**ЛЕКЦИЯ 11**

**ОХРАНА ТУДА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

**ЧАСТЬ 3**

**ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ**

*Краткая характеристика производственного элепротравматизма*

Анализ современного состояния производственного электротравматизма и рекомендации по его предупреждению основываются на изучении сведений о количестве и причинах несчастных случаев на производстве, поступающих ежегодно от предприятий.

По данным многочисленных исследований, производственный электротравматизм сушественно зависит от характера производства и эффективности работы ЭРЦ предприятия. Это подтверждается данными электротравматизма, приведенными в табл. 1 [4].

Таблица 1

Количественные показатели электротравматизма в относительных единицах по видам производств

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Отрасль производственной деятельности | Количество электротравм на 1 млн рабочих | Доля электротравм в совокупности несчастных случаев, % |
| Электроэнергетика | 6,4 | 29 |
| Строительство, промышленность строи­тельных материалов | 2,4 | 11,3 |
| Химическая, нефтехимическая и газовая промышленость | 2,1 | 13,7 |
| Геологоразведка | 1.9 | 6 |
| Металлургическая промышленность | 1,6 | 9,5 |
| Угольная промышленность | 1,6 | 5 |
| Пищевая промышленность | 1,4 | 13 |
| Предприятия связи, автотранспорта и шоссейных дорог | 1,4 | 23 |
| Железнодорожный транспорт, транс­портное строительство | 1,5 | 13 |
| Сельское хозяйство | 1,25 | 9,3 |
| Местная промышленность и комму­нально-бытовые предприятия | 1,25 | 12,8 |
| Электротехническая промышленность | 1,25 | 14 |
| Машиностроение и судостроение | 1,1 | 10 |
| Морской и речной флот | 1,1 | 5 |
| Лесная, целлюлозно-бумажная, де­ревообрабатывающая и торфяная промышленность | 0,75 | 2 |
| Текстильная и легкая промышлен­ность | 0,6 | 17 |
| Торговля | 0,5 | 15 |
| Гражданская авиация | 0,25 | 4 |
| Культурно-просветительные медицинские и научные учреждения, учебные заведения | 0,4 | 21,3 |

Наибольший электротравматизм наблюдается в электроэнер­гетике, поскольку большинство работников этой отрасли не­посредственно занято обслуживанием электроустановок. Электробезопасность в химической, угольной и некоторых других отраслях промышленности, а также в строительстве немногим лучше.

Распределение случаев производственного элекфотравматизма по видам электроустановок приведено в табл. 2.

Из анализа данных (см. табл. 2) следует, что больше поло­вины всех несчастных случаев приходится на воздушные линии (ВЛ), трансформаторные подстанции (ТП) и распределительные устройства (РУ). Из них 75 % происходит при напряжении 6 и 10 кВ. Наибольшую опасность представляют ВЛ, расположенные на территории предприятий и строек. Примерно 60 % травм на линиях электропередачи обусловлено соприкосновением с ними автокранов, буровых вышек, лестниц и других крупнога­баритных объектов, т. е. фактически не связано с обслуживанием линий. Случаи поражения шаговым напряжением наиболее ха­рактерны под контактными сетями (в 8 раз выше среднего уров­ня). Из установок напряжением 380 и 220 В наиболее опасны пере­движные машины с электроприводом — насосы, транспортеры, погрузчики, бетономешалки, электрифицированные экскавато­ры и др. От 43 до 77 % несчастных случаев на передвижных уста­новках и на ручных электрифицированных машинах происходит вследствие появления напряжения на корпусе машины, но в сред­нем по всем установкам этой причиной обусловлено лишь 13 % травм.

Таблица 2

Производственный электротравматизм по видам электроустановок

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид электроустановки | Электро­травма­тизм, % | Вид электроустановки | Электро- травма- тизм, % |
| ВЛ (всего) | 33,4 | Машины электрофицированные (всего) | 14,8 |
| Из них: |  | Из них: |  |
| линии электропередач | 28,6 | передвижные | 12,0 |
| контакгные сети | 2,9 | переносные и ручные | 2,8 |
| линии связи | 1,9 | Установки сварочные (всего) | 5,8 |
| ТП и РУ (всего) | 22,7 | Из них ручные дуговые | 5,3 |
| Из них; |  | Установки нагреваль- ные | 3,3 |
| КТП и КРУ | 8,3 | Светильники (всего) | 4 |
| ЗРУ | 7,6 | Из них стационарные | 2,5 |
| Щиты, шкафы | 4,5 | Эле ктроподъе мники | 3,9 |
|  |  | Прочие | 12,1 |

Примечание. ТП — трансформаторная подстанция; РУ — распределитель­ное устройство; КТП — комплексная трансформаторная подстанция; КРУ — комплексное распределительное устройство; ЗРУ — закрытое распределитель­ное устройство; ВЛ — воздушные линии

О большой опасности электросварочных установок, а также передвижных машин с электроприводом и электрифицированных агрегатов можно судить и по приведенному ниже соотношению частоты электротравм, в относительных единицах, на некоторых установках, применяемых в промышленности.

Электродвигатели 1

Трансформаторы силовые 26

Электронасосы 22

Установки электросварочные;

ручные 180

контактные 50

Машины зерноочистительные и зерносушильные 150

Электрокраны 5

Бетономешалки 4

Комбайны угольные, горнопроходческие, завалочные 680

Буровые установки (только касание ВЛ) 50

Автомобильные краны (только касание ВЛ) 22

Статистика электротравматизма показывает, что чем моложе работники, тем выше у них частота электротравматизма (рис. 1). Каждую третью травму получают работники моложе 20 лет при ра­боте на оборудовании с электро­приводом, каждую четвертую — при обслуживании воздушных ли­ний, каждую шестую — при выпол­нении операций на электропровод­ках и светильниках, а также в транс­форматорной подстанции, при ра­боте с распределительным устрой­ством, распределительными шкафа­ми и щитами (работники в возрас­те 50 лет и старше — примерно 9 % электротравм).

Максимум травм приходится на электриков со стажем свыше 10 лет (рис.2) и с IV квалификационной группой по технике безопас­ности (рис. 3).

Высокий травматизм у квалифицированных опытных работни­ков объясняется тем, что им приходится выполнять основной объем электроопасных работ и, следовательно, вероятность попадания под напряжение у них больше, чем у работников с малым отгатом. Это свидетельствует о необходимости строжайшего соблюдения требований безопасности при обслуживании, ремонте и испыта­ниях электроустановок и электрических сетей промышленных пред­приятий.





*Виды электротравм*

**Поражающее действие электрического тока** на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Проходя через организм че­ловека, электрический ток производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое действие.

* **Термическое** действие электротока проявляется в ожогах от­дельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, нервов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства
* **Электролитическое** действие тока выражается в разложении органической жидкости, в том числе крови, что сопровождается значительными нарушениями их физико-химического состава.
* **Механическое** (динамическое) действие электротока выражается в расслоении, разрыве и других подобных повреждениях различных тканей организма, в том числе мышечной ткани, стенок кровеносных сосудов, сосудов легочной ткани и др., в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара от перегретой током тканевой жидкости и крови.
* **Биологическое** действие электротока проявляется и раздражении и возбуждении живых тканей организма, а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, протекающих в нормально действу­ющем организме и теснейшим образом связанных с его жизненными функциями.

Виды поражений электрическим током

**Электротравма** – травма, вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги. Указанное многообразие действия электрического тока на организм нередко приводит к различным электротравмам, которые сводятся к двум видам:

1. **Местные** электротравмы, когда возникает местное повреждение организма;
2. **Общие** электротравмы, так называемым электрическим ударам, когда поражается весь организм из-за нарушения нормальной деятельности жизненно важных органов и систем.

**Местная электротравма** – ярко выраженное местное нарушение целостности тканей тела, вызванное воздействием электротока или электродуги. Опасность местных электротравм и сложность их лечения зависят от места, характера и степени повреждения тканей, а также от реакции организма на это повреждение. Как правило, местные электро­травмы излечиваются, и трудоспособность пострадавшего восстанавливается полностью или частично.

**Характерные местные электротравмы** – электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения и электроофтальмия.

* **Электрический ожог** подразделяют на токовый (контактный) и дуговой.
* **Электрические знаки**, именуемые также знаками тока или электрическими метками, представляют собой резко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности тела человека, подвергшегося действию электротока.
* Металлизация кожи – проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги.
* **Механические повреждения** являются в большинстве случаев след­ствием резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы сухожилий, кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, вывихи суставов. Разумеется, что электротравмами не считаются травмы, вызванные падением с высоты, ушибами о предметы и т.п. в результате воздействия тока.
* **Электроофтальмия** (от греч. ophthalmos – глаз) представляет собой воспаление наружных оболочек глаз – роговицы и конъюнктивы (слизистой оболочки, покрывающей глазное яблоко), возникающее в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей, которые энергично поглощаются клетками организма и вызывают в них химические изменения. Такое облучение возможно при наличии электрической дуги, которая является источником интенсивного излучения не только видимого света, но и ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.
* **Электрический удар** – возбуждение живых тканей организма протекающим через него электрическим током, проявляющееся в непроизвольных судорожных сокращениях различных мышц тела.

Исход воздействия электротока на организм человека зависит от ряда факторов, в том числе от значения и длительности прохождения тока через тело, рода и частоты тока, а также от индивидуальных свойств человека. Электрический удар, даже если он не приводит к смерти, может вызвать серьезные расстройства в организме, которые проявляются сразу или через определенное время. В результате электрического удара могут возникнуть или обостриться сердечно-сосудистые заболевания (аритмия сердца, стенокардия, нарушения артериального давления и др.), а также нервные болезни (невроз, эндокринные нарушения и пр.).

Пороговые ощутимый, неотпускающий и фибрилляционный токи

Степень опасности действия на человека электрического тока зависит от его значения. Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека ощутимые раздражения, называется **ощутимым током**, а наименьшее значение этого тока называется **пороговым ощутимым током**. Человек начинает ощущать воздействие проходящего через него малого тока: в среднем около 1,1 мА при переменном токе частотой 50 Гц и около 6 мА при постоянном токе. Это воздействие при переменном токе проявляется слабым зудом и легким пощипыванием (покалыванием), а при постоянном токе ощущением нагрева кожи на участке, касающемся токоведущей части.

Пороговый ощутимый ток не может вызвать поражения человека, однако длительное (в течение нескольких минут) прохождение этого тока через человека может отрицательно сказаться на состоянии его здоровья. Кроме того, ощутимый ток может стать косвенной причиной несчастного случая, поскольку человек, почувствовав воздействие электротока, теряет уверенность в своей безопасности и может произвести неправильные действия. Особенно опасно неожиданное воздействие ощутимого тока при работах вблизи токоведущих частей на высоте и в других аналогичных условиях.

Электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник, называется **неотпускающим током**, а наименьшее его значение – **пороговым неотпускающим током**. Пороговые неотпускающие токи различны у мужчин, женщин и детей. Приближенные средние значения их составляют: для мужчин – 16 мА при 50 Гц и 80 мА при постоянном токе, для женщин – соответственно 11 и 50 мА, для де­тей – 8 и 40 мА.

**Фибрилляционный ток** – это электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца. Наименьшее его значение называется **пороговым фибрилляционным током**. Электроток 50 мА и более при 50 Гц, проходя через тело человека, рас­пространяет свое раздражающее действие на мышцы сердца, тем самым вызывая его хаотичное сокращение и остановку. При частоте 50 Гц фибрилляционными являются токи в пределах от 50 мА до 5 А, а среднее значение порогового фибрилляционного тока можно считать 300 мА. Ток больше 5 А как переменный, так и постоянный, вызывает немедленную остановку сердца, минуя состояние фибрилляции.

Основой организации безопасной эксплуатации электроустановок является высокая техническая грамотность и сознательная дисциплина обслуживающего персонала, который обязан строго соблюдать особые организационные и технические мероприятия, правила и нормы без­опасной работы в действующих электроустановках, а также приемы и очередность выполнения эксплуатационных операций.

*Классификация производственных помещений и причин электротравматизма*

В зависимости от тех или иных условий, повышающих опасность воздействия электротока на человека, разным помещениям присуща разная степень опасности поражения током – одним большая, другим меньшая. В соответствии с Правилами устройства электроустановок помещения в отношении опасности поражения людей электрическим током классифицируются следующим образом:

1. **Помещения без повышенной опасности**, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность. В таких по­мещениях относительная влажность воздуха менее 60%, отсутствуют высокая температура, токопроводящая пыль, химически активная или органическая среда, токопроводящие полы, возможность одновременного прикосновения к металлоконструкциям зданий, аппаратов, механизмов и к металлическим корпусам электрооборудования.

2. **Помещения с повышенной опасностью**, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

* сырость (относительная влажность воздуха более 75%) или токопроводящая пыль;
* токопроводящие полы (металлические, земляные, железо­бетонные, кирпичные и пр.);
* высокая температура (температура постоянно или периодически (более одних суток) превышает 35°С);
* возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, к технологическим аппаратам, механизмам и пр., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям) – с другой.

3. **Особо опасные помещения**, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

* особая сырость (относительная влажность воздуха близка к 100% – потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);
* химически активная или органическая среда (помещения, где содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения и плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования);
* одновременно два или более условий повышенной опасности.

Территория открытых электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается к особо опасным помещениям.

Таблица 3

**Классификация помещений по опасности поражения электрическим током**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Класс помещения | Среда | Характеристика среды |
| Без повышенной опасности | Нормальная | Сухой воздух, отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным, хи­мически и биологически активным средам.  Относительная влажность воздуха не превышает 60 % |
| С повышенной опасностью | Сырая | Относительная влажность воздуха длительное время превышает 75 % |
| Жаркая | Температура воздуха длительное время превышает плюс 35ºС |
| Пыльная | По условиям производства в воздух выделяется технологическая пыль в таком количестве, что может оседать на проводах, проникать внутрь ма­шин, аппаратов и т.д. Пыль подразде­ляется на проводящую и непроводя­щую |
| Особо опасные | Химически активная и биологичес­кая | По условиям производства в воздухе содержатся (постоянно и длительно) пары или образуются отложения, действующие разрушающие на изо­ляцию и токоведущие части электро­оборудования |
| Особо сырая | Относительная влажность близка к 100 % (потолок, стены, пол и пред­меты, находящиеся в помещении, покрыты влагой) |

Причины, влияющие на электротравматизм, подразделяют на технические, организационно-технические, организационные и организационно-социальные.

Наиболее распространенными техническими причинами элек­тротравм являются: дефекты устройства электроустановок и защитных средств (брак при их изготовлении, монтаже и ремон­те); неисправности электроустановок и защитных средств, воз­никшие в процессе эксплуатации; несоответствие типа элект­роустановки и защитных средств условиям применения; исполь­зование электроустановок, не принятых в эксплуатацию; ис­пользование защитных средств с истекшим сроком периоди­ческих испытаний.

К организационно-техническим относят: ошибки в производ­стве отключений электроустановки (отключение другой уста­новки, отключение не со всех сторон и т.д.); ошибочная пода­ча напряжения на электроустановку, где работают люди; отсут­ствие ограадений и предупредительных плакатов у места рабо­ты; допуск к работе на отключенные токоведущие части, без проверки отсутствия напряжения на них; нарушение порядка наложения, снятия и учета переносных заземлений; несвоевре­менную замену неисправного или устаревшего оборудования и др.

К организационным причинам относят: несоблюдение или не­правильное выполнение организационных мероприятий безопас­ности; недостаточную обученность персонала (лиц электротехни­ческого и неэлектротехнического персонала); неправильное офор­мление работы; несоответствие работы заданию; нарушение по­рядка допуска бригады к работе; некачественный надзор во время работы и лр.

К организационно-социальным относят: допуск к работе в элек­троустановках лиц моложе 18 лет; привлечение к работе лиц, не оформленных приказом о приеме на работу в организацию; несо­ответствие выполняемой работы специальности; выполнение ра­боты в сверхурочное время; нарушение производственной дис­циплины; игнорирование правил техники безопасности квали­фицированным персоналом.

Анализ статистики электротравм показывает, что попадание людей под напряжение происходит по следующим причинам: прикосновение к открытым токоведущим частям, находящим­ся под напряжением — 56 %; прикосновение к металлическим частям оборудования, оказавшимся под напряжением в резуль­тате повреждения изоляции — 22 %; прикосновение к неметал­лическим предметам и частям оборудования, оказавшимся под напряжением (прикосновение к токоведущим частям, покры­тым изоляцией, потерявшей свои изоляционные свойства; ка­сание токоведущих частей предметами с низким сопротивле­нием — 17 %; соприкосновение с полом, стенами и конструк­тивными деталями помещений, оказавшимися под напряже­нием вследствие повреждения изоляции, поражение напря­жением шага — 3 % и поражение через электрическую дугу — 2 %.

Сибикин Ю. Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий: Учебник для нач. проф. образования / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 240 с.