

Действие электрического тока на организм человека

Под **электробезопасностью** понимается система организационных и технических мероприятий по защите человека от действия поражающих факторов электрического тока.

Электрический ток, проходя через живой организм, производит:

- **термическое** (тепловое) **действие**, которое выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, крови, нервных волокон и т.п.
- **электролитическое** (биохимическое) **действие** – выражается в разложении крови и других органических жидкостей, вызывая значительные нарушения их физико-химических составов
- **биологическое** (механическое) **действие** – выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, сопровождается непроизвольным судорожным сокращением мышц (в том числе сердца, лёгких)

Основные неблагоприятные последствия, которые могут наступить вследствие поражения электрическим током: Протекание электрического тока через органы человека может вызвать остановку сердца, дыхания; разрывы мышц, поражение мозга, ожоги. Такие повреждения характерны для поражающего тока величиной более 10 миллиампер, однако даже ток ощущения (1-2 мА) способен напугать человека, вследствие чего не исключены механические травмы (например, вследствие падения с высоты).

В зависимости от последствий электрические удары делятся на четыре степени:

- судорожное сокращение мышц без потери сознания
- судорожное сокращение мышц с потерей сознания
- потеря сознания с нарушением дыхания или сердечной деятельности
- состояние клинической смерти в результате фибрилляции сердца или асфиксии (удушья)

Основными факторами, определяющими исход поражения, являются:

- величина тока и напряжения
- продолжительность воздействия тока
- сопротивление тела
- петля («путь») тока
- психологическая готовность к удару

Виды электротравм

Электротравма - результат воздействия на человека электрического тока и электрической дуги.

К электротравмам относятся:

- электрические ожоги (токовые, контактные дуговые, а также комбинированные)
- электрические знаки («метки»), металлизация кожи
- механические повреждения
- электроофтальмия
- электрический удар (электрический шок)

По характеру повреждений все электротравмы можно разделить на 2 вида:

- **Местные** - это ожоговые повреждения кожного покрова. Такие травмы свойственны при коротком воздействии тока на определенную часть тела.
- **Общие** - сопровождаются нарушением деятельности со стороны внутренних органов, преимущественно сердца и органов дыхания. Возникают рефлекторные нарушения, остановка дыхания, судороги. При такой травме ток проходит через весь организм. Общая электротравма характерна при ударе молнии.

Признаки электротравмы:

1. Местные проявления:

- наличие электрометок на коже в виде ожогов в местах входа и выхода тока
- высокое напряжение свыше 380 В может приводить к обширному глубокому ожогу по всей конечности, сморщиванию мягких тканей
- электроожог головы характеризуется повреждением наружной и внутренней костей черепа
- возможно частичное или полное обугливание конечности
- из-за резкого сокращения мышц возникает контрактура мышц

2. Характерные общие признаки удара электрическим током:

- спутанность сознания
- нарушения сердечного ритма
- судороги
- сонливость
- потеря памяти на момент травмы
- нарушения зрения.

Величина тока и напряжения

Электрический ток, как поражающий фактор, определяет степень физиологического воздействия на человека. Напряжение следует рассматривать лишь как фактор, обуславливающий протекание того или иного тока в конкретных условиях - **чем больше напряжение прикосновения, тем больше поражающий ток.**

По степени физиологического воздействия можно выделить следующие поражающие токи:

- 0,8...1,2 мА - пороговый **ощутимый ток** (то есть то наименьшее значение тока, которое человек начинает ощущать)
- 10...16 мА - пороговый **неотпускающий** (приковывающий) **ток**, когда из-за судорожного сокращения рук человек самостоятельно не может освободиться от токоведущих частей
- 100 мА - пороговый **фибрилляционный ток**, является расчетным поражающим током. При этом необходимо иметь в виду, что вероятность поражения таким током равна 50% при продолжительности его воздействия не менее 0,5 сек

Следует отметить, что **никакое напряжение нельзя признать полностью безопасным и работать без средств защиты.** Так, например, автомобильный аккумулятор имеет напряжение 12-15 В и не вызывает поражения электрическим током при прикосновении (ток через тело человека меньше порогового ощутимого тока). Но при случайном замыкании клемм аккумулятора возникает мощная дуга, способная сильно **обжечь кожу** или **сетчатку глаз**; также возможны **механические травмы** (человек инстинктивно отшатывается от дуги и может неудачно упасть). Точно также человек инстинктивно отшатывается при прикосновении к сети временного освещения (36 В, ток уже ощущается), что грозит падением с высоты, даже если ток, протекающий через тело невелик, и не мог бы вызвать поражения сам по себе. Таким образом, сколь угодно низкое напряжение не отменяет использования средств защиты, а лишь изменяет их номенклатуру (вид), например, при работе с аккумулятором следует пользоваться **защитными очками.**

Производить работы на токоведущих частях без применения средств защиты можно только при полном снятии напряжения!

Продолжительность воздействия тока

Установлено, что поражение электрическим током возможно лишь в состоянии **полного покоя сердца** человека, когда отсутствуют сжатие (систола) или расслабление (диастола) желудочков сердца и предсердий. Поэтому при малом времени воздействие тока может не совпадать с фазой полного расслабления, однако всё, что увеличивает темп работы сердца, способствует **повышению вероятности остановки сердца** при ударе током любой длительности.

К таким причинам следует отнести:

- усталость
- возбуждение
- голод
- жажду
- испуг
- принятие алкоголя, наркотиков, некоторых лекарств
- курение
- болезни
- и т.п.

Вероятность наступления фибрилляции, а также остановки сердца существенно зависят от длительности действия тока. Например, при **кратковременном воздействии** (0,1 - 0,5 сек) ток 100 мА не вызывает фибрилляции сердца. Если **длительность воздействия увеличивается до 1 сек**, то этот же ток приводит к смертельному исходу.

При **длительном воздействии** тока **сопротивление тела человека** падает в среднем на **25%** и ток возрастает до значения, способного вызвать остановку дыхания или фибрилляцию сердца. Остановка дыхания возникает не мгновенно, а через несколько секунд, причем, чем больше ток проходит через тело человека, тем меньше это время. Такая зависимость объясняется тем, что с увеличением времени воздействия тока на живую ткань кроме роста значения тока, растут (накапливаются) последствия воздействия тока на организм и, наконец, повышается вероятность совпадения момента прохождения тока через сердце с уязвимой фазой Т сердечного цикла (кардиоцикла).

Нормально сердце сокращается **от 60 до 80 раз в минуту**, т.е. можно принять длительность полного цикла (сокращение - расширение) равной 1 сек. Опасность совпадения момента прохождения тока через человека с фазой Т кардиоцикла заключается в следующем. Каждый цикл сердечной деятельности состоит из **двух периодов**: одного, называемого диастолой, когда желудочек сердца, находясь в расслабленном состоянии, заполняются кровью, и другого называемого систолой, когда сердце, сокращаясь, выталкивает кровь в артериальные сосуды.

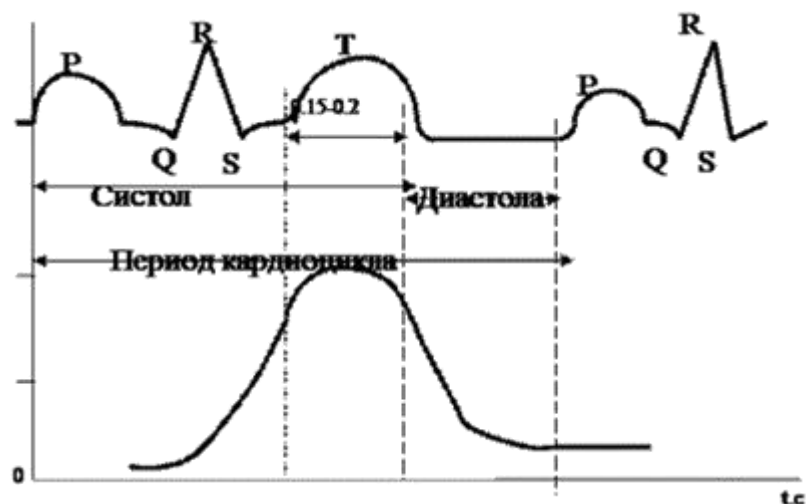


Рис. Зависимость опасности поражения при протекании тока через сердце

На кардиограмме выделяются отдельные участки, соответствующие различным фазам работы сердца:

- **зубец Р** - возникает при сокращении предсердий (после чего желудочки заполняются кровью)
- **пик QRS** - возникает при сокращении желудочков сердца, благодаря чему кровь выталкивается в аорты
- **зубец Т** - возникает в период, когда заканчивается сокращение желудочков и они переходят в расслабленное состояние

Установлено, что чувствительность сердечной мышцы к электрическому току неодинакова в разные фазы его работы. Наиболее уязвимым сердце оказывается в фазе Т, продолжительность которой 0,15 - 0,2 сек. Поэтому если во время фазы Т через сердце проходит ток то, как правило, возникает **фибрилляция сердца**. В случае несовпадения времени прохождения тока с фазой Т токи значительной величины фибрилляции не возникают. При длительности действия тока, равной длительности цикла, ток проходит через сердце и в течение фазы Т. Если длительность тока меньше длительности кардиоцикла, возможно несовпадение момента прохождения тока и фазы Т.

Сопротивление тела

Сопротивление тела - величина непостоянная, зависит от конкретных условий, меняется в пределах **от нескольких сотен Ом до нескольких мегом**. С достаточной степенью точности можно считать, что при воздействии напряжения промышленной частоты **50 Герц**, сопротивление тела человека являясь **активной величиной**, состоящей из внутренней и наружной составляющих. **Внутреннее сопротивление** у всех людей примерно одинаково и составляет **600 - 800 Ом**. Из этого можно сделать вывод, что сопротивление тела человека определяется в основном величиной **наружного сопротивления**, а конкретно –

состоянием кожи рук толщиной всего лишь 0,2 мм (в первую очередь ее наружным слоем – эпидермисом).

Примеров тому немало, вот один из них: Рабочий опускает в электролитическую ванну средний и указательный пальцы руки и получает смертельный удар. Оказалось, что причиной гибели явился имевший место порез кожи на одном из пальцев. Эпидермис не оказал своего защитного действия, и поражение произошло при явно безопасной петле тока.

Действительно, если оценить этот факт в относительных единицах и принять **сопротивление кожи за 1**, то **сопротивление внутренних тканей, костей, лимфы, крови составит 0.15 - 0.20**, а **сопротивление нервных волокон – всего лишь 0.025** («нервы» – отличные проводники электрического тока!). Кстати, именно поэтому опасно приложение электродов к так называемым **акупунктурным точкам**. Так как они соединены нервными волокнами, поражающий ток может возникнуть при очень малых напряжениях. Именно один из таких случаев описан в литературе, когда поражение человека произошло при напряжении 5 Вольт.

Сопротивление тела **не является постоянной величиной**: в условиях повышенной влажности оно снижается **в 12 раз**, в воде – **в 25 раз**, резко снижает его принятие алкоголя.

Таким образом, к факторам состояния человека, существенно увеличивающим вероятность смертельного поражения человека электрическим током следует отнести:

- всё, что **увеличивает темп работы сердца** – усталость, возбуждение, принятие алкоголя, наркотиков, некоторых лекарств, курение, болезни
- все, что **уменьшает сопротивление кожи** – потливость, порезы, принятие алкоголя

Петля («путь») тока

При расследовании несчастных случаев, связанных с воздействием электрического тока, прежде всего выясняется, по какому пути протекал ток. Человек может коснуться токоведущих частей (или металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением) самыми различными частями тела. Отсюда – **многообразие возможных путей тока**.

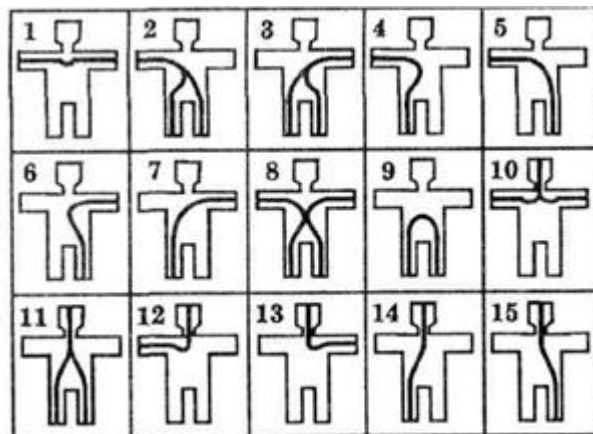


Рис. Путь («петля») тока через тело человека

Наиболее вероятными признаны следующие:

- «правая рука - ноги» (20% случаев поражения)
- «левая рука - ноги» (17%)
- «обе руки - ноги» (12%)
- «голова - ноги» (5%)
- «рука - рука» (40%)
- «нога - нога» (6%)

Все петли, кроме последней, называются **«большими»**, или **«полными»** петлями, ток захватывает область сердца и они наиболее опасны. В этих случаях **через сердце протекает 8 - 12 % от полного значения тока**. Петля «нога - нога» называется **«малой»**, **через сердце протекает всего 0,4 % от полного тока**. Эта петля возникает, когда человек оказывается в зоне растекания тока, попадая под **шаговое напряжение**.

Шаговым называется напряжение **между двумя точками земли**, обусловленное **растеканием тока в земле**, при одновременном касании их ногами человека. При этом чем **шире шаг**, тем **больший ток** протекает через ноги. Такой путь тока не несет прямой опасности жизни, однако под его действием человек может **упасть** и **путь протекания тока станет опасным** для жизни.

Для защиты от шагового напряжения служат дополнительные средства защиты – **диэлектрические боты, диэлектрические коврики**. В случае, когда использование этих средств не представляется возможным, следует **покидать зону растекания** так, чтобы расстояние между стоящими на земле ногами было минимальным - **короткими шажками**.

Безопасно также передвижение по сухой доске и прочим сухим, не проводящим ток предметам.

Виды средств защиты в электроустановках

Защитные средства делятся на 2 категории:

- коллективные
- индивидуальные

Кроме того, защитные средства классифицируются на:

- изолирующие
- ограждающие
- приспособления для работы на высоте
- вспомогательные приспособления
- экранирующие

Изолирующие защитные средства **обеспечивают электроизоляцию** человека от токоведущих или заземленных частей электрооборудования, а также от земли.

Все изолирующие защитные средства делятся на:

1. **Основные изолирующие защитные средства** – средства, изоляция которых надежно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и при помощи которых допускаются прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, без опасности поражения электрическим током.
2. **Дополнительные изолирующие защитные средства** - средства, которые, обладая недостаточной изоляцией, не могут обеспечить безопасность работающего. Они могут применяться только в сочетании с основными средствами, усиливая их действие.

	В электроустановках до 1000 В:	В электроустановках выше 1000 В:
Основные изолирующие средства	диэлектрические перчатки изолирующие токоизмерительные клещи монтерский инструмент с изолированными рукоятками токоискатели	изолирующие штанги изолирующие токоизмерительные клещи указатели напряжения
Дополнительные изолирующие средства	диэлектрические галоши коврики изолирующие подставки	монтерский инструмент с изолированными ручками диэлектрические перчатки боты коврики изолирующие подставки