), - это резкий удар по груди (механическая дефибрилляция) или мощный разряд электрического тока (электрическая дефибрилляция).

Но когда волны фибрилляции перешли в изолинию, эти действия становятся неэффективными.



Пороговые значения тока

Ток через человека,	Характер воздействия	
	Переменный ток 50—60 Гц	Постоянный ток
0,5-1,5	Начало ощущения, легкое дрожание пальцев рук	Не ощущается
2,0-3,0	Сильное дрожание пальцев рук	Не ощущается
5,0-7,0	Судороги в руках	Зуд. Ощущение нагрева
8,0-10,0	Руки трудно, но еще можно оторвать от электродов. Сильные боли в пальцах, кистях рук и предплечьях	Усиление нагрева
20-25	Паралич рук, оторвать их от электрода невозможно. Очень сильные боли. Дыхание затруднено	Еще большее усиление нагрева. Незначительное сокращение мышц рук
50-80	Остановка дыхания. Начало фибрилляции сердца	Сильное ощущение нагрева. Сокращение мышц рук. Судороги, затруднение дыхания
90-100	Остановка дыхания. При длительности 3 с и более остановка сердца	Остановка дыхания

2. Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током

Степень вредного воздействия электрического тока на человека при его поражении зависит от:

- индивидуальных особенностей организма;
- общего электрического сопротивления тела (проводимости);
- напряжения и рода тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия;
- условий внешней среды (температура, влажность, запыленность) и других факторов.

Индивидуальные особенности организма

1. Высокая или низкая активность.
2. Степень концентрации внимания.
3. Безволие.
4. Утомление.
5. Алкогольное опьянение.
6. Ослабление организма в связи с болезнью.

Общее электрическое сопротивление человеческого организма

Общее электрическое сопротивление человеческого организма складывается из сопротивлений участков тела, расположенных на пути тока.

Основным сопротивлением в цепи тока через тело человека является верхний роговой слой кожи, толщина которого составляет 0,05-0,2 мм. При снятом роговом слое кожи сопротивление тела человека не превышает 1 кОм.

При сухой неповрежденной коже сопротивление может достигать 10 000 и даже более 100 000 Ом.

Сопротивление тела человека меняется в широких пределах и зависит от:

- состояния кожи (сухая, влажная, чистая, поврежденная и т.п.);
- плотности контакта;
- площади контакта;
- величины тока через человека и приложенного напряжения;
- частоты тока;
- времени воздействия тока на человека.

НАПРЯЖЕНИЕ

Величину питающего напряжения ЭУ определяют Правила устройства электроустановок (ПУЭ). В ЭУ до 1000 В оно может быть линейным -380 В или фазным – 220 В.

Для определения опасного напряжения ПУЭ вводят понятие **сверхнизкое (малое) напряжение**, которое составляет до 50 В переменного и до 120 В постоянного тока.

Это по сути безопасное напряжение для производственных помещений без повышенной опасности. Для других видов помещений устанавливаются другие уровни напряжений.

Безопасные уровни напряжения получают из осветительной сети, используя для этого **понижающие трансформаторы**.

Распространить применение безопасного напряжения на все электрические устройства не представляется возможным, так как уменьшение рабочего напряжения ведет к уменьшению мощности, что экономически не оправдано.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

В производственных процессах используются два **рода тока**:

- постоянный;
- переменный.

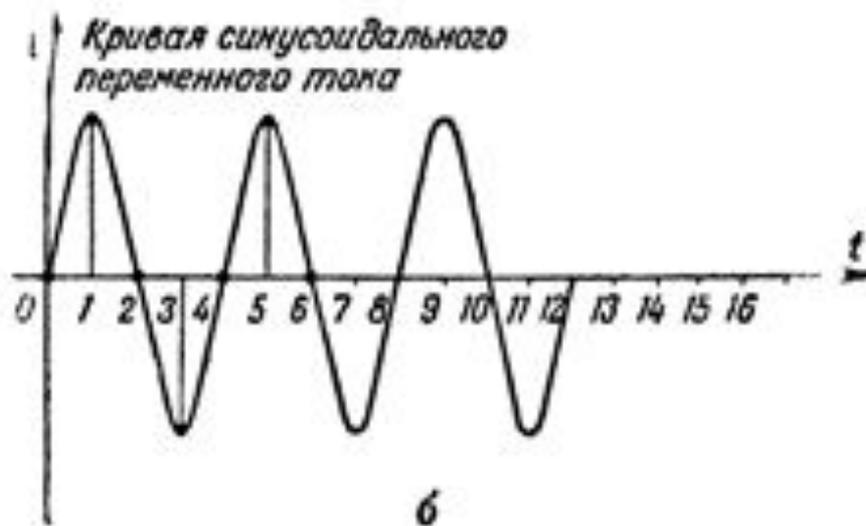
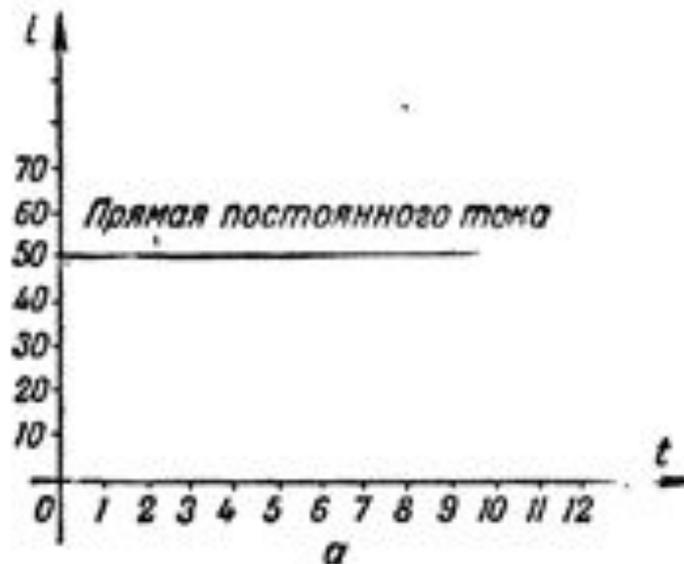
Они оказывают различное воздействие на организм при напряжениях до 500 В.

Опасность поражения **постоянным током** меньше, чем переменным.

Переменный ток с повышением частоты представляет меньшую опасность.

Наибольшую опасность представляет ток частотой 50 Гц, которая является стандартной для отечественных электрических сетей.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК



ПУТЬ ПРОХОЖДЕНИЯ ТОКА ЧЕРЕЗ ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА

Путь, по которому электрический ток проходит через тело человека, во многом определяет степень поражения организма.

Возможны следующие варианты направлений движения тока по телу человека:

- рука-рука;
- рука-ноги;
- руки-ноги;
- нога-нога;
- голова-руки;
- голова-ноги и другие.

Наиболее опасными являются варианты "голова - руки", "голова - ноги", "руки - ноги".

Это объясняется тем, что в зону поражения попадают жизненно важные системы организма - головной мозг, сердце.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОКА

Опасность для организма человека тем меньше, чем меньше продолжительность воздействия тока.

Если ток неотпускающий, но еще не вызывает нарушений дыхания и работы сердца, то быстрое отключение спасает пострадавшего, который не смог бы освободиться сам.

Вероятность наступления фибрилляции, а также остановки сердца зависит от длительности действия тока. При длительном воздействии тока сопротивление тела человека падает и ток возрастает до значения, способного вызвать остановку дыхания или даже фибрилляцию сердца.

Остановка дыхания возникает не мгновенно, а через несколько секунд, причем, чем больший ток проходит через человека, тем меньше это время.

Своевременное отключение пострадавшего позволяет предотвратить паралич дыхательных мышц.

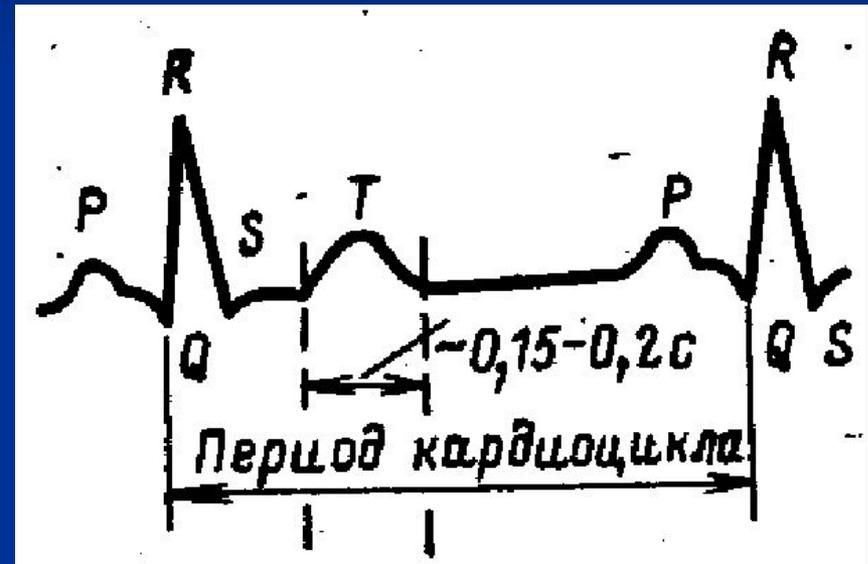
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОКА

Нормально сердце сокращается от 60 до 80 раз в минуту, т. е. можно принять длительность полного цикла (сокращение - расширение) равной 1 с (рисунок 1.2). В каждом цикле в течение промежутка времени около 0,15 - 0,20 с сердце наиболее чувствительно к току. Этот промежуток времени называется фазой *T*.

В случае несовпадения времени прохождения тока с фазой *T* токи значительной величины не вызывают фибрилляции.

При длительности действия тока, равной длительности цикла, ток проходит через сердце и в течение фазы *T*. Вероятность поражения при этом наибольшая. Если длительность тока меньше длительности кардицикла, возможно несовпадение момента прохождения тока и фазы *T*.

Таким образом, чем меньше длительность действия тока на человека, тем меньше вероятность совпадения времени, в течение которого через сердце проходит ток, с фазой *T*.



УСЛОВИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Условия внешней среды, окружающей человека в ходе производственной деятельности, могут повысить опасность поражения электрическим током.

Опасность поражения электрическим током тесно связана с условиями выполнения работ *в производственных помещениях*.

В отношении опасности поражения людей электрическим током все помещения делят на три класса:

- помещения без повышенной опасности;
- помещения с повышенной опасностью;
- особо опасные помещения.

УСЛОВИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Помещения без повышенной опасности – это помещения, в которых отсутствуют условия повышенной и особой опасности. В таких помещениях можно пользоваться электрифицированным инструментом напряжением до 220 В.

К помещениям без повышенной опасности относятся рабочие комнаты административно-управленческого персонала, вычислительные центры, приборные участки, диспетчерские, инструментальные и др.

Помещения с повышенной опасностью характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырости (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%) или токопроводящей пыли (по условиям производства выделяется токопроводящая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь электрических машин, аппаратов и т.д.);
- токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);
- высокой температуры [температура превышает постоянно или периодически (более 1 суток) +35° С];
- возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, - с другой.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- особой сырости (относительная влажность воздуха близка к 100 %, потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);
- химически активной или органической среды (постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования);
- одновременно двух или более условий повышенной опасности.

В отношении опасности поражения людей электрическим током территории размещения наружных электроустановок приравниваются к **особо опасным помещениям**.