



УДК 621

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА НА ЧЕЛОВЕКА**Кулаков Александр Дмитриевич**

студент

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Аннотация. В статье рассматриваются физические свойства электричества и его воздействие на человека, а также различные факторы, определяющие степень опасности электрического тока. Основное внимание уделяется характеристикам электричества, путям его протекания через тело человека, электрическому сопротивлению и принципам воздействия тока на организм, анализируются факторы поражения электрическим током, описывается, как электрическое воздействие может привести к повреждениям клеток и смертельному исходу.

Ключевые слова: электрический ток, воздействие тока, физические свойства тока, поражение электрическим током, электротравмы.

В нашей жизни незаменимым ресурсом является электрическая энергия и. в настоящее время, для функционирования всех сфер человеческой деятельности требуется электричество. Электричество – это форма энергии, которая легко преобразуется в другие виды: тепло, свет, механическое движение. Оно питает промышленные оборудования, бытовые приборы, транспортные системы и т.п., и все для того, чтобы удовлетворить человеческие потребности и обеспечить комфорт в быту. Промышленность, наука, медицина получили большой толчок в развитии, когда люди начали использовать электрическую энергию. Люди даже смогли высадиться на Луну и фотографировать планеты, которые находятся в миллионах километрах от Земли и все это благодаря электричеству. Получается, что электричество наш незаменимый друг? Это несомненно так, но, как бы печально это не звучало, у него есть очень серьезная особенность – оно способно убить неосторожного человека. Электричество не терпит лояльного отношения к себе, оно требует пристального внимания и четкого следования правилам электробезопасности. Поэтому легкомысленное отношение к этим правилам может повлечь серьезный вред здоровью человека или даже смерть. Задачи статьи: объяснить, как электрический ток воздействует на организм человека, рассмотреть механизмы поражения, получить теоретическую основу оказания первой медицинской помощи пострадавшим

Для понимания характера воздействия электрического тока на организм человека, нужно иметь понимание, что такое ток, знать его характеристики и типы.

Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц. Характеристиками электрического тока являются: сила тока – заряд, проходящий через



поперечное сечение проводника в единицу времени (I , А), напряжение – работа электрического поля по перемещению заряда по проводнику (U , В), сопротивление – противодействие проводника прохождению электрического тока (R , Ом).

Выделяют два типа электрического тока: постоянный ток и переменный ток.

1. Постоянный ток – это ток, который с течением времени не изменяется по величине и движется в одном направлении.
2. Переменный ток - ток, меняющий свое направление движения с определенной частотой (обычно 50 Гц).

Электрический ток проходит всегда по пути наименьшего сопротивления. Самым опасным является путь тока через жизненно важные органы: сердце, мозг, легкие. В зависимости от точки соприкосновения и заземления человека, возможных путей тока достаточно много.

Часто встречаются на практике комбинации: рука – рука, левая рука – ноги правая рука – ноги, нога – нога (шаговое напряжение). Наименее опасным случаем протекания тока в теле человека является путь нога – нога, такая ситуация возникает, когда человек попадает под действие шагового напряжения. Случаи, когда ток протекает через область сердца и легких являются наиболее опасными, т.к. незначительная величина тока может привести к нарушению работы организма. [1]

Тело человека обладает собственным сопротивлением. Электрическое сопротивление тела человека – способность тканей противостоять прохождению электрического тока и используется в расчетах воздействия тока на организм. Чем меньше сопротивление току, тем серьезнее электротравма. В расчетах сопротивление тела принимают равным 1000 Ом. В действительности оно колеблется от 300 до 100 000 Ом и зависит в первую очередь от состояния кожи, ее влажности, чистоты, наличия кожных заболеваний, порезов, площади контакта с источником тока, а также от величины приложенного напряжения. [2]

Кожа первоначально препятствует проникновению тока, но при длительном воздействии или высоком напряжении кожа теряет свои изоляционные свойства и ток проникает в организм.

Ток, проходя через тело, вызывает выделение тепла в тканях, что приводит к ожогам. Это объясняется эффектом Джоуля-Ленца (1):

$$Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где Q — количество выделенного тепла, Дж

I — сила тока, А

R — сопротивление тканей, Ом

t — время воздействия, с

При поражении человека высоким напряжением на теле человека в месте протекания



тока возникают серьезные ожоги II и III степени.

1. Ожог – повреждение тканей вследствие протекания тока через место контакта к ЭУ, которая находится под напряжением, а также теплового воздействия электрической дуги при возникновении КЗ или попадания человека под действие электрической дуги.

2. Электрические знаки (электрометки) – специфические повреждения кожи в результате контакта с электрическим током. Они указывают на точку входа и выхода тока и помогают установить обстоятельства травмы и уточнить степень воздействия.

3. Металлизация кожи – процесс, при котором на поверхности кожи образуется слой металлических частиц или соединений, в результате воздействия высокого напряжения. В местах контакта электрического тока с кожей возникает высокая температура, которая способствует плавлению или испарению металла, который оставляет следы на коже. Такой участок кожи приобретает шероховатую поверхность (рисунок 4).

4. Электроофтальмия – повреждение глаз, вызванное воздействием электрического тока, в частности, интенсивного света дуги (УФ-излучения). УФ-лучи проникают в роговицу и вызывают ожог клеток эпителия, что приводит к воспалению, яркие вспышки электрического света могут также вызвать нагрев роговицы и, соответственно, это приводит к термическим ожогам самой роговицы. Поражение развивается через 4 часа после облучения глаз УФ-светом и, как правило, глаза восстанавливаются в течение 2-3 дней. В тяжелых случаях такой ожог может привести к частичной или полной потере зрения.

Что касается общих электротравм, к ним относят электрические удары – рефлекс человека на электрический ток, протекающий через его тело. Проявляются в судорожном сокращении мышц, нарушении деятельности сердца и органов дыхания.

Таблица 1 – Влияние электрического тока на организм человека

Сила тока, мА	Переменный ток	Постоянный ток
0,6-1,5	Легкое дрожание пальцев рук	Отсутствие выраженных ощущений
2-3	Сильное дрожание пальцев рук	Не вызывает заметных ощущений
5-7	Мышечные судороги	Зуд, нагревание в области воздействия
8-10	Сильные боли в руках, особенно в кистях и пальцах	Усиление нагревания
20-25	Полный паралич рук, оторвать их от электродов невозможно. Очень сильные боли. Затрудняется дыхание	Еще большее усиление нагревания, слабое сокращение мышц
50-80	Паралич дыхания. Начало аритмии	Сильное ощущение нагревания. Сокращение мышц рук, судороги.



		Затруднение дыхания
90-100	Паралич дыхания и сердца при воздействии более 0,1 с.	Паралич дыхания

Сила тока является основным фактором, определяющим степень поражения человека. При увеличении силы тока сопротивление тела человека снижается из-за местного нагрева кожи, который вызывает расширение сосудов, усиление кровоснабжения на этом участке. Пороговые значения тока представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Пороговые значения токов

№ п/п	Основные пороговые значения силы тока		Среднее значение тока
1.	Пороговый осязаемый ток	Наименьшее значение электрического тока, которое вызывает осязаемые раздражения. Этот ток не поражает человека, но может стать косвенной причиной несчастного случая (например, при работе на высоте).	0,5-1,5 мА
2.	Пороговые отпускающий ток	Наименьшее значение электрического тока, которое вызывает судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник, что делает невозможным самостоятельное освобождение человека от действия тока	10-15 мА
3.	Пороговый фибрилляционный (смертельно опасный) ток	Наименьшее значение электрического тока, который вызывает при прохождении через тело человека фибрилляцию сердца	100 мА – 5 А*

*Мгновенная остановка сердца при силе тока 5 А.

Напряжение прикосновения – напряжение, появляющееся при одновременном прикосновении к двум точкам проводников. Воздействие напряжения на тело человека также влияет на исход поражения, т.к. оно определяет значение силы тока, которая проходит через тело человека. Напряжение прикосновения увеличивается по мере удаления от места заземления. [3]

Постоянный ток считается примерно в 4-5 раз безопаснее переменного. Это



подтверждается сравнением пороговых значений осязаемого и не отпускающего токов для обоих видов. Однако такое утверждение верно лишь до напряжений 250-300 В и при превышении этого порога постоянный ток становится опаснее переменного частотой 50 Гц.

Для переменного тока важным фактором является его частота. С увеличением частоты полное сопротивление тела уменьшается, а при значениях частоты 10-20 кГц сопротивление наружного слоя кожи практически исчезает. Это приводит к увеличению тока, проходящего через тело, повышая риск поражения электричеством.

Самую большую опасность представляет ток частотой 50-1000 Гц. При повышении частоты опасность поражения уменьшается, а при частоте 45-50 кГц полностью исчезает. Такие токи представляют опасность лишь с точки зрения ожогов.

Рассмотрим, в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 безопасные значения тока при данном пути его протекания и длительности воздействия. Ток силой 1 мА, при длительном действии, является безопасным. Ток силой 6 мА, при продолжительности действия до 30 с также безопасен. Для меньших времен допустимы следующие значения, представленные в таблице 3. [4]

Таблица 3 – Длительно-допустимые токи

Длительность воздействия, с	Сила тока, мА
1,0	50
0,7	70
0,5	100
0,2	250

Состояние окружающей воздушной и макроматериальной сред существенным образом влияет на опасность поражения током. Сырость, токопроводящая пыль, едкие пары и газы, разрушающе действующие на изоляцию электроустановок, а также высокая температура окружающего воздуха понижают электрическое сопротивление тела человека, что ещё больше увеличивает опасность поражения его током. Воздействие тока на человека усугубляют также токопроводящие полы и близко расположенные к электрооборудованию металлические конструкции, имеющие связь с землей, так как в случае одновременного касания к этим предметам и корпусу электрооборудования, случайно оказавшемуся под напряжением, через человека пройдет ток опасной величины. [4]

Рассмотрев воздействие электричества на организм, рассмотрим главный вопрос: как же все-таки электричество убивает человека? Мы выяснили, что ток вызывает серьезные физические повреждения тканей человека. Теперь же давайте рассмотрим негативное влияние на клетки человека. Когда ток проходит через ткани, он вызывает электрический и термический

эффект внутри молекул, что приводит к разрушению биологических структур клетки. Одним из негативных эффектов воздействия тока является электролиз воды – разделение молекул воды на ионы водорода и гидроксид-анионы. Этот процесс изменяет кислотно-щелочной баланс в тканях, приводя к нарушениям функционирования клеток. При высоком токе возможно образование активных форм кислорода (свободных радикалов), они вызывают окислительный стресс, т.е. повреждение белков, липидов мембран и молекул ДНК (рисунок 1).

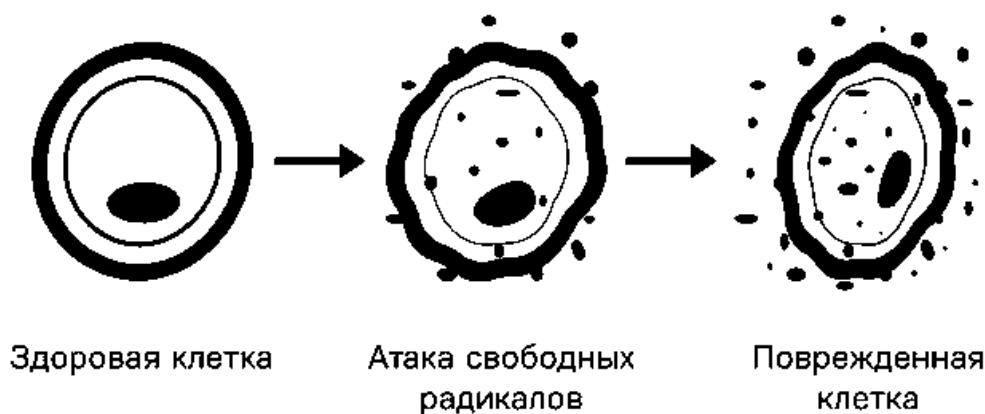


Рисунок 1 – Окислительный стресс

Электрический ток может непосредственно воздействовать на молекулы ДНК и РНК. При высоком напряжении происходит разрыв цепей ДНК и повреждение ее азотистых оснований. Это воздействие не только нарушает внутриклеточные процессы, но и активирует механизмы клеточной гибели – некроз тканей.

Ток может разрушать эритроциты. Их мембраны теряют целостность из-за разрушения белков, происходит утечка гемоглобина из клеток в плазму, в крови повышается уровень свободного гемоглобина. В свою очередь, это приводит к перегрузке почек и может вызвать почечную недостаточность и отказ. Также разрушение эритроцитов снижает способность крови переносить кислород, что приводит к гипоксии тканей. При этом нарушается работа сердца (сердечно-сосудистая гипоксия). Дыхательная гипоксия вызывает спазм или паралич дыхательной системы, следовательно, блокируются дыхательные движения, что приводит к недостатку кислорода.

К тому же, электрический ток увеличивает вязкость крови из-за повреждения белков и дальнейшего их слипания. На фоне данного процесса возникает тромбообразование, которое опасно тем, что тромбы могут закупорить крупные и мелкие сосуды сердца, легких и мозга.

Ток очень негативно действует на функционирование клеток, приводит к глубоким изменениям в их структуре. Гипоксия, как следствие от поражения током, запускает каскад повреждений в тканях, нарушая метаболизм. Из-за внутриклеточных повреждений внутренних



органов, возможен летальный исход. Он часто наступает из-за фибрилляции сердца, асфиксии (кислородного голодания) и повреждений мозга, реже из-за системного некроза и отказа почек.

В заключение хочется сказать, что электричество нужно уважать. Использование технологий должно идти «рука об руку» с осознанием их потенциальной опасности. Только обучаясь и соблюдая правила, можно свести риски к минимуму и наслаждаться всеми благами современного мира.

Список литературы:

1. О.П. Балашов, Электробезопасность. Учебное пособие для студентов всех форм обучения направления «Электроэнергетика и электротехника» / О.П. Балашов. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://edu.rubinst.ru>
2. Г.И. Беяков, Электробезопасность. Учебное пособие для СПО / Г.И. Беяков. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://azon.market>
3. Модуль 6. Защитные меры электробезопасности / Specialitet. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://specialitet.ru>
4. ГОСТ 12.1.038-82, Система стандартов безопасности труда Электробезопасность. Пределы допустимых значений напряжений прикосновения и токов / Межгосударственный стандарт. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://rybinsk.stds.ru>
5. Правила устройства электроустановок (Все действующие разделы 6-е и 7-е издания: по состоянию на 2024 год) / Energo-resurs. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://en-res.ru>