

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**М. В. ШЕВЧЕНКО, П. П. ПРОЦЕНКО,  
Е. С. ДУБКОВА**

# ***ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ***

***УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ***

Благовещенск  
Дальневосточный ГАУ  
2023

УДК 331.4  
ББК 31.29н  
ШЗ1

**Рецензент**

*Игорь Анатольевич Худоногов,  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры электроэнергетики транспорта  
Иркутского государственного университета путей сообщения*

*Рекомендовано к использованию в учебном процессе  
методическим советом электроэнергетического факультета  
Дальневосточного государственного аграрного университета*

**ШЗ1** **Шевченко, М. В. Электробезопасность : учебное пособие /**  
М. В. Шевченко, П. П. Проценко, Е. С. Дубкова ; Дальневост. гос.  
аграр. ун-т. – Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2023. – 191 [1] с.

**ISBN 978–5–9642–0579–1**

Учебное пособие подготовлено в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования и рабочей программой по дисциплине «Электробезопасность». Содержит методику выполнения и задания для практических занятий по темам дисциплины, охватывающим различные аспекты организации работы и использования электроустановок. Для контроля усвоения материала по каждой теме приведены варианты тестовых заданий и вопросы для самостоятельной работы.

Учебное пособие предназначено для обучающихся очной и заочной форм обучения по направлениям бакалавриата 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 35.03.06 «Агроинженерия».

УДК 331.4  
ББК 31.29н

ISBN 978–5–9642–0579–1 © Шевченко М. В., Проценко П. П., Дубкова Е. С.,  
2023  
© ФГБОУ ВО Дальневосточный  
государственный аграрный университет, 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
Практическое занятие № 1. Нормативные документы по электробезопасности..	6
Практическое занятие № 2. Воздействие электрического тока на организм человека.....	14
Практическое занятие № 3. Средства защиты, используемые в электроустановках.....	69
Практическое занятие № 4. Устройство электроустановок.....	80
Практическое занятие № 5. Требования к работникам, допускаемым к выполнению работ в электроустановках .....	95
Практическое занятие № 6. Порядок и условия производства работ в электроустановках.....	110
Практическое занятие № 7. Расчет заземляющего устройства .....	127
Практическое занятие № 8. Расчет молниезащиты зданий и сооружений ...	145
Практические занятия № 9. Оказание первой помощи пострадавшим от электрического тока .....	160
Список рекомендуемой литературы.....	174
Приложение А. Значения удельных сопротивлений грунтов .....	176
Приложение Б. Признаки климатических зон и значения климатического коэффициента .....	177
Приложение В. Исходные данные для расчет.....	1769
Приложение Г. Допустимые (нормативные) значения сопротивления защитного заземления в электрических сетях .....	180
Приложение Д. Значения коэффициентов использования горизонтальных электродов.....	181
Приложение Е. Значения коэффициентов использования вертикальных электродов.....	182

Приложение Ж. Классификация объектов по категориям молниезащиты ...	183
Приложение З. Классификация взрывоопасных и пожароопасных зон.....	184
Приложение И. Примерные конструктивные характеристики зданий в зависимости от степени их огнестойкости .....	186
Приложение К. Данные по расчету зоны защиты молниеотвода .....	187
Приложение Л. Варианты задания для расчета одиночного стержневого молниеотвода .....	188
Приложение М. Варианты задания для расчета одиночного тросового молниеотвода .....	189
Приложение Н. Универсальная схема оказания первой помощи на месте происшествия.....	190

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящее учебное пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Электробезопасность» и предназначено для обучающихся очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и очной формы обучения по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

Пособие способствует формированию у студентов бакалавриата навыков безопасности труда при эксплуатации электроустановок до и выше 1 кВ, предупреждения электротравматизма на промышленных предприятиях, а также изучению специальных вопросов, знание которых необходимо при эксплуатации электроустановок в системах электроснабжения.

Представленный материал содержит общие сведения, методические указания к выполнению практических заданий, а также перечень необходимой литературы ко всем работам. После каждой работы содержится тестовый материал для проверки знаний по изученной теме и вопросы для самостоятельного изучения.

В пособии изложены сведения нормативных документов, регулирующих электробезопасность; вопросы воздействия электрического тока на организм человека; оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока.

Рассмотрены средства защиты, используемые в электроустановках; требования к работникам, допускаемым к выполнению работ в электроустановках. Приведены методики расчета заземляющего устройства и молниезащиты.

Настоящее учебное пособие является составной частью дисциплины «Электробезопасность». Приведенные нормы и методики соответствуют требованиям, изложенным в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ), Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП), Правилах техники безопасности (ПТБ).

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1.**

### **НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ**

**Цель занятия** – изучить основные положения нормативных документов, используемых при эксплуатации электроустановок потребителей; структуру межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок.

#### **Теоретический материал**

В нашей стране для решения вопросов проектирования, монтажа и эксплуатации электрооборудования создана система взаимосвязанных правил, норм и положений, приводимых в нормативных документах. Основными нормативными правовыми актами, содержащими государственные стандарты и требования по электробезопасности в сельском хозяйстве являются:

**1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ)** – определяют порядок выбора электрооборудования, требования к устройству электроустановок и проведению испытаний. В них даются термины, определения и классификация электроустановок и электроприемников; требования по выбору проводов, кабелей, электрических аппаратов, измерительных приборов; рекомендации по обеспечению безопасности обслуживающего персонала. Для всего основного электрооборудования установлены объем, виды и нормы приемо-сдаточных испытаний, а также порядок проведения и оформления результатов испытаний.

**2. Строительные нормы и правила (СНиП)** устанавливают основные требования к организации, управлению, порядку и нормам проектирования; производству и приемке строительных и монтажных работ; нормам затрат материальных и людских ресурсов.

Правила по производству и приемке монтажных работ в электротехнических установках изложены в Своде правил (СП) 76.13330.2016 «Электротехнические устройства», где даны основные требования к хранению основных видов электрооборудования, подготовке и сдаче объектов в монтаж, общему порядку выполнения электромонтажных работ, передаче электрооборудования под наладку и представлению документации к приему рабочей комиссией. Изложены правила выполнения и приемки монтажных работ по отдельным видам электрооборудования. Кроме строительных норм и правил, порядок, методы и способы выполнения работ по монтажу электрооборудования регламентируются общероссийскими и ведомственными инструкциями.

**3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП)** определяют задачи и обязанности персонала по эксплуатации электрооборудования; порядок выполнения работ при эксплуатации и ремонте электрооборудования общего назначения и специальных электроустановок, а также сроки, объем и нормы испытаний электрооборудования, находящегося в эксплуатации. Правила обязательны для всех потребителей, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. Эксплуатация электроустановок потребителей может производиться по специальным правилам и местным инструкциям, если они не противоречат правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей и не ослабляют их требований.

4. Вопросы учета и расчетов за электрическую энергию регламентируются **Правилами учета электрической энергии**. Правила содержат основные положения по учету электрической энергии при ее производстве, передаче, распределении и потреблении на действующих, вновь сооружаемых и реконструируемых электроустановках, а также при эксплуатации средств учета. В них включены нормативно-технические документы, определяющие порядок взаимоотношений энергоснабжающей организации и потребителей в вопросах учета электроэнергии, отражена взаимосвязь этих документов.

---

**5. Правила пользования электрической и тепловой энергией (ППЭ и ТЭ)** определяют взаимоотношения энергоснабжающих организаций с потребителями при пользовании электрической энергией, например, условия присоединения электроустановок потребителей к сетям энергоснабжающих организаций, режимы потребления, требования по поддержанию необходимых параметров электроэнергии, условия прекращения подачи электроэнергии. В настоящее время дополнительно к данным правилам используются **Методические рекомендации по регулированию отношений между энергоснабжающей организацией и потребителями.**

6. Расследование и учет нарушений в работе электроустановок потребителей производится по **Типовой инструкции по расследованию и учету нарушений в работе объектов энергетического хозяйства потребителей электрической и тепловой энергии.** Расследование электротравматизма, происходящего на объектах, подконтрольных Ростехнадзору, производится в соответствии с действующими документами о расследовании и учете несчастных случаев на производстве.

**7. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках,** распространяется на средства защиты, используемые в электроустановках организаций, независимо от форм собственности и организационно-правовых форм, индивидуальных предпринимателей, а также граждан-владельцев электроустановок напряжением выше 1кВ, и устанавливает классификацию и перечень средств защиты, объем, методики и нормы испытаний; порядок пользования ими и содержания их, а также нормы комплектования средствами защиты электроустановок и производственных бригад.

8. Требования к качеству электроэнергии на зажимах электроприемников потребителей регламентируются **ГОСТ 32144–2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».**

Стандарт устанавливает нормальные и максимальные пределы изменения по отдельным показателям качества электроэнергии. Так, отклонения напряжения на входах электроустановок потребителей, получающих питание от электрических сетей, не должны превышать 5 и 10 % соответственно; отклонения частоты – 0,02 и 0,04 %, коэффициент несинусоидальности формы кривой напряжения – 5 и 10 % соответственно.

**9. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (МПОТ)** устанавливают требования безопасного оперативного обслуживания и правила производства работ в электроустановках. В документе содержатся порядок выполнения организационных и технических мероприятий; правила техники безопасности при обслуживании электродвигателей, коммутационных аппаратов и комплектных распределительных устройств, при работах на кабельных и воздушных линиях электропередачи, при проведении испытаний и измерений электрооборудования и др.

**Рассмотрим структуру МПОТ.** В *вводной части* Правил даны термины и список сокращений, применяемых в Правилах. В *общих положениях* указана область и порядок применения Правил. В *основной части* рассмотрены основные требования к персоналу электроустановок, оперативному обслуживанию, порядку и условиям производства работ. Даны организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках. Изложены общие положения по мерам безопасности при выполнении отдельных видов работ на элементах электроустановок. Указаны средства связи, диспетчерского и технологического управления. Изложен порядок допуска персонала строительного-монтажных организаций к работам в действующих электроустановках. В *заключительной части* приведены десять приложений по документации, используемой при эксплуатации электроустановок и формам различных удостоверений.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные нормативные правовые акты, содержащие государственные стандарты и требования по электробезопасности в сельском хозяйстве.
2. Что определяют Правила устройства электроустановок (ПУЭ)?
3. Что устанавливают Строительные нормы и правила (СНиП)?
4. Какие требования изложены в Правилах по производству и приемке монтажных работ в электротехнических установках?
5. Что определяют Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП)?
6. На какие объекты распространяется Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках?
7. В каком документе изложены требования к качеству электроэнергии на зажимах электроприемников потребителей?
8. Что устанавливают Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (МПОТ)?
9. Что входит в структуру Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок (МПОТ)?

### **Тестовые вопросы**

- 1. На кого распространяются Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок?**
  - а) на работников промышленных предприятий, в составе которых имеются электроустановки;
  - б) на работников организаций, независимо от форм собственности и организационно-правовых форм, и других физических лиц, занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих испытания и измерения;

в) на работодателей – юридических и физических лиц, независимо от их организационно-правовых форм, и работников из числа электротехнического, электротехнологического и неэлектротехнического персонала;

г) на работников всех организаций, независимо от формы собственности, занятых техническим обслуживанием электроустановок и выполняющих в них строительные, монтажные и ремонтные работы.

**2. Сколько человек должно быть в комиссии по проверке знаний электротехнического персонала?**

- а) не менее трех человек;
- б) не менее четырех человек;
- в) не менее пяти человек;
- г) правилами не регламентируется.

**3. Что является определением термина «инструктаж целевой»?**

а) указания по безопасному выполнению конкретной работы в электроустановке, охватывающие категорию работников, определенных нарядом или распоряжением, от выдавшего наряд, отдавшего распоряжение до члена бригады или исполнителя;

б) указания по безопасному выполнению конкретной работы в электроустановке для членов бригады или исполнителей;

в) указания по безопасному выполнению разовых работ, несвязанных с прямыми должностными обязанностями по специальности.

**4. Каким образом оформляются результаты проверки знаний персонала по электробезопасности?**

а) результаты проверки заносятся в журнал установленной формы; персоналу, успешно прошедшему проверку знаний, выдается удостоверение установленной формы;

б) результаты проверки заносятся в журнал установленной формы;

в) результаты проверки оформляются протоколом установленной формы; персоналу, успешно прошедшему проверку знаний, выдается удостоверение установленной формы;

г) результаты проверки заносятся в трудовую книжку и в удостоверение установленной формы, которое выдается персоналу, успешно прошедшему проверку знаний.

**5. В каком случае удостоверение о проверке знаний правил работы в электроустановках подлежит замене?**

- а) по истечении срока действия группы по электробезопасности;
- б) в случае утери удостоверения;
- в) при повышении группы по электробезопасности;
- г) в случае изменения должности.

**6. За что несут персональную ответственность работники, непосредственно обслуживающие электроустановки?**

а) за несвоевременное и неудовлетворительное техническое обслуживание электроустановок;

б) за нарушения, произошедшие по их вине, а также за неправильную ликвидацию ими нарушений в работе электроустановок на обслуживаемом участке;

в) за нарушения в работе, вызванные низким качеством ремонта;

г) за нарушения в эксплуатации электротехнологического оборудования.

**7. Какие из перечисленных мероприятий необходимо учитывать при оформлении перечня работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации?**

а) только условия безопасности и возможности единоличного выполнения конкретных работ;

б) только квалификацию персонала;

в) только степень важности электроустановки в целом или ее отдельных элементов в технологическом процессе;

г) необходимо учитывать все перечисленные мероприятия.

**8. Какая ответственность предусмотрена за нарушение правил и норм при эксплуатации электроустановок?**

а) уголовная;

б) административная;

в) дисциплинарная;

г) в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

**9. Когда проводится внеочередная проверка знаний персонала?**

а) при введении в действие у потребителя новых или переработанных норм и правил;

б) по требованию органов государственного надзора и контроля;

в) при проверке знаний после получения неудовлетворительной оценки;

г) при перерыве в работе в данной должности более шести месяцев;

д) в любом из перечисленных случаев.

**10. Кто должен выполнять уборку помещений распределительных устройств и очистку электрооборудования?**

а) обученный персонал с соблюдением правил безопасности;

б) оперативно-ремонтный персонал, обслуживающий данную установку;

в) ремонтный персонал с группой по электробезопасности не ниже IV.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2.**  
**ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА**  
**НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

**Цель занятия** – изучить воздействие электрического тока на организм человека.

**Теоретический материал**

Прикоснувшись к проводнику, находящемуся под напряжением, человек «включает» себя в электрическую цепь, если он плохо изолирован от земли или одновременно касается объекта с другим значением потенциала.

В этом случае через тело человека проходит электрический ток, который оказывает специфическое действие на организм: термическое, электролитическое, механическое и биологическое.

При **термическом действии** происходит перегрев и функциональное расстройство органов на пути прохождения тока.

**Электролитическое действие** тока выражается в электролизе жидкости в тканях организма, в том числе крови, и нарушении ее физико-химического состава.

**Механическое действие** приводит к разрыву тканей, расслоению, ударному действию, испарению жидкости из тканей организма. Механическое действие связано с сильным сокращением мышц, вплоть до их разрыва.

**Биологическое действие** тока выражается в раздражении и перевозбуждении нервной системы.

В Правилах устройства электроустановок (пп.1.7.11–1.7.14) касание человеком проводов и конструкций, находящихся под напряжением, разделяют на прямое и косвенное прикосновение.

**Прямое прикосновение** – это электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением.

**Косвенное прикосновение** – это электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.

Человек, находящийся в зоне растекания тока и касающийся при этом корпуса оборудования, оказывается под напряжением прикосновения (п. 1.7.24 ПУЭ).

**Напряжение прикосновения** – это напряжение, возникающее между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного.

Находясь в зоне растекания тока замыкания на землю, человек оказывается под напряжением шага (п. 1.7.25 ПУЭ).

**Напряжение шага** – это напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии одного метра одна от другой, которое принимается равным длине шага человека.

Несоблюдение персоналом, эксплуатирующим электроустановки, правил электробезопасности может привести к поражению электрическим током и различным электротравмам. Различают два вида электротравм: местные электротравмы и общие электротравмы (электрический удар).

**Местная электротравма** – это четко выраженное местное повреждение целостности тканей организма, в том числе костных тканей, вызванное действием электрического тока или электрической дугой. К местным электротравмам относятся электрические ожоги, электрические знаки, электрометаллизация кожи, механические повреждения, электроофтальмия.

**Электрический удар** – возбуждение живых тканей организма протекающим через него электрическим током, сопровождающееся произвольными судорожными сокращениями мышц.

**В зависимости от исхода поражения электрические удары делятся на четыре степени:**

*I – судорожное сокращение мышц без потери сознания;*

*II – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранением дыхания и работой сердца;*

*III – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (или того и другого вместе);*

*IV – клиническая смерть, то есть отсутствие дыхания и кровообращения (переходное состояние от жизни к смерти, наступающее с момента прекращения деятельности сердца и легких); у человека при этом отсутствуют все признаки жизни; однако в первый момент во всех клетках продолжают обменные процессы (клеточное дыхание), хотя и на очень низком уровне, но воздействуя на сердце и легкие можно оживить организм.*

Длительность клинической смерти определяется временем с момента прекращения сердечной деятельности и дыхания до начала гибели клеток коры головного мозга, в большинстве случаев она составляет 4–6 минут (редко 7–8 минут).

Характер и последствия поражения обуславливаются рядом факторов, влияющих на исход поражения.

**Главным и определяющим фактором воздействия электрического тока на тело человека является сила тока.** Предельно допустимая неощутимая величина переменного тока 0,3 мА. Эта величина считается **условно безопасной**.

Человек начинает ощущать воздействие проходящего через него тока при увеличении силы тока до 0,6–1,6 мА для переменного тока частотой 50 Гц и 5–7 мА для постоянного тока. Эти значения называются **пороговыми ощутимыми токами**. Для переменного тока характер ощущения проявляется в виде

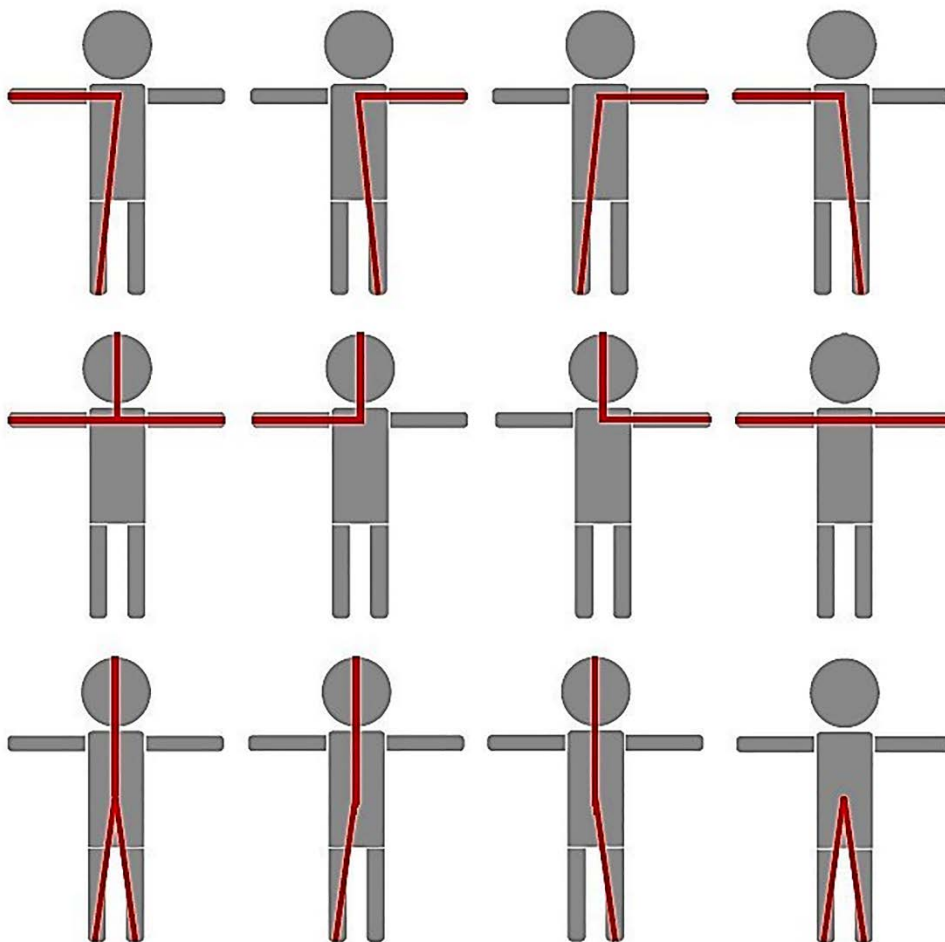
пощипывания, легкого дрожания пальцев, для постоянного тока – в виде зуда, ощущения нагрева.

При увеличении силы тока до 10 мА для переменного тока и 50 мА постоянного тока возникает второе пороговое значение – **неотпускающий или удерживающий ток**. При этом происходит судорожное сокращение мышц, и человек не в состоянии самостоятельно освободиться от действия тока (разжать пальцы и отпустить токопровод, за который он взялся).

При значениях переменного тока 100 мА, а постоянного 300 мА его воздействие передается непосредственно на мышцу сердца. При длительности воздействия 0,5 секунды может наступить остановка или фибрилляция сердца. Это третье пороговое значение токов – **фибрилляционный ток**.

Как следует из сравнения пороговых значений токов, одни и те же воздействия вызываются большими значениями постоянного тока, чем переменного. Следовательно, переменный ток более опасен, чем постоянный. Однако, даже небольшой постоянный ток (ниже порога ощущения) при быстром разрыве цепи дает очень сильные удары, вплоть до судорог мышц рук. Также установлено, что в электроустановках с уровнем напряжения выше 500 В опаснее постоянный ток. Наибольшую опасность представляет переменный ток частотой от 20 до 1 000 Гц. При частотах ниже 20 Гц и выше 1 000 Гц опасность поражения уменьшается, так как величины предельно допустимых неотпускающих токов изменяются от значения 20 мА в большую сторону.

Большое значение имеет **путь прохождения электрического тока через тело человека**, то есть какими частями или участками тела человек касается токоведущей части. Основные «петли тока»: рука – рука, рука – нога, рука – голова, нога – нога, голова – нога. Наиболее опасны те пути, при которых электрический ток проходит через жизненно важные органы – головной или спинной мозг (голова – рука, голова – нога), сердце и легкие (рука – нога) (рис. 2.1).



**Рисунок 2.1 – Пути прохождения тока через тело человека**

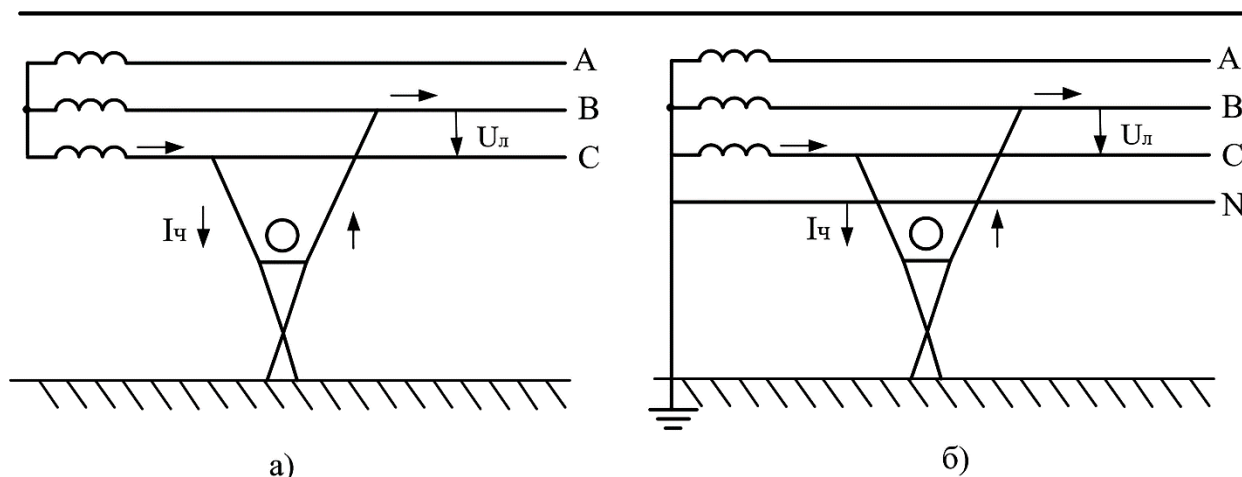
Степень опасности и исход поражения электрическим током зависят от **схемы «включения» человека в электрическую цепь**. Возможны два варианта прикосновения человека к сети: *между двумя фазами (двухфазное) и между фазой и нулевой точкой (однофазное)*.

Наибольшую опасность представляет двухфазное прикосновение (рис. 2.2). При двухфазном прикосновении человек попадает под линейное (рабочее) напряжение сети и величина тока, проходящего через тело человека, зависит только от напряжения сети и сопротивления тела человека:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}}} \quad (2.1)$$

где  $U_{\text{л}}$  – линейное напряжение сети, В;

$R_{\text{ч}}$  – условное сопротивление тела человека, составляющее 1 000 Ом.



а) сеть с изолированной нейтралью; б) сеть с глухо заземленной нейтралью

**Рисунок 2.2 – Схема двухфазного включения человека в электрическую сеть**

При однофазном включении в сеть с изолированной нейтралью (рис. 2.2, а), ток, проходящий через тело человека, возвращается к источнику через сопротивление изоляции фазных проводов, которое имеет большую величину. При этом величина тока, проходящего через человека, определяется по формуле (2.2):

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{п}} + \left(\frac{R_{\text{из}}}{3}\right)} \quad (2.2)$$

где  $U_{\text{ф}}$  – фазное напряжение, В;

$R_{\text{ч}}$  – сопротивление тела человека, Ом;

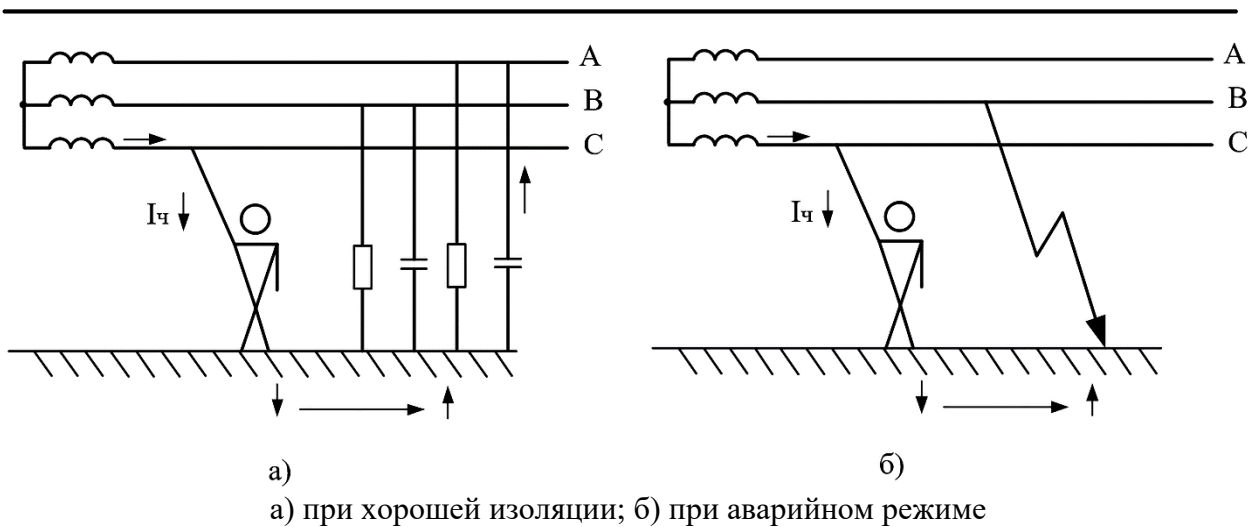
$R_{\text{об}}$  – сопротивление обуви, Ом;

$R_{\text{п}}$  – сопротивление пола, Ом;

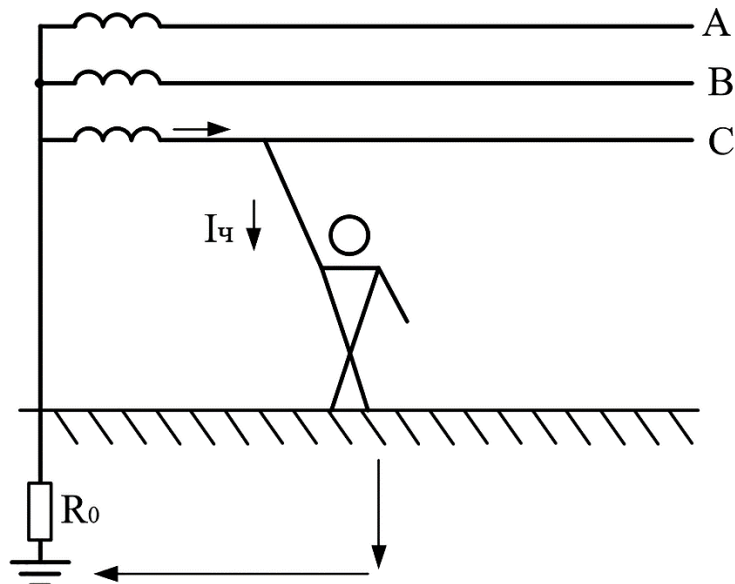
$R_{\text{из}}$  – сопротивление изоляции фаз, Ом.

В аварийном режиме (рис. 2.3, б), когда одна из фаз замыкает на землю или корпус оборудования, или сопротивление изоляции мало, человек может оказаться под полным линейным напряжением.

При однофазном включении в сеть с заземленной нейтралью (рис. 3) человек попадает под фазное напряжение независимо от величины сопротивления изоляции фаз.



**Рисунок 2.3 – Схема однофазного включения в сеть с изолированной нейтралью**



**Рисунок 2.4 – Схема однофазного включения в сеть с заземленной нейтралью**

Величина тока, проходящего через человека, в этом случае определяется по формуле (2.3):

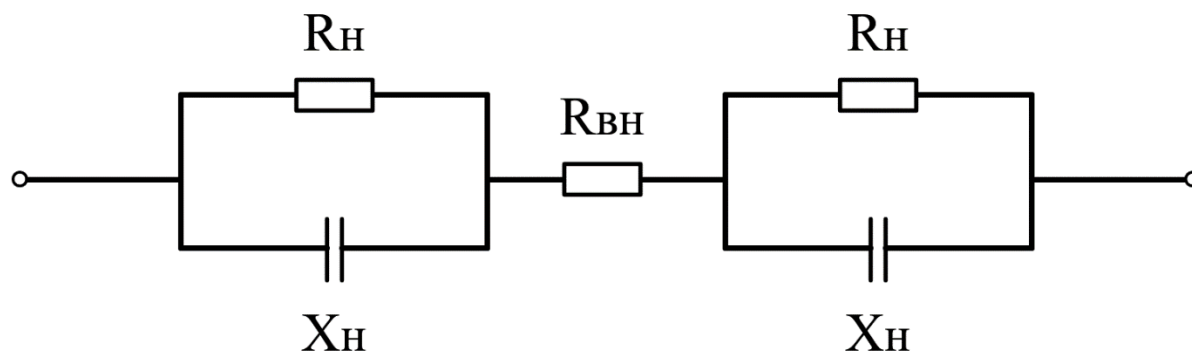
$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{п}} + R_0} \quad (2.3)$$

где  $R_0$  – сопротивление заземления нейтрали, Ом.

Электрическое сопротивление тела и приложенное напряжение также влияют на исход поражения, поскольку определяют величину тока через

организм. Сопротивление тела человека обусловлено не только физическими свойствами, но психоэмоциональным состоянием.

Сопротивление тела человека электрическому току складывается из трех составляющих: *сопротивления кожи (в местах контактов), внутренних органов и емкости человеческого кожного покрова* (рис. 2.5).



$R_H, X_H$  моделируют сопротивление кожи;  
 $R_{BH}$  моделирует сопротивление внутренних тканей и органов тела человека

**Рисунок 2.5 – Эквивалентная подробная схема замещения сопротивления тела человека**

Активное сопротивление наружного слоя можно рассчитать по формуле (2.4):

$$R_H = \frac{\rho_H \cdot d}{S} \quad (2.4)$$

где  $\rho_H$  – удельное сопротивление наружного слоя кожи (104–105 Ом/м);  
 $d$  – толщина кожи, м;  
 $S$  – площадь электрода, м<sup>2</sup>.

Емкостное сопротивление  $X_H$  обусловлено тем, что в месте соприкосновения тела с токоведущей частью (электродом) образуется как бы конденсатор, обкладками которого являются электрод и хорошо проводящие внутренние ткани тела, а диэлектриком – разделяющий обкладки конденсатора, наружный слой кожи:

$$X_H = \frac{1}{\omega \cdot C_H}, \quad (2.5)$$

$$\omega = 2\pi f, \quad (2.6)$$

---

$$C_H = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d} \quad (2.7)$$

где  $\omega$  – угловая частота;

$f$  – частота, Гц;

$C_H$  – емкость плоского конденсатора, Ф;

$\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость;

$\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная (равна  $8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м).

Таким образом, полное сопротивление тела человека определяется выражением (2.8):

$$Z_h = \sqrt{\frac{4R_3(R_3 + R_{вн})}{1 + \omega^2 C_3^2 R_3^2}} + R_{вн}^2 \quad (2.8)$$

Сопротивление тела у различных людей (мужчин, женщин, детей), измененное в разное время и в различных условиях, неодинаково. Расчетное сопротивление тела человека составляет 1 000 Ом.

**Сопротивление тела человека зависит от многих факторов:**

1) *места приложения электродов;*

2) *площадь касания* – с увеличением площади касания сопротивление уменьшается;

3) *величина тока и время его прохождения* – сопротивление уменьшается при увеличении тока и времени его прохождения, что связано с нарушением процессов терморегуляции в организме: за счет усиления местного нагрева кожи и внутренних органов сосуды расширяются, усиливается снабжение этих участков кровью, что увеличивает выделение пота; сопротивление влажной кожи уменьшается, ток еще более возрастает, усиливая нагрев и т. д.;

4) *приложенное напряжение* – повышение напряжения уменьшает сопротивление тела человека в десятки раз: во-первых, за счет нарушения процессов терморегуляции из-за увеличения тока; во-вторых, за счет развития процессов пробоя кожи при величине приложенного напряжения выше 50 В; при этом величина сопротивления  $Z_h$  стремится к значению  $R_{вн} = 300\text{--}500$  Ом.

---

**На электробезопасность влияют многие факторы окружающей производственной среды, состояние электропомещений.**

**Электропомещения** – помещения или отгороженные (например, сетками) части помещения, в которых расположено электрооборудование, доступное только для квалифицированного обслуживающего персонала. **В ПУЭ (пп. 1.1.5–1.1.12) приведена следующая классификация помещений:**

**1) сухие помещения** – помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60 %;

**2) влажные помещения** – помещения, в которых относительная влажность воздуха более 60 %, но не превышает 75 %;

**3) сырые помещения** – помещения, в которых относительная влажность воздуха превышает 75 %;

**4) особо сырые помещения** – помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);

**5) жаркие помещения** – помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура постоянно или периодически (более суток) превышает 35 °С (например, помещения с сушилками, обжигательными печами, котельные);

**6) пыльные помещения** – помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, которая может оседать на токоведущих частях, проникать внутрь машин, аппаратов и т. д; пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью и помещения с нетокопроводящей пылью;

**7) помещения с химически активной или органической средой** – помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости; образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

---

**Согласно ПУЭ все производственные помещения по опасности поражения электрическим током подразделяются на три категории:**

*1) помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;*

*2) помещения с повышенной опасностью; характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:*

а) высокая температура;

б) сырость;

в) токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. д.);

г) токопроводящая пыль;

д) возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т. д., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

*3) помещения особо опасные, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:*

а) особая сырость;

б) химически активная или органическая среда;

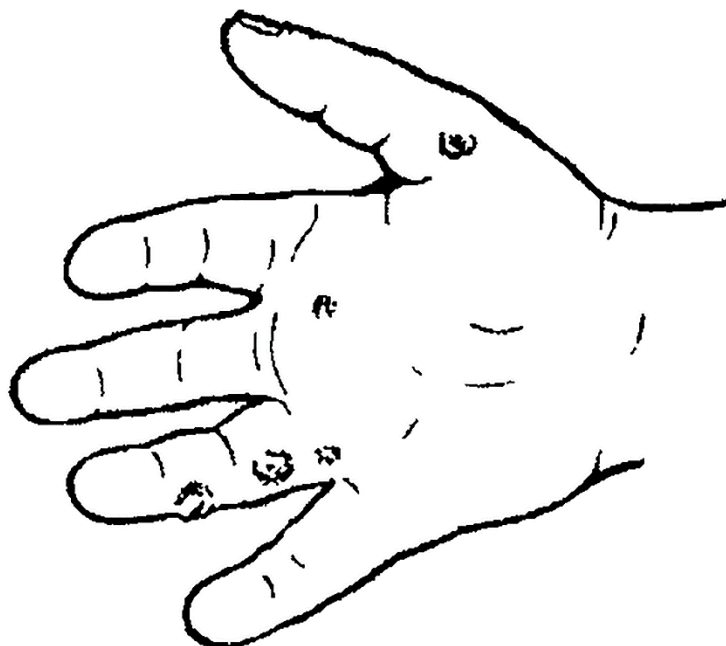
в) одновременно два и более условий повышенной опасности.

Территории открытых электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

### **Практические задания**

1. Запишите и зарисуйте наиболее опасные схемы прохождения электрического тока.

2. Определите вид электротравмы и опишите ее особенности (рис. 2.6).



**Рисунок 2.6 – Определение вида электротравмы**

3. Запишите классификацию электрического тока в зависимости от последствий физиологического воздействия на организм человека.

4. Заполните таблицу, характеризующую особенности электрических ожогов (табл. 2.1).

**Таблица 2.1 – Виды и особенности электрических ожогов**

Вид электрического ожога	Понятие	Особенности электрического ожога

5. Что вызывает динамическое воздействие электрического тока?
6. Чему равна величина напряжения, опасная для жизни?
7. Запишите этапы электрического удара.
8. Как проявляются механические повреждения электрическим током?
9. Как влияют индивидуальные свойства организма человека на исход поражения электрическим током?
10. Чему равно сопротивление тела человека, принимаемое при расчетах?

11. Как влияет частота на поражение электрическим током и что происходит при ее увеличении и уменьшении?

### Задача 1

На воздушной линии электропередачи напряжением 35 кВ оборвался проводник и замкнулся на металлическую трубу, лежащую на земле. Находившийся вблизи человек оказался под напряжением шага. При этом он одной ногой стоял на торце (конце) трубы, а другой на земле по оси трубы на расстоянии шага от торца (рис. 2.6).

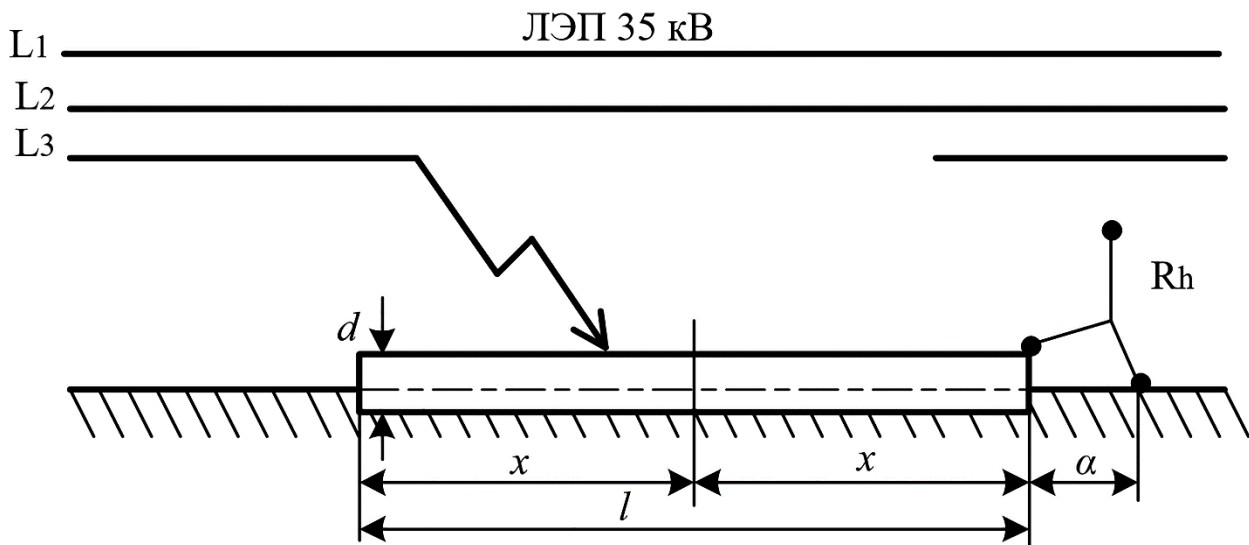


Рисунок 2.6 – Замыкание линейного проводника на протяженный заземлитель

**Дано:** линейное напряжение сети  $U_d = 35$  кВ; длина трубы  $l = 10$  м; диаметр  $d = 0,1$  м; длина воздушных линий ЛЭП  $L_B = 210$  км; удельное сопротивление грунта  $\rho_r = 150$  Ом·м; длина шага человека  $\alpha = 1$  м; сопротивление тела человека  $R_h = 1\ 000$  Ом.

**Требуется:** определить напряжение шага  $U_{ш}$ , В; определить ток через человека  $I_h$ , мА.

**Решение:**

1. Напряжение шага  $U_{ш}$  определяется по формуле (2.9):

---

$$U_{ш} = \varphi_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \quad (2.9)$$

где  $\beta_1$  – коэффициент шага;  
 $\beta_2$  – коэффициент сопротивления основания.

2. Потенциал на продольном заземлителе (на трубе)  $\varphi_3$  определяется формулой (2.10):

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \cdot \rho_{\Gamma}}{\pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot l}{d} \quad (2.10)$$

3. Ток замыкания на заземлитель находим из выражения (2.11):

$$I_3 = \frac{U_{\text{Л}}}{350} \cdot (L_{\text{В}} + 35 \cdot L_{\text{К}}) \quad (2.11)$$

где  $L_{\text{В}}$  – протяженность ЛЭП 35кВ (составляет 210 км);  
 $L_{\text{К}}$  – длина кабельной линии (принимается равной нулю);  
 $U_{\text{Л}}$  – линейное напряжение, кВ.

Тогда  $I_3 = \frac{35}{350} \cdot 210 = 21$  А.

4. Потенциал  $\varphi_3$  будет равен  $\varphi_3 = \frac{21 \cdot 150}{3,14 \cdot 10} \cdot \ln \frac{2 \cdot 10}{0,1} = 531$  В.

5. Коэффициент шага определяется по формуле (2.12):

$$\beta_1 = 1 - \frac{\varphi_{(x+a)}}{\varphi_3} \quad (2.12)$$

6. Потенциал основания  $\varphi_{(x+a)}$ , на котором одной ногой стоит человек на расстоянии шага  $a = 1$  м и  $x = 5$  м от центра трубы определим по формуле протяженного заземлителя (2.13):

$$\varphi_{(x+a)} = \frac{I_3 \cdot \rho_{\Gamma}}{2\pi \cdot l} \ln \frac{2(x+a) + l}{2(x+a) - l}, \quad (2.13)$$

Тогда  $\varphi_{(x+a)} = \frac{21 \cdot 150}{6,28 \cdot 10} \cdot \ln \frac{2 \cdot (5+1) + 10}{2 \cdot (5+1) - 10} = 120$  В.

7. Найдём значение коэффициента шага  $\beta_1 = 1 - \frac{120}{531} = 0,78$ .

8. Определим величину коэффициента сопротивления основания  $\beta_2$  по формуле (2.14):

Практическое занятие № 2.

Воздействие электрического тока на организм человека

$$\beta_1 = \frac{R_h}{R_h + R_H} \quad (2.14)$$

где  $R_H = 3\rho$  – сопротивление основания, на котором стоит человек.

$$\text{Тогда } \beta_2 = \frac{1000}{1000+3 \cdot 150} = 0,69.$$

9. Искомое напряжение шага составит  $U_{\text{ш}} = 531 \cdot 0,78 \cdot 0,69 = 286 \text{ В}$ .

10. Величина тока через человека равна:

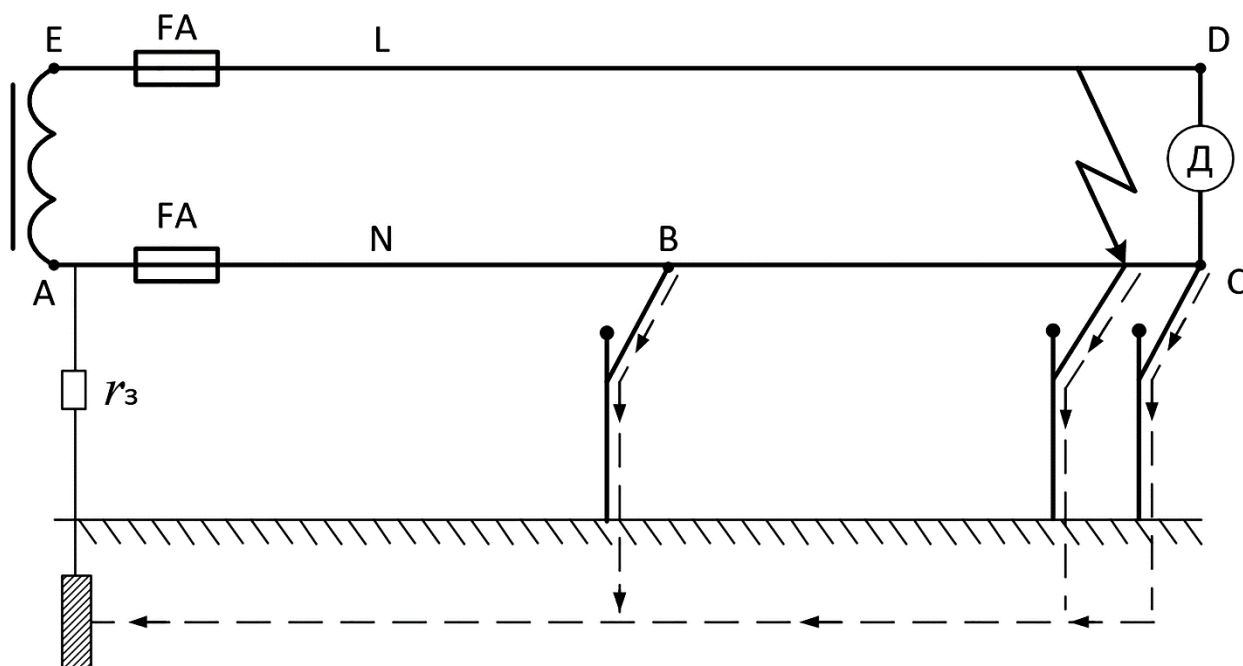
$$I_h = \frac{U_{\text{ш}}}{R_h + R_H} = \frac{286}{1000+3 \cdot 150} = 0,197 \text{ А} = 197 \text{ мА}, \text{ что больше } 100 \text{ мА}.$$

Таблица 2.2 – Исходные данные к задаче 1

Вариант	U <sub>л</sub> , кВт	l, м	d, м	L <sub>в</sub> , км	ρ <sub>г</sub> , Ом·м	α, м
1	2	3,0	4	5	6	7,0
1	35	10,0	0,120	150	400	1,0
2	35	9,0	0,095	215	150	0,9
3	35	8,5	0,080	165	380	0,85
4	35	9,4	0,150	210	210	0,95
5	35	12,0	0,130	115	200	1,2
6	35	11,2	0,098	100	395	0,75
7	35	8,6	0,125	160	170	1,0
8	35	9,5	0,110	200	180	0,9
9	35	10,5	0,105	205	250	0,85
10	35	11,0	0,100	180	370	0,95
11	35	8,5	0,088	175	375	1,2
12	35	9,4	0,090	185	290	0,75
13	35	10,0	0,085	190	190	1,0
14	35	12,0	0,095	195	300	0,9
15	35	11,2	0,080	210	310	0,85
16	35	10,8	0,150	115	400	0,95
17	35	9,6	0,130	100	150	1,2
18	35	8,4	0,098	160	380	0,75
19	35	9,0	0,125	200	210	1,0
20	35	7,8	0,110	205	200	0,9
21	35	11,0	0,105	180	395	0,85
22	35	10,5	0,100	175	170	0,95
23	35	11,6	0,088	185	180	1,2
24	35	12,0	0,090	190	250	0,75
25	35	9,5	0,085	195	370	1,0

### Задача 2

Определите значение тока через человека  $I_h$  при касании к заземленному нулевому рабочему проводнику  $N$  в однофазной двухпроводной сети в точке  $C$ , а затем в точке  $B$ : 1) при нормальной работе сети; 2) при коротком замыкании проводников  $L$  и  $N$ .



**Рисунок 2.8 – Прикосновение человека к заземленному нулевому рабочему проводнику в однофазной двухпроводной сети**

**Дано:** напряжение сети  $U_\phi = 220$  В; длина проводников:  $l_{AB} = 30$  м;  $l_{AC} = 50$  м;  $l_{ABCDE} = 100$  м; удельное сопротивление медных проводников  $\rho = 0,018 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$ ; сечение проводников  $S = 10 \text{ мм}^2$  ( $d = 3,5 \text{ мм}$ ); активная мощность, потребляемая двигателем  $P = 18$  кВт; сопротивление заземления  $r_3 = 4$  Ом; сопротивление тела человека  $R_h = 1000$  Ом; коэффициент мощности электрического двигателя  $\cos \varphi = 0,8$ .

**Требуется:** определить ток через тело человека при касании в точках  $C$  и  $B$ : при нормальной работе сети:  $I_{hC}$  и  $I_{hB}$ ; при коротком замыкании проводников  $L$  и  $N$ :  $I_{hC}^{K3}$  и  $I_{hB}^{K3}$ .

**Решение:**

1. Найдем значение тока  $I_{hC}$ :

$$I_{hC} = \frac{U_C}{R_h + r_3} \quad (2.15)$$

Определим напряжение в точке  $C$ :

$$U_C = I_C \cdot R_{AC} \quad (2.16)$$

Ток в точке  $C$  ( $I_C$ ) выразим, используя формулу мощности электрического двигателя (2.17):

$$P = I_C \cdot U_\phi \cdot \cos \varphi, \quad (2.17)$$

$$I_C = \frac{P}{U_\phi \cdot \cos \varphi} \quad (2.18)$$

$$\text{Тогда } I_C = \frac{18 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,8} = 102,3 \text{ А.}$$

Определим сопротивление проводника  $N$  длиной  $l_{AC} = 50$  м:

$$R_{AC} = \rho \cdot \frac{l_{AC}}{S} \quad (2.19)$$

$$\text{Тогда } R_{AC} = 0,018 \cdot \frac{50}{10} = 0,09 \text{ Ом.}$$

Напряжение  $U_C$  будет равным  $U_C = 102,3 \cdot 0,09 = 9,2$  В.

$$\text{Тогда } I_{hC} = \frac{9,2}{1000+4} = 0,009 = 9 \text{ мА} < 10 \text{ мА.}$$

Ток 10 мА – пороговый осязаемый ток.

2. Найдем значение тока  $I_{hB}$ :

$$I_{hB} = \frac{U_B}{R_h + r_3}, \quad (2.20)$$

$$U_B = I_B \cdot R_{AB}, \quad (2.21)$$

$$R_{AB} = \rho \cdot \frac{l_{AB}}{S} \quad (2.22)$$

$$I_B = I_C = 102,3 \text{ А}; R_{AB} = 0,018 \cdot \frac{30}{10} = 0,054 \text{ Ом}; U_B = 102,3 \cdot 0,054 = 5,5 \text{ В.}$$

---

Тогда  $I_{hB} = \frac{5,5}{1000+4} = 0,00547 \text{ А} \approx 5,5 \text{ мА} < 10 \text{ мА}$ .

3. Найдем величину тока  $I_{hC}^{K3}$  при коротком замыкании проводников  $L$  и  $N$  в точке  $C$  по формуле (2.23):

$$I_{hC}^{K3} = \frac{U_{hC}^{K3}}{R_h + r_3} \quad (2.23)$$

Напряжение в точке  $C$  при коротком замыкании:

$$U_{hC}^{K3} = I_C^{K3} \cdot R_{AC} \quad (2.24)$$

Определим ток короткого замыкания:

$$I_C^{K3} = \frac{U_\phi}{R_{ABCDE} + R_{тр}} \quad (2.25)$$

где  $R_{ABCDE}$  – сопротивление обоих проводников  $L$  и  $N$ ;  $R_{ABCDE} = 0,018 \cdot \frac{100}{10} = 0,18 \text{ Ом}$ ;

$R_{тр} = 0,03 \text{ Ом}$  – сопротивление обмоток трансформатора с воздушным охлаждением (изменяется в пределах 0,006–0,2 Ом).

Ток короткого замыкания  $I_C^{K3} = \frac{220}{0,18+0,03} = 1047,6 \text{ А}$ ; напряжение  $U_C^{K3}$  в точке  $C$  будет равным  $U_C^{K3} = 1047,6 \cdot 0,09 = 94,3 \text{ В}$ ; искомый ток составит  $I_{hC}^{K3} = \frac{94,3}{1000+4} = 0,094 \text{ А} = 94 \text{ мА} < 100 \text{ мА}$ .

При этом 100 мА – величина смертельного тока.

4. Найдем величину тока  $I_{hB}^{K3}$  в точке  $B$  при коротком замыкании проводников  $L$  и  $N$ :

$$I_{hB}^{K3} = \frac{U_B^{K3}}{R_h + r_3} \quad (2.26)$$

Напряжение в точке  $B$  при коротком замыкании:

$$U_B^{K3} = I_B^{K3} \cdot R_{AB} \quad (2.27)$$

Так как  $I_B^{K3} = I_C^{K3} = 1047,6 \text{ А}$ ;  $R_{AB} = 0,054 \text{ Ом}$ .

Напряжение  $U_B^{K3}$  в точке  $B$  будет равным:  $U_B^{K3} = 1047,6 \cdot 0,054 = 56,6 \text{ В}$ .

Тогда искомым ток составит  $I_{hB}^{кз} = \frac{56,6}{1000+4} = 0,056 \text{ А} = 56 \text{ мА} < 100 \text{ мА}$ .

**Выводы.** 1. Опасность поражения человека в рассмотренной схеме зависит от напряжений  $U_{\phi}$ ,  $U_C$ ,  $U_B$  и от длин проводников:  $l_{AB}$ ;  $l_{AC}$ ;  $l_{ABCDE}$ . С увеличением этих параметров ток  $I_h$  увеличивается, приближается к пороговому неотпускающему току, равному 10 мА.

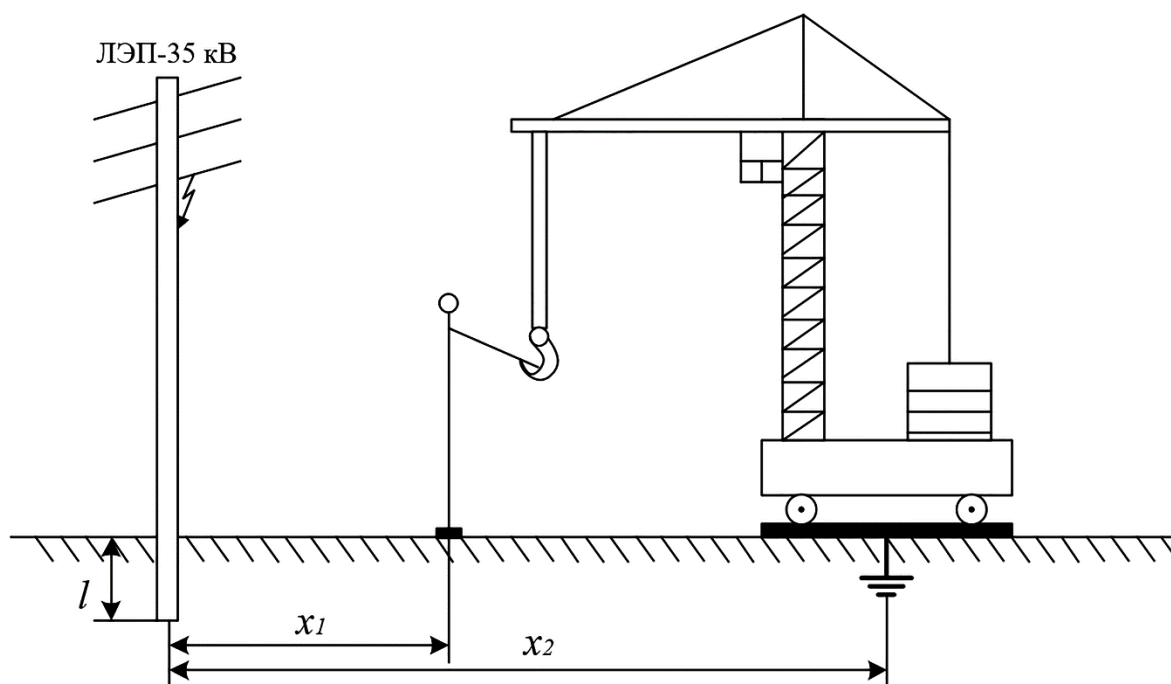
2. Особая опасность создается при коротком замыкании проводников  $L$  и  $N$ . Ток  $I_h^{кз}$  при касании в месте замыкания в точке  $C$  близок к величине смертельного тока (100 мА). Необходимо устанавливать предохранители ФА на обоих проводниках  $L$  и  $N$  или автоматический выключатель QF, отключающий сеть за время  $\tau \leq 0,2 \text{ с}$ .

Таблица 2.3 – Исходные данные к задаче 2

Вариант	$l_{AB}, \text{ м}$	$l_{AC}, \text{ м}$	$l_{ABCDE}, \text{ м}$	$P, \text{ кВт}$	$\cos \varphi$	$r_3, \text{ Ом}$
1	30	40	100	20,0	0,80	5,0
2	25	50	110	18,0	0,75	4,0
3	40	60	150	19,0	0,88	5,5
4	35	55	165	12,0	0,90	4,2
5	20	42	108	11,5	0,92	6,0
6	25	38	136	25,0	0,76	7,1
7	38	54	160	16,0	0,96	5,3
8	36	50	154	12,2	0,85	4,8
9	31	63	168	15,0	0,93	3,9
10	42	60	170	20,0	0,95	5,2
11	30	40	100	18,5	0,84	4,4
12	25	50	110	20,0	0,91	4,1
13	40	60	150	18,0	0,74	5,1
14	35	55	165	19,0	0,80	4,0
15	20	42	108	12,0	0,75	5,0
16	25	38	136	11,5	0,88	5,8
17	38	54	160	25,0	0,90	7,1
18	36	50	154	16,0	0,92	5,3
19	31	63	168	12,2	0,76	4,8
20	42	60	170	15,0	0,96	3,9
21	30	50	100	11,0	0,85	5,2
22	40	60	110	18,0	0,93	4,4
23	40	50	105	12,0	0,95	6,0
24	45	66	120	15,5	0,84	4,2
25	30	50	140	10,0	0,97	5,0

### Задача 3

На строительной площадке монтажник, выполняя задание по установке башенного крана вблизи линий электропередачи (ЛЭП), коснулся рукой крюка и был смертельно поражен электрическим током. Работа велась в дождливую ветреную погоду без оформления наряда-допуска. Кран был заземлен и стоял без электрической проводки. В это время на рядом расположенной опоре линий электропередачи (35 кВ) от ветровой нагрузки и плохого состояния изоляционной подвески произошло замыкание фазного проводника на металлическую опору (рис. 2.9).



**Рисунок 2.9 – Поражение электрическим током рабочего при монтаже башенного крана**

**Дано:** ток, стекающий в землю при замыкании фазного проводника на металлическую опору  $I_3 = 27,6$  А; глубина заложения опоры в землю  $l = 2$  м; удельное сопротивление земли  $\rho = 210$  Ом · м; расстояние от опоры до рабочего  $x_1 = 4$  м; расстояние от опоры до заземлителя крана  $x_2 = 12$  м; сопротивление тела человека  $R_h = 800$  Ом.

**Требуется:** определить напряжение прикосновения  $U_{пр}$ , В; ток, прошедший через человека  $I_h$ , мА.

Необходимо сделать выводы о причинах несчастного случая со смертельным исходом.

**Решение:**

1. Напряжение прикосновения определим по формуле (2.28):

$$U_{пр} = \varphi_{x1} - \varphi_{к} \quad (2.28)$$

где  $\varphi_{x1}$  – потенциал на расстоянии  $x_1$  от опоры;

$\varphi_{к} = \varphi_{x2}$  – потенциал на крюке  $\varphi_{к}$  (равен потенциалу на заземлителе крана на расстоянии  $x_2 = 12$  м).

Находим величины  $\varphi_{x1}$  и  $\varphi_{к}$  по формулам (2.29), (2.30):

$$\varphi_{x1} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{\sqrt{x_1^2 + l^2} + l}{x_1}, \quad (2.29)$$

$$\varphi_{к} = \varphi_{x2} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{\sqrt{x_2^2 + l^2} + l}{x_2} \quad (2.30)$$

В нашем случае  $\varphi_{x1} = \frac{27,6 \cdot 210}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln \frac{\sqrt{4^2 + 2^2} + 2}{4} = 461,5 \cdot 0,48 = 222$  В;

$\varphi_{к} = \frac{27,6 \cdot 210}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln \frac{\sqrt{12^2 + 2^2} + 2}{12} = 461,5 \cdot 0,16 = 76$  В.

Тогда  $U_{пр} = 222 - 76 = 146$  В.

2. Ток, проходящий через человека, находим из выражения (2.31):

$$I_h = \frac{U_{пр}}{R_h + R_{осн}} \quad (2.31)$$

где  $R_{осн}$  – сопротивление основания, на котором стоял монтажник (принимаем равным нулю в виду дождливой погоды).

Тогда  $I_h = \frac{146}{800} = 0,182$  А = 182 мА > 100 мА.

**Причинами несчастного случая со смертельным исходом явились следующие обстоятельства:**

1) монтаж башенного крана проводился в дождливую, ветреную погоду без применения защитных мер при работе, на расстоянии менее 30 метров от проводников ЛЭП-35 кВ;

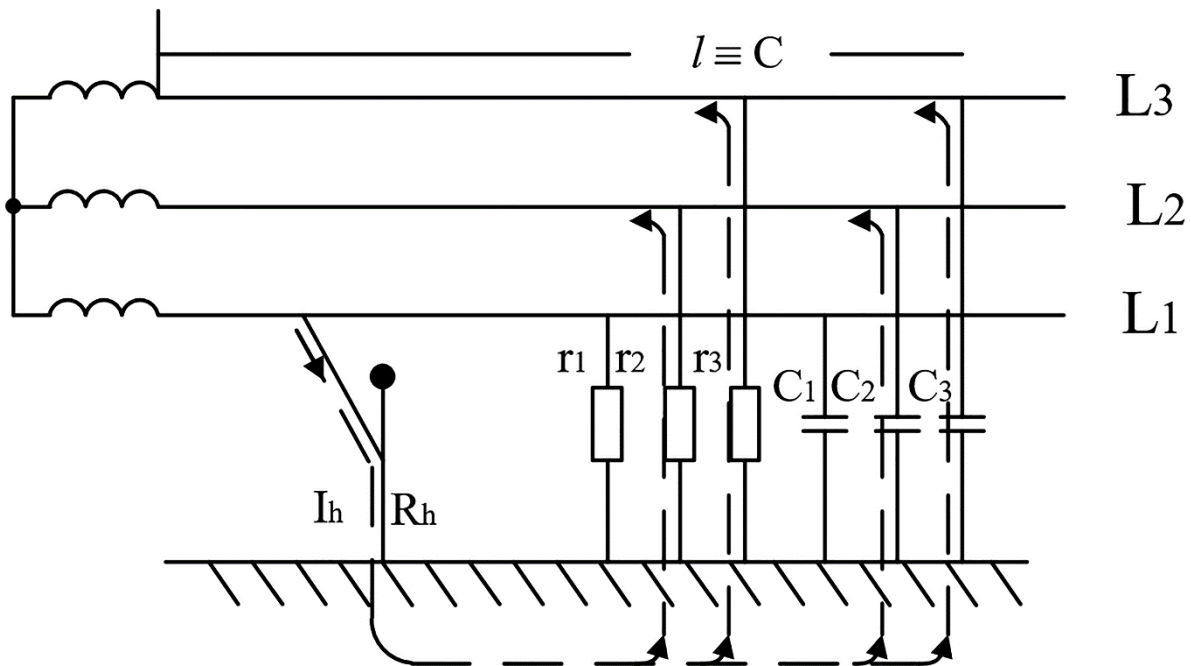
2) неудовлетворительное состояние опор и изоляторов фазных проводников на данном участке ЛЭП-35.

Таблица 2.4 – Исходные данные к задаче 3

Вариант	$I_3, \text{А}$	$l, \text{м}$	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$	$x_1, \text{м}$	$x_2, \text{м}$	$R_h, \text{Ом}$
1	27,0	2,0	210	3,0	10,0	1 000
2	27,4	2,2	300	4,5	12,0	800
3	27,6	1,8	250	4,0	12,0	950
4	28,0	1,8	265	5,2	12,4	1 000
5	26,8	2,1	320	4,4	10,4	940
6	26,5	2,5	230	3,5	10,0	830
7	26,4	2,4	270	2,8	10,2	980
8	26,3	1,8	310	4,2	12,8	860
9	27,1	1,9	350	5,1	14,5	880
10	27,5	2,3	400	5,0	15,0	800
11	26,9	2,1	380	4,2	14,0	910
12	27,0	2,2	260	3,8	12,5	900
13	27,4	1,5	290	3,6	10,3	960
14	27,6	2,0	340	5,3	12,1	1 000
15	28,0	2,4	330	4,1	13,0	820
16	26,6	2,1	240	3,9	13,4	890
17	26,3	2,5	265	3,0	10,5	930
18	26,4	2,4	320	5,0	11,0	910
19	26,5	1,8	250	5,2	15,0	900
20	27,1	1,9	290	4,2	14,0	840
21	27,5	2,3	310	3,6	12,5	890
22	26,9	2,1	350	3,8	10,3	820
23	27,0	2,2	400	5,3	12,5	1 000
24	27,4	1,5	340	4,1	13,2	950
25	27,2	2,1	250	3,9	13,7	800

#### Задача 4

В трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением 380/220 В, человек, стоя на земле, прикоснулся к фазному проводнику (рис. 2.10).



**Рисунок 2.10 – Опасность прикосновения человека к проводнику трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью**

**Дано:** активное сопротивление изоляции проводников относительно земли  $r_1 = r_2 = r_3 = r_{из} = 10^5$  Ом; емкость проводников при длине  $l \leq 0,4$  км:  $c_1 = c_2 = c_3 = c \leq 0,1$  мкФ/км; емкость проводников при длине  $l = 1 \dots 10$  км:  $c_1 = c_2 = c_3 = c \leq 0,2$  мкФ/км; напряжение фазное  $U_{\phi} = 220$  В; сопротивление тела человека  $R_h = 1000$  Ом. Сопротивления основания, на котором стоит человек, и его обуви равны нулю.

**Требуется:** определить ток, прошедший через тело человека в случаях:

1) электрическая сеть короткая, длина проводников  $l \leq 0,4$  км:

$$c_1 = c_2 = c_3 = c \leq 0,1 \text{ мкФ/км};$$

2) электрическая сеть протяженная, длина проводников  $l = 1$  км:

$$c_1 = c_2 = c_3 = c \leq 0,2 \text{ мкФ/км};$$

3) электрическая сеть протяженная, длина проводников  $l = 10$  км:

$$c_1 = c_2 = c_3 = c \leq 0,2 \text{ мкФ/км}.$$

**Решение:**

1. Электрическая сеть – короткая,  $l \leq 0,4$  км.

При небольшой емкости проводников  $c \leq 0,1$  мкФ/км и большом значении сопротивления  $X_c = \frac{1}{\omega \cdot c \cdot l}$ , емкостная проводимость проводников  $Y_c$  близка к нулевому значению и ток через человека, замыкаясь на активное сопротивление изоляции, будет определяться формулой (2.32):

$$I_{h1} = \frac{U_{\phi}}{R_h + \frac{r_{из}}{3}} \quad (2.32)$$

Тогда  $I_{h1} = \frac{220}{1000 + \frac{10^5}{3}} = 0,0064$  А или 6,4 мА, что меньше порогового неотпускающего тока, составляющего 10–15 мА.

2. Электрическая сеть протяженная,  $l = 1$  км.

Проводимость проводников будет определяться величиной емкостного сопротивления  $X_c$ .

Ток через человека в этом случае определяется по формуле (2.33):

$$I_{h2} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R_h^2 + \left(\frac{X_c}{3}\right)^2}} \quad (2.33)$$

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot c \cdot l} \quad (2.34)$$

где  $X_c$  – сопротивление проводника, определяется как  $1 \text{ мкф} = 10^{-6} \text{ Ф}$ .

Тогда  $X_c = \frac{1}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 15920$  Ом;

$$I_{h2} = \frac{220}{\sqrt{1000^2 + \left(\frac{15920}{3}\right)^2}} = \frac{220}{5400} = 0,04 \text{ А или } I_{h2} = 40 \text{ мА.}$$

3. Электрическая сеть – протяженная,  $l = 10$  км. Емкостное сопротивление будет равным:  $X_c = \frac{1}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 1590$  Ом.

$$\text{Тогда } I_{h3} = \frac{220}{\sqrt{1000^2 + \left(\frac{1590}{3}\right)^2}} = \frac{220}{1132} = 0,194 \text{ А или } 194 \text{ мА} - \text{ больше смер-$$

тельного значения тока, равного 100 мА.

Практическое занятие № 2.

Воздействие электрического тока на организм человека

**Вывод.** Работа в коротких электрических сетях ( $l \leq 0,4$  км) менее опасна.

Увеличение протяженности фазных проводников в 10 раз ( $l = 10$  км) приводит к увеличению тока и будет смертельно опасным.

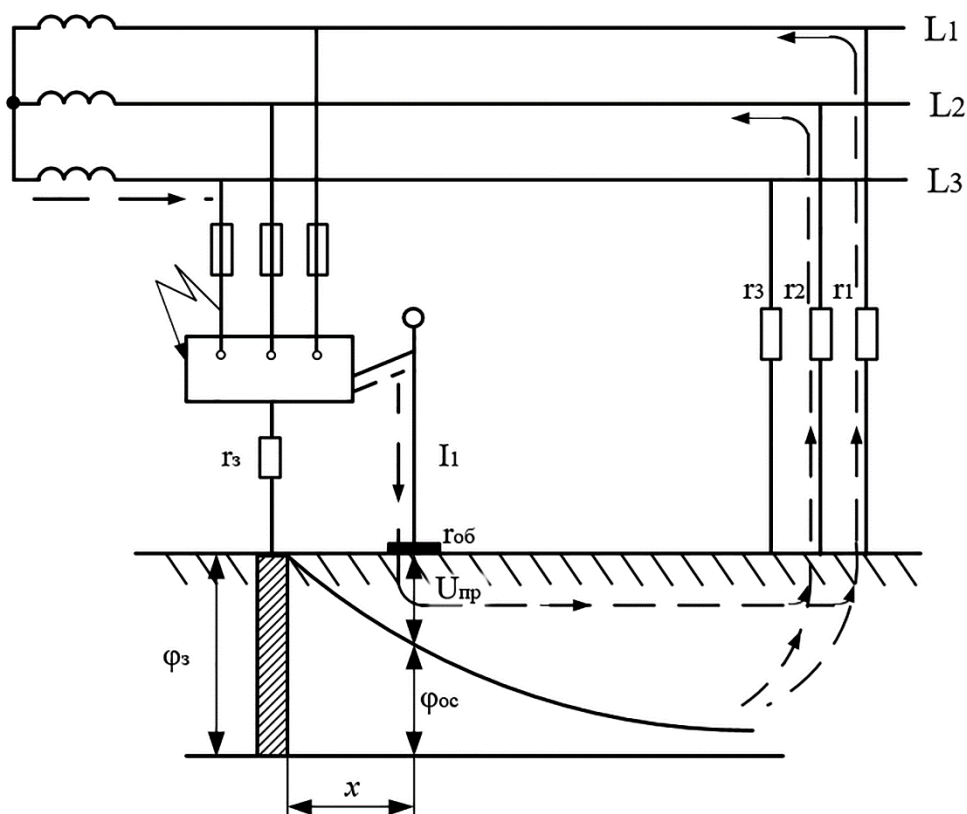
Таблица 2.5 – Исходные данные к задаче 4

Вариант	$r_{из}, 10^5 \text{ Ом}$	$l_1, \text{ км}$	$l_2, \text{ км}$	$l_3, \text{ км}$	$C_1, \text{ мкФ/км}$	$C_2, \text{ мкФ/км}$	$C_3, \text{ мкФ/км}$	$R_h, \text{ Ом}$
1	1,10	0,30	1	11,0	0,09	0,11	0,20	800
2	1,15	0,32	1	12,0	0,08	0,12	0,18	1 000
3	1,12	0,35	1	10,0	0,04	0,15	0,14	820
4	0,80	0,24	1	11,3	0,10	0,19	0,16	940
5	0,85	0,33	1	10,4	0,06	0,20	0,17	930
6	0,70	0,34	1	10,5	0,05	0,17	0,19	850
7	0,75	0,28	1	11,6	0,09	0,16	0,11	860
8	0,86	0,26	1	11,8	0,06	0,14	0,12	840
9	1,30	0,30	1	12,4	0,07	0,20	0,15	960
10	1,22	0,29	1	12,5	0,06	0,19	0,19	830
11	0,98	0,23	1	10,2	0,10	0,12	0,20	970
12	0,87	0,31	1	10,6	0,08	0,11	0,17	990
13	1,11	0,32	1	11,0	0,05	0,16	0,16	1 000
14	1,00	0,27	1	11,7	0,09	0,15	0,14	910
15	0,86	0,34	1	12,2	0,08	0,11	0,20	850
16	0,90	0,20	1	14,0	0,04	0,12	0,19	860
17	0,85	0,25	1	13,3	0,10	0,15	0,12	970
18	0,70	0,26	1	13,4	0,06	0,19	0,11	830
19	0,75	0,27	1	12,6	0,05	0,20	0,14	980
20	0,86	0,33	1	11,2	0,09	0,17	0,13	880
21	1,30	0,32	1	12,0	0,06	0,16	0,18	1 000
22	0,85	0,33	1	12,2	0,07	0,14	0,20	920
23	1,20	0,28	1	10,4	0,06	0,20	0,13	830
24	1,00	0,25	1	11,5	0,10	0,19	0,14	950
25	0,98	0,30	1	10,0	0,08	0,12	0,16	850

**Задача 5**

Токарь во время работы на станке прикоснулся к корпусу электрического привода при замыкании фазного проводника на этот корпус. Напряжение питающей сети  $U_n = 6\ 000$  В. Сеть трехфазная с изолированной нейтралью. В результате токарь получил электрический удар, потерял сознание и скончался.

Корпус токарного станка был заземлен на вертикальный металлический стержень диаметром  $d = 0,03$  м и длиной  $l = 4$  м, верхний конец его находился на уровне земли (рис. 2.11). В механическом цехе несколько лет не проводился контроль изоляции проводников в электроустановках.



**Рисунок 2.11 – Прикосновение человека к корпусу электропривода, замкнутого на фазный проводник в трехфазной сети с изолированной нейтралью**

**Дано:** линейное напряжение электросети  $U_{л} = 6\ 000$  В; сопротивление изоляции проводников:  $r_1 = r_2 = r_3 = r_{из} = 1200$  Ом; сопротивление тела человека  $R_h = 1\ 000$  Ом; сопротивление обуви и деревянного настила  $r_{об} = 500$  Ом; удельное сопротивление грунта  $\rho = 120$  Ом · м; длина и диаметр заземлителя  $l = 4$  м;  $d = 0,03$  м; расстояние от заземлителя до рабочего  $X = 2$  м. Емкость проводников относительно земли в цеховых условиях в связи с малой протяженностью принимаем равной нулю.

---

**Требуется:** определить напряжение прикосновения  $U_{пр}$  с учетом сопротивления обуви и деревянного настила  $r_{об}$ , на котором стоял токарь; определить величину тока  $I_h$ , прошедшего через тело человека; сделать выводы о причинах несчастного случая со смертельным исходом и предложить защитные меры, обеспечивающие безопасность работ на механических станках в цехе.

**Решение:**

1. Величину тока через человека с учетом сопротивления  $r_{об}$  определим по формуле (2.35):

$$I_h = \frac{U_{пр}}{R_h + r_{об}} \quad (2.35)$$

2. Найдем напряжение прикосновения  $U_{пр}$ :

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_{ос} \quad (2.36)$$

3. Потенциал на заземлителе  $\varphi_3$  определим из выражения (2.37):

$$\varphi_3 = I_3 \cdot r_3 \quad (2.37)$$

4. Найдем сопротивление вертикально-стержневого заземлителя  $r_3$ :

$$r_3 = \frac{\rho_r}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l}{r} \quad (2.38)$$

Оно составит  $r_3 = \frac{120}{2 \cdot 3,14 \cdot 4} \cdot \ln \frac{2 \cdot 4}{0,015} = 30 \text{ Ом}$ .

5. Найдем величину тока через заземлитель:

$$I_3 = \frac{U_{\phi}}{r_3 + \frac{r_{из}}{3}} \quad (2.39)$$

Здесь фазное напряжение  $U_{\phi} = \frac{6000}{1,73} = 3468 \text{ В}$ .

Следовательно,  $I_3 = \frac{3468}{30 + \frac{1200}{3}} = 8,06 \text{ А}$ .

6. Тогда потенциал  $\varphi_3$  будет равен  $\varphi_3 = 8,06 \cdot 30 = 242$  В.

7. Определяем потенциал основания  $\varphi_{ос}$ , на котором стоит токарь на расстоянии  $X = 2$  м от заземлителя:

$$\varphi_{ос} = \frac{I_3 \cdot \rho_{\Gamma}}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x} \quad (2.40)$$

Тогда  $\varphi_{ос} = \frac{I_3 \cdot \rho_{\Gamma}}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x} = \frac{8,06 \cdot 120}{2 \cdot 3,14 \cdot 4} \cdot \ln \frac{\sqrt{2^2 + 4^2} + 4}{2} = 55,6$  В.

8. Напряжение прикосновения будет равным  $U_{пр} = 242 - 55,6 = 186,4$ .

9. Таким образом величина тока  $I_{ч} = \frac{186,4}{1000+500} = 0,124$  А;

$I_{ч} = 120$  мА  $>$   $100$  мА.

**Выводы.** Основной причиной смертельного случая явилось неудовлетворительное состояние электроустановок и отсутствие контроля за сопротивлением изоляции проводников в механическом цехе при напряжении питающей сети 6 000 В ( $r_{из}^{ном} = 1$  МОм =  $10^6$  Ом). Необходимо выполнить в цехе схему защитного зануления и подключить корпуса станков к нулевому защитному сопротивлению РЕ для автоматического отключения при замыкании на корпус электроустановки.

**Таблица 2.6 – Исходные данные к задаче 5**

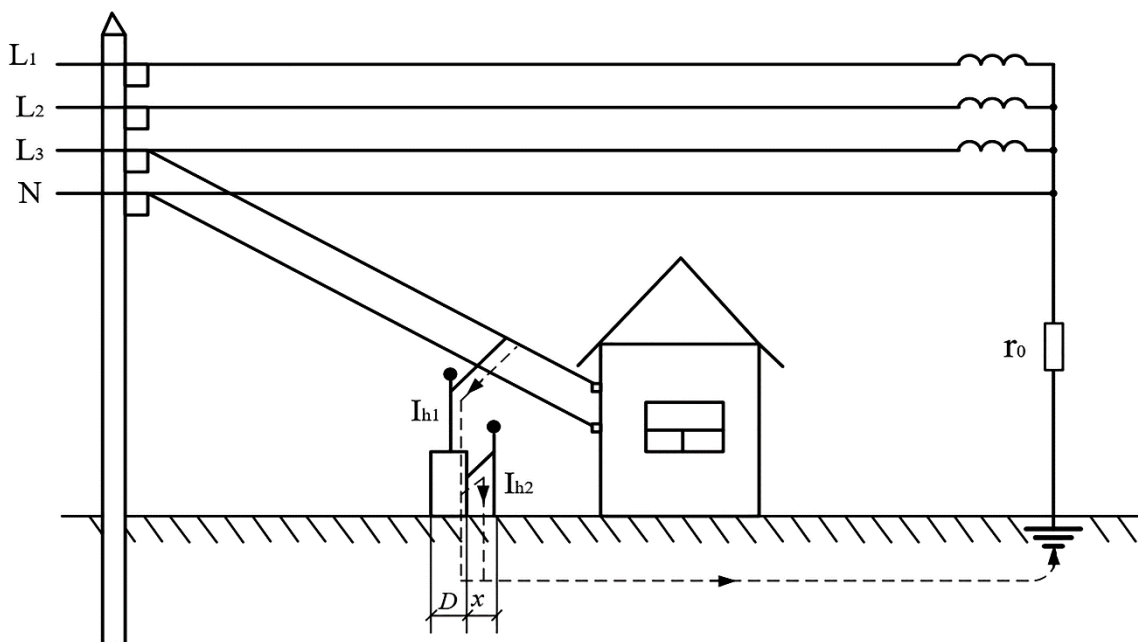
Вариант	$U_{л},$ кВ	$r_{из},$ Ом	$R_h,$ Ом	$r_{об},$ Ом	$\rho,$ Ом · м	$X,$ м
1	6	1 300	800	500	150	2,0
2	6	1 200	900	600	110	2,2
3	6	1 000	940	550	120	1,8
4	6	1 100	880	420	130	2,1
5	6	1 500	860	460	200	2,5
6	6	1 300	930	610	210	1,3
7	6	1 200	990	530	150	1,5
8	6	1 000	870	510	130	2,0
9	6	1 100	1000	480	120	1,4
10	6	1 500	1000	440	200	2,3
11	6	1 300	920	510	210	2,4
12	6	1 200	890	580	220	1,9
13	6	1 000	920	620	300	1,7
14	6	1 100	950	490	140	1,8

Продолжение таблицы 2.6

Вариант	$U_n$ , кВ	$r_{изз}$ , Ом	$R_{h2}$ , Ом	$r_{обз}$ , Ом	$\rho$ , Ом · м	$X$ , м
15	6	1 500	880	600	150	1,5
16	6	1 300	850	470	160	2,4
17	6	1 200	930	520	220	2,2
18	6	1 000	800	400	230	2,1
19	6	1 100	810	520	110	1,7
20	6	1 500	940	530	120	1,4
21	6	1 300	960	480	130	2,3
22	6	1 200	1000	440	200	2,0
23	6	1 000	810	510	210	2,2
24	6	1 100	880	580	300	1,8
25	6	1 500	950	620	120	2,7

### Задача 6

Пытаясь исправить воздушный ввод электрической линии в жилой дом, человек, стоя на металлической бочке, коснулся рукой фазного проводника, идущего от трехфазной четырехпроводной электросети с заземленной нейтралью, и был смертельно поражен током. В момент прикосновения другой человек, стоя на земле, на расстоянии 0,5 метров от бочки касался ее и также подвергся действию электрического тока (рис. 2.12).



**Рисунок 2.12 – Действие электрического тока на людей при попытке исправить воздушный ввод в жилой дом**

**Дано:** напряжение фазное  $U_\phi = 220$  В; сопротивление заземленной нейтрали  $r_0 = 4$  Ом; диаметр металлической бочки  $D = 0,5$  м; удельное сопротивление грунта  $\rho = 400$  Ом · м; сопротивление тела человека  $R_h = 1\,000$  Ом.

**Требуется:** определить токи  $I_{h1}$  и  $I_{h2}$ , прошедшие соответственно через первого и второго человека. Сопротивление обуви пострадавших ( $R_{об}$ ) принять равным нулю.

**Решение:**

1. Определим ток, прошедший через человека, стоявшего на металлической бочке:

$$I_{мб} = \frac{U_\phi}{R_h + R_{мб} + r_0}, \quad (2.41)$$

$$R_{мб} = \frac{\rho}{2D} \quad (2.42)$$

где  $R_{мб}$  – сопротивление металлической бочки, Ом.

Сопротивление металлической бочки равно  $R_{мб} = \frac{400}{2 \cdot 0,5} = 400$  Ом.

Тогда  $I_{h1} = \frac{220}{1000+400+4} = 0,156$  А.  $I_{h1} = 156$  мА  $> 100$  мА.

2. Определим ток, прошедший через человека, касавшегося металлической бочки:

$$I_{h2} = \frac{U_{пр}}{R_h + r_0} \quad (2.43)$$

Напряжение прикосновения определим по формуле (2.44):

$$U_{пр} = \varphi_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2, \quad (2.44)$$

$$\varphi_3 = I_{мб} \cdot R_{мб}, \quad (2.45)$$

Потенциал заземлителя составит  $\varphi_3 = 0,156 \cdot 400 = 62,4$  В.

Коэффициент прикосновения находим по формуле (2.46):

$$\alpha_1 = 1 - \frac{\varphi_{ос}}{\varphi_3} \quad (2.46)$$

Практическое занятие № 2.

Воздействие электрического тока на организм человека

Потенциал основания  $\varphi_{oc} = \frac{0,156 \cdot 400}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5} = 19,8 \text{ В.}$

Тогда коэффициент прикосновения составит  $\alpha_1 = 1 - \frac{19,8}{64,2} = 0,68.$

Коэффициент сопротивления основания  $\alpha_2$ , учитывающий сопротивление стекания тока с ног второго человека, определим по формуле (2.47):

$$\alpha_2 = \frac{R_h}{R_h + R_{oc}} \quad (2.47)$$

Он равен  $\alpha_2 = \frac{1000}{1000 + 3 \cdot 400}$ . Тогда  $U_{пр} = 62,4 \cdot 0,68 \cdot 0,45 = 19,1 \text{ В.}$

Подставив найденные величины в формулу (2.43), получим:

$$I_{h2} = \frac{19,1}{1000 + 4} = 0,019 \text{ А} = 19 \text{ мА.}$$

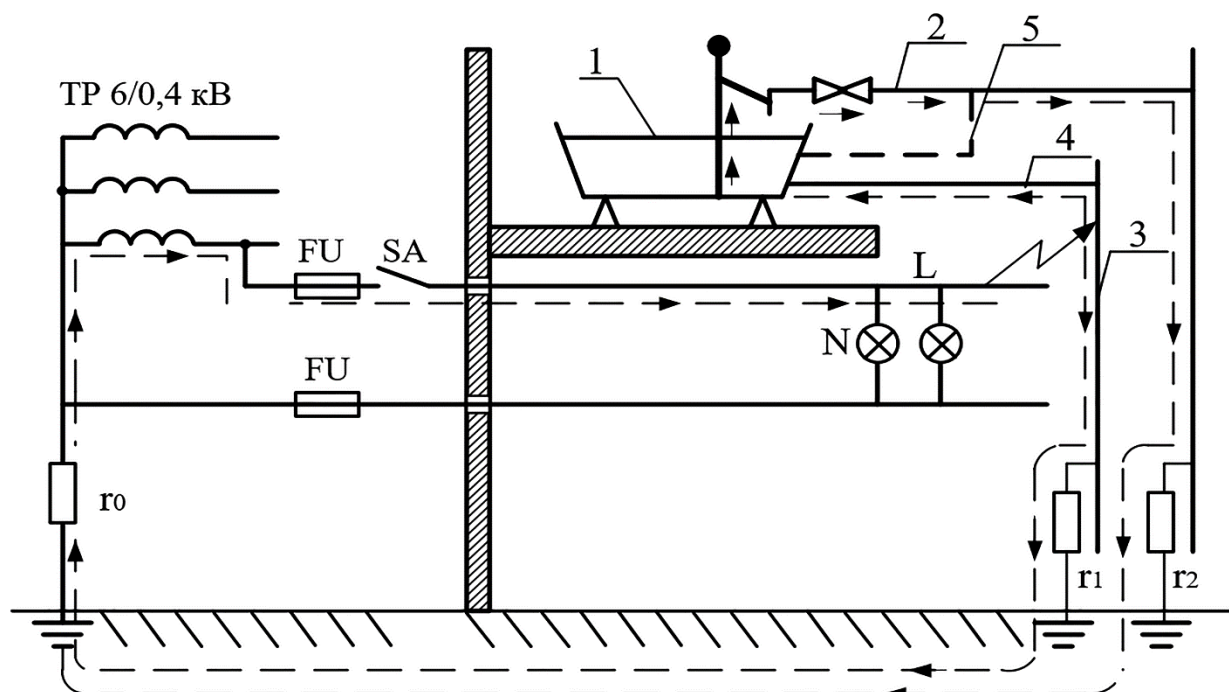
Таблица 2.7 – Исходные данные к задаче 6

Вариант	$U_{\phi}, \text{ В}$	$r_0, \text{ Ом}$	$R_h, \text{ Ом}$	$\rho, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$	$D, \text{ м}$
1	220	5,0	900	400	0,50
2	220	4,0	940	320	0,52
3	220	5,5	880	350	0,54
4	220	4,2	860	360	0,46
5	220	6,0	930	310	0,40
6	220	4,1	990	400	0,42
7	220	5,3	870	380	0,52
8	220	4,8	1 000	390	0,54
9	220	3,9	900	320	0,56
10	220	5,2	920	310	0,48
11	220	4,4	890	400	0,46
12	220	4,1	920	320	0,44
13	220	5,1	950	350	0,52
14	220	4,0	880	350	0,56
15	220	5,0	850	340	0,48
16	220	4,2	900	300	0,50
17	220	4,0	940	390	0,52
18	220	5,5	880	380	0,54
19	220	4,2	860	400	0,46
20	220	4,0	930	330	0,40
21	220	5,1	990	370	0,42
22	220	5,3	870	390	0,52
23	220	4,8	1 000	360	0,54
24	220	3,9	800	300	0,56
25	220	5,2	920	400	0,48

### Задача 7

В ванной комнате жилого дома произошло смертельное поражение человека электрическим током (рис. 2.13). Пострадавший, стоя в ванной 1 с небольшим количеством воды, взялся рукой за водопроводную трубу 2 и был поражен током. Электрическое напряжение возникло на сливном стояке 3 в результате повреждения изоляции фазного проводника  $L$  и контакта его со стояком в другом жилом помещении. Ванная и сливная труба 4 не имели контакта с водопроводной трубой 2, что и обусловило наличие напряжения между ванной 1 и трубой 2, которое воздействовало на пострадавшего.

Напряжение возникло из-за отсутствия металлического патрубка 5, соединяющего ванну с водопроводной трубой 2 (низкое качество монтажа), а также из-за неудовлетворительной эксплуатации электропроводки и отсутствия контроля за состоянием изоляции в проводниках  $L$  и  $N$  в жилых помещениях.



1 – ванная; 2 – водопроводная труба; 3 – сливной стояк; 4 – сливная труба;  
5 – металлический патрубок;  $r_0, r_1, r_2$  – сопротивления заземлений нейтрали трансформатора, сливного стояка и водопроводной трубы,  
 $L, N$  – фазный и нулевой рабочий проводники; SA – выключатель

**Рисунок 2.13 – Поражение электрическим током при пользовании ванной**

**Дано:** фазное напряжение электрической сети  $U_\phi = 220$  В; сопротивление заземленной нейтрали трансформатора  $r_0 = 8$  Ом; сопротивление сливного стояка  $r_1 = 200$  Ом; сопротивление заземления водопроводной трубы  $r_2 = 4$  Ом; сопротивление тела человека  $R_h = 1\,000$  Ом.

**Требуется:** определить ток, поразивший человека  $I_h$ .

**Решение:**

1. Ток, проходящий через человека, определяется по формуле (2.48):

$$I_h = \frac{U_k}{R_h + r_2 + r_0} \quad (2.48)$$

где  $U_k$  – напряжение на корпусе ванны (равно напряжению замыкания на стояке  $U_{зм}$ ).

2. Напряжение замыкания на стояке составит:

$$U_{зм} = I_{зм} \cdot r_1, \quad (2.49)$$

$$I_{зм} = \frac{U_\phi}{r_1 + r_0} \quad (2.50)$$

где  $I_{зм}$  – ток замыкания, А.

В результате,  $I_{зм} = \frac{220}{200+8} = 1,06$  А.

Следовательно,  $U_{зм} = 1,06 \cdot 200 = 212$  В.

Тогда,  $I_h = \frac{212}{1000+4+8} = 0,21$  А.  $I_h = 210$  мА  $>$  100 мА.

**Вывод.** Защитным средством от поражения электрическим током в ванной является установка металлического патрубка между ванной и водопроводными трубами.

Таблица 2.8 – Исходные данные к задаче 7

Вариант	$U_\phi$ , В	$r_0$ , Ом	$r_1$ , Ом	$r_2$ , Ом	$R_h$ , Ом
1	220	7,4	200	3,8	930
2	220	7,6	300	4,0	800
3	220	6,8	250	4,0	860
4	220	7,0	260	3,6	840
5	220	8,2	310	3,8	900
6	220	8,0	320	3,4	830

Продолжение таблицы 2.8

Вариант	$U_{\phi}$ , В	$r_0$ , Ом	$r_1$ , Ом	$r_2$ , Ом	$R_h$ , Ом
7	220	7,8	270	4,0	970
8	220	7,2	210	3,6	990
9	220	6,6	320	3,8	1 000
10	220	6,4	350	4,0	910
11	220	7,4	220	3,4	850
12	220	7,6	200	3,4	860
13	220	6,8	300	3,8	970
14	220	7,0	250	4,0	830
15	220	8,2	260	3,8	900
16	220	8,0	310	4,0	880
17	220	7,8	320	4,0	930
18	220	7,2	270	3,6	850
19	220	6,6	210	3,8	800
20	220	6,4	320	3,4	840
21	220	7,4	350	4,0	960
22	220	7,6	220	3,6	830
23	220	6,8	200	3,8	970
24	220	7,0	300	4,0	990
25	220	8,2	250	3,4	1 000

### Задача 8

При работе на компьютере в домашних условиях произошло замыкание фазного проводника напряжением 220 В на металлический корпус вычислительной машины (рис. 2.14).

Изоляция питающего проводника была нарушена и повреждена в нескольких местах посторонними предметами. Компьютер подключался к однофазной сети трехпроводным шнуром через штепсельное соединение с защитными контактами и выводом проводников  $L$ ,  $N$  и  $PE$  в распределительный щит на лестничной площадке.

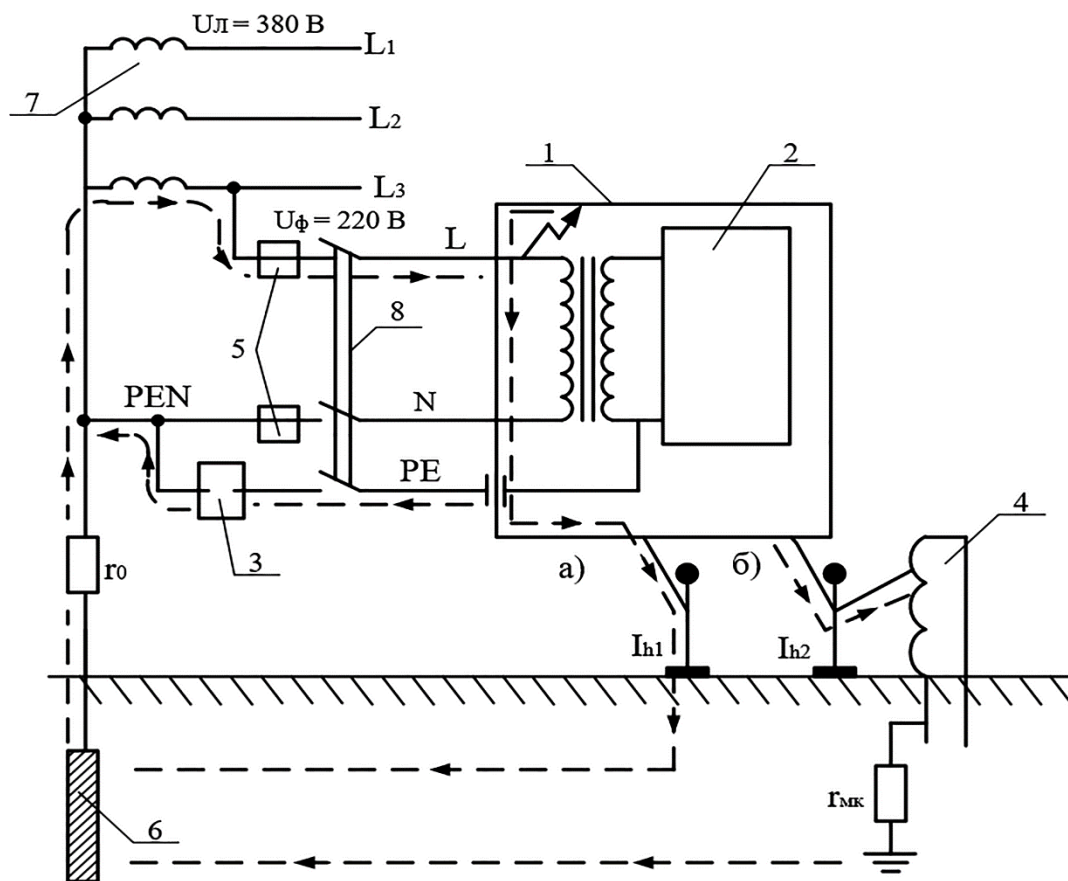
**Дано:** напряжение сети  $U_{\phi} = 220\text{В}$ ; сопротивление человека  $R_h = 1\ 000\ \text{Ом}$ ; сопротивление основания обуви  $R_{\text{осн}} = 5\ 000\ \text{Ом}$ ; сопротивление заземления нейтрали  $r_0 = 4\ \text{Ом}$ ; сопротивление металлических конструкций  $r_{\text{МК}} = 10\ \text{Ом}$ ; длина проводников  $L$ ,  $N$ ,  $PE$   $l = 100\ \text{м}$ ; удельное сопротивление проводников  $\rho =$

$= 0,018 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ ; сечение проводников  $S = 3 \text{ мм}^2$ ; сопротивление вторичных обмоток общего трансформатора  $Z_{\text{тр}} = 0,06 \text{ Ом}$ .

**Требуется:** определить величину тока, прошедшего через оператора в случаях:

1) при касании оператором стоящего на изолированном основании корпуса компьютера (рис. 2.14, а);

2) при двойном касании оператором: корпуса компьютера и металлической токопроводящей конструкции – отопительной батареи (рис. 2.14, б).



1 – корпус компьютера (металлический); 2 – монитор компьютера; 3 – узел заземления, зануления в распределительном щите; 4 – металлическая конструкция (Н: отопительная батарея); 5 – автоматический выключатель (предохранители); 6 – заземлитель нейтрали общего трансформатора; 7 – вторичные обмотки общего трансформатора 6,5/0,4 кВ; 8 – штепсельное соединение XS-3

**Рисунок 2.14 – Принципиальная схема электропитания, защитного заземления и зануления компьютера**

---

**Решение:**

Для случая касания оператором стоящего на изолированном основании корпуса компьютера (рис. 2.14, а).

1. Ток, проходящий через человека, определим по формуле (2.51):

$$I_h = \frac{U_k}{R_h + R_{\text{осн}} + r_0} \quad (2.51)$$

2. Напряжение на корпусе компьютера при замыкании проводника  $L$  составит:

$$U_k = I_{\text{зам}} \cdot R_{PE, PEN} \quad (2.52)$$

3. Ток замыкания определится:

$$I_{\text{зам}} = \frac{U_{\phi}}{R_{L, N, PE} + \frac{Z_{\text{ТР}}}{3}} \quad (2.53)$$

4. Сопротивление проводников  $L$ ,  $N$  и  $PE$  равно:

$$R_{L, N, PE} = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (2.54)$$

Тогда  $R_{L, N, PE} = 0,018 \cdot \frac{100}{3} = 0,6$  Ом.

Сопротивление обмоток трансформатора с воздушным охлаждением согласно справочным данным составляет 0,06 Ом.

Подставляя найденные значения, получим  $I_{\text{зам}} = \frac{220}{0,6 + \frac{0,06}{3}} = 354,8$  А.

5. Сопротивление проводников  $R_{PE, PEN} = 0,018 \cdot \frac{50}{33} = 0,3$  Ом.

Определим напряжение на корпусе:  $U_k = 354,8 \cdot 0,3 = 106,4$  В.

Ток, проходящий через человека, для рассматриваемого случая составит:

$$I_h = \frac{106,4}{1000 + 500 + 2} = 0,071 \text{ А} = 71 \text{ мА}.$$

---

Для случая двойного касания оператором: корпуса компьютера и металлической токопроводящей конструкции – отопительной батареи (рис. 2.14, б).

Ток, проходящий через человека, будет равным:

$$I_h = \frac{U_k}{R_h + r_{очн} + r_0} = \frac{106,4}{1000 + 10 + 2} = 0,105 \text{ А}; I_h = 105 \text{ мА} > 100 \text{ мА}.$$

**Выводы.** 1. В первом случае ток  $I_h = 71 \text{ мА}$  приведет к электрическому удару и вызовет фибрилляцию сердца, во втором случае ток  $I_h = 105 \text{ мА}$  приведет к смертельному исходу.

2. В обоих случаях при наличии на компьютере трехжильного кабеля с проводником PE произойдет срабатывание схемы зануления с отключением электрической сети автоматическими выключателями.

#### Расчет зануления:

1. Условия срабатывания защитного зануления определяется соотношением (2.55):

$$I_{ср} \geq 3I_{пл} \quad (2.55)$$

2. Ток плавких вставок (ток срабатывания автоматического выключателя) равен:

$$I_{пл} = 1,2 \cdot I_{ном} \quad (2.56)$$

3. Номинальный ток компьютера составит:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} \quad (2.57)$$

где  $P_{ном}$  – номинальная мощность комплекса компьютера (равна 100 Вт);  
 $\cos \varphi$  – коэффициент мощности трансформатора (равен 0,8).

$$\text{В результате, } I_{ном} = \frac{100}{220 \cdot 0,8} = 0,568 \text{ А}; I_{пл} = 1,2 \cdot 0,568 = 0,68 \text{ А}.$$

Ток замыкания из предыдущего расчета равен 354,8 А.

Условие (2.55) выполняется  $354,8 > 3 \cdot 0,68$ , то есть  $354,8 \text{ А} > 2,07 \text{ А}$ .

Таким образом, произойдет срабатывание защитного зануления и отключение электросети и компьютера за время  $\tau \leq 0,2$  с.

**Таблица 2.9 – Исходные данные к задаче 8**

Вариант	$U_{\phi}$ , В	$l$ , м	$R_n$ , Ом	$R_{осн}$ , Ом	$r_0$ , Ом	$r_{мк}$ , Ом	$Z_{тр}$ , Ом
1	220	100	800	2 000	3,8	10	0,05
2	220	150	850	4 000	3,6	12	0,06
3	220	200	880	3 000	3,2	9	0,07
4	220	250	960	5 000	4,0	8	0,04
5	220	300	1 000	2 000	3,4	11	0,06
6	220	350	820	4 000	3,6	9	0,05
7	220	100	940	3 000	3,8	12	0,05
8	220	150	920	5 000	3,2	10	0,04
9	220	200	900	2 000	4,0	8	0,03
10	220	250	880	4 000	4,0	11	0,06
11	220	300	820	3 000	3,8	12	0,06
12	220	350	800	5 000	3,8	12	0,05
13	220	100	950	2 000	3,6	10	0,04
14	220	150	900	4 000	6,4	12	0,04
15	220	200	1 000	3 000	3,2	9	0,07
16	220	250	980	5 000	4,0	8	0,05
17	220	300	840	2 000	3,8	8	0,06
18	220	350	1 000	4 000	3,6	10	0,07
19	220	100	960	3 000	3,2	11	0,04
20	220	150	800	5 000	4,0	8	0,06
21	220	200	880	2 000	3,4	10	0,05
22	220	250	900	4 000	3,6	11	0,05
23	220	300	980	3 000	3,8	11	0,04
24	220	350	820	5 000	3,2	12	0,03
25	220	100	1 000	2 000	4,0	8	0,06

### Задача 9

На воздушной линии электропередачи (ВЛ) произошло замыкание фазного проводника на тело металлической опоры. При этом подверглись воздействию тока два человека: первый, находившийся ближе к опоре на расстоянии  $x_1$  от нее, и второй, касавшийся металлической стойки забора, закрепленной в земле на расстоянии  $x_2$  от центра опоры ВЛ (рис. 2.15).



Находим потенциал на поверхности земли на расстоянии  $x = 2$  и  $x = 2 + 0,8 = 2,8$  метра от металлической опоры по формуле (2.59):

$$\varphi_x = \frac{I_{\text{ЗМ}} \cdot \rho_{\Gamma}}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x} \quad (2.59)$$

$$\text{Тогда } \varphi_{x=2} = \frac{50 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln \frac{\sqrt{2^2 + 2^2} + 2}{2} = 350,7 \text{ В};$$

$$\varphi_{x=2,8} = \frac{50 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln \frac{\sqrt{2,8^2 + 2^2} + 2}{2,8} = 264,4 \text{ В}.$$

Найдем величину коэффициента сопротивления основания, на котором стоит первый человек ( $\beta_2$ ), из формулы (2.60):

$$\beta_2 = \frac{R_h}{R_h + 2 \cdot R_{\text{осн}}} \quad (2.60)$$

где  $R_{\text{осн}} = 3 \cdot \rho$  – сопротивление основания одной ступни.

$$\text{Тогда } \beta_2 = \frac{1000}{1000 + 2 \cdot 3 \cdot 100} = 0,625.$$

Подставляя найденные величины, получим:

$$U_{\text{ш}} = (350,7 - 264,4) \cdot 0,625 = 53,9 \text{ В}.$$

2. Напряжение прикосновения для второго человека определим по формуле (2.61):

$$U_{\text{пр}} = (\varphi_{\text{ст}} - \varphi_{x=5}) \cdot \alpha_2 \quad (2.61)$$

Определим потенциал металлической стойки на расстоянии  $x = 4$  метра от опоры:  $\varphi_{\text{ст}} = \frac{50 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln \frac{\sqrt{4^2 + 2^2} + 2}{4} = 191,5 \text{ В}.$

Определим потенциал основания, на котором стоит второй человек, на расстоянии  $x = 4 + 1 = 5$  метра от опоры:  $\varphi_{x=5} = \frac{50 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln \frac{\sqrt{5^2 + 2^2} + 2}{5} = 155,2 \text{ В}.$

Найдем величину коэффициента сопротивления основания, на котором стоит второй человек ( $\alpha_2$ ), из формулы (2.62):

$$\alpha_2 = \frac{R_h}{R_h + R_{\text{осн}}} \quad (2.62)$$

где  $R_{\text{осн}} = 1,5 \cdot \rho$  – сопротивление основания, когда ступни ног стоят вместе.

$$\text{Тогда } \alpha_2 = \frac{1000}{1000 + 1,5 \cdot 100} = 0,86.$$

Подставляя найденные величины, получим:

$$U_{\text{пр}} = (191,5 - 155,2) \cdot 0,86 = 31,2 \text{ В.}$$

3. Определим показания вольтметра ( $V$ ) после замыкания:

$$V = \varphi_{\phi} - \varphi_{x=45} \quad (2.63)$$

где  $\varphi_{\phi}$  – потенциал замкнутого фазного проводника (равен потенциалу замыкания на металлической опоре  $\varphi_{\text{зм}}$ ).

Определим потенциал замыкания на металлической опоре по формуле (2.64):

$$\varphi_{\text{зм}} = \frac{I_{\text{зм}} \cdot \rho_{\Gamma}}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} \quad (2.64)$$

$$\text{В результате, } \varphi_{\text{зм}} = \frac{50 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2}{0,2} = 1468 \text{ В.}$$

Определим потенциал на поверхности земли на расстоянии  $x = 45$  метров

$$\text{от металлической опоры: } \varphi_{x=45} = \frac{50 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln \frac{\sqrt{45^2 + 2^2} + 2}{45} \approx 18 \text{ В.}$$

Следовательно, показания вольтметра составят  $V = 1468 - 18 = 1450 \text{ В.}$

**Таблица 2.10 – Исходные данные к задаче 9**

Вариант	$I_{\text{зм}}, \text{ А}$	$l, \text{ м}$	$\rho, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$	$\alpha, \text{ м}$	$x_1, \text{ м}$	$x_2, \text{ м}$	$x_3, \text{ м}$
1	50	2,2	100	0,5	2	4	45
2	47	2,0	120	0,6	3	5	48
3	53	1,5	130	0,8	5	7	50
4	38	2,4	140	1,0	1	2	40
5	55	2,5	150	1,1	2	5	46
6	29	1,8	200	1,2	3	7	52
7	30	1,7	250	0,5	2	4	45
8	42	2,3	260	0,6	3	5	48
9	37	3,0	280	0,8	5	7	50
10	28	2,5	300	0,9	1	2	40
11	30	2,4	320	0,5	2	5	46

Продолжение таблицы 2.10

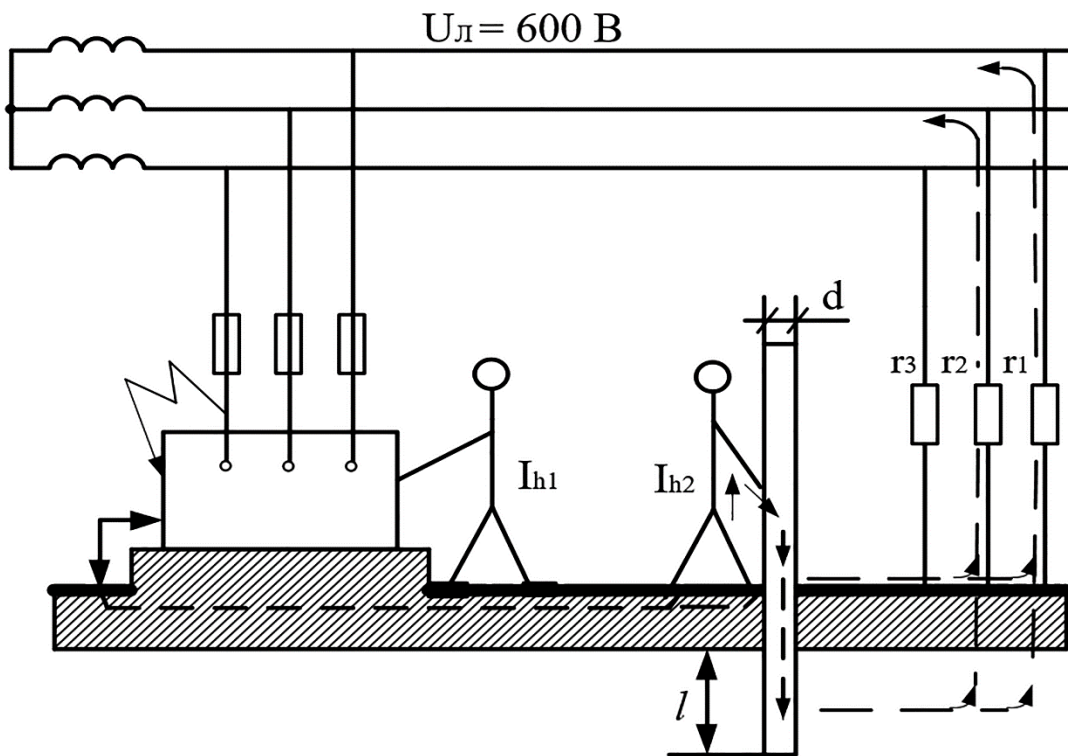
Вариант	$I_{зм}, А$	$l, м$	$\rho, Ом \cdot м$	$\alpha, м$	$x_1, м$	$x_2, м$	$x_3, м$
12	51	1,6	340	0,6	3	7	52
13	36	1,5	350	0,8	2	4	45
14	25	1,8	360	1,0	3	5	48
15	40	2,2	380	1,1	5	7	50
16	42	2,0	400	1,2	1	2	40
17	50	1,5	120	0,5	2	5	46
18	36	2,4	100	0,6	3	7	52
19	27	2,5	140	0,8	2	4	45
20	35	1,8	250	0,9	3	5	48
21	50	1,7	300	0,5	5	7	50
22	28	2,3	200	0,6	1	2	40
23	34	3,0	360	0,8	2	5	46
24	45	2,5	400	1,0	3	7	52
25	40	2,4	250	1,1	2	4	45

### Задача 10

Корпус электродвигателя воздушного вентилятора, установленного на бетонное основание, соединен заземляющим проводником с металлическим листом, на котором стояли двое рабочих. При этом один рабочий касался корпуса электродвигателя, а другой касался стальной трубы, вертикально забитой в землю и не имеющей связи с металлическим листом. В это время произошло замыкание обмотки работающего двигателя на его корпусе (рис. 2.16).

**Дано:** сеть трехфазная с изолированной нейтралью напряжением  $U_n = 660 В$ ; сопротивление изоляции проводников относительно земли  $r_1 = r_2 = r_3 = 1800 Ом$ ; сопротивление человека  $R_h = 1\ 000 Ом$ ; удельное сопротивление земли  $\rho = 200 Ом \cdot м$ ; заглубление трубы в землю  $l = 2 м$ ; диаметр трубы  $d = 0,05 м$ ; емкости проводников принимаются равными нулю.

**Требуется:** определить величины токов  $I_{h1}$  и  $I_{h2}, мА$ ; определить напряжение прикосновения  $U_{пр1}$  и  $U_{пр2}, В$ .



**Рисунок 2.16 – Поражение человека электрическим током при соприкосновении со стальной трубой во время замыкания на корпус электродвигателя**

**Решение:**

1. Ток  $I_{h1}$ , прошедший через первого человека, выражается зависимостью (2.65):

$$I_{h1} = \frac{U_{\text{пр1}}}{R_h} \quad (2.65)$$

где  $U_{\text{пр1}} = \varphi_k - \varphi_{\text{мл}}$  – напряжение прикосновения.

При этом потенциал на корпусе электродвигателя ( $\varphi_k$ ) и на металлическом листе ( $\varphi_{\text{мл}}$ ) равны между собой, следовательно,  $U_{\text{пр1}} = 0$  и  $I_{h1} = 0$ .

Ток через человека не идет.

2. Ток, проходящий через второго человека, определяется по формуле (2.66):

$$I_{h2} = \frac{U_{\text{мл}}}{R_h + r_{\text{тр}} + \frac{r_{\text{из}}}{3}} \quad (2.66)$$

где  $U_{мл} = U_{\phi}$  – напряжение на металлическом листе, В.

Здесь  $U_{\phi} = U_{л}/\sqrt{3}$  – фазное напряжение сети.  $U_{\phi} = \frac{660}{1,73} = 380$  В.

3. Сопротивление вертикально заглубленной трубы  $r_{тр}$  определяется по формуле (2.67):

$$r_{тр} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} \quad (2.67)$$

В результате,  $r_{тр} = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2}{0,05} = 81$  Ом.

Тогда  $I_{h2} = \frac{380}{1000 + 81 + \frac{1800}{3}} = 0,226$  А;  $I_{h2} = 226$  мА  $>$  100 мА.

4. Напряжение прикосновения  $U_{пр2}$  составит:

$$U_{пр2} = I_{h2} \cdot R_h \quad (2.68)$$

Тогда  $U_{пр2} = I_{h2} \cdot R_h = 0,226 \cdot 1000 = 226$  В.

**Таблица 2.11 – Исходные данные к задаче 10**

Вариант	$U_{л}$ , В	$r_{1-3}$ , Ом	$R_h$ , Ом	$l$ , м	$\rho$ , Ом · м	$d$ , м
1	660	1 800	800	2,2	100	0,05
2	660	2 000	850	2,5	200	0,06
3	660	2 200	1 000	2,4	300	0,07
4	660	3 000	930	3,0	400	0,08
5	660	1 500	960	3,2	100	0,04
6	660	1 600	880	3,5	200	0,05
7	660	2 400	870	2,5	300	0,06
8	660	3 200	840	1,8	400	0,07
9	660	3 400	950	1,9	100	0,08
10	660	3 000	960	2,1	200	0,04
11	660	1 900	1 000	2,0	300	0,05
12	660	1 500	830	3,2	400	0,06
13	660	1 200	850	2,2	100	0,07
14	660	2 500	960	2,5	200	0,08
15	660	2 300	970	2,4	300	0,04
16	660	1 800	1 000	3,0	400	0,05
17	660	2 000	800	3,2	100	0,06
18	660	2 200	850	3,5	200	0,07
19	660	3 000	1 000	2,5	300	0,08

Продолжение таблицы 2.11

Вариант	$U_{л}, В$	$r_{1-3}, Ом$	$R_{h2}, Ом$	$l, м$	$\rho, Ом \cdot м$	$d, м$
20	660	1 500	930	1,8	400	0,04
21	660	1 600	960	1,9	100	0,05
22	660	2 400	880	2,1	200	0,06
23	660	3 200	870	2,0	300	0,07
24	660	3 400	840	3,0	400	0,08
25	660	3 000	950	2,5	100	0,04

### Задача 11

При работе в металлическом сосуде ручной электродрелью напряжением 42 В был смертельно поражен электрослесарь. Питание дрели осуществлялось от однофазного трансформатора 220/42 В, который, в свою очередь, питался от сети напряжением 380/220 В с глухо заземленной нейтралью (рис. 2.17).

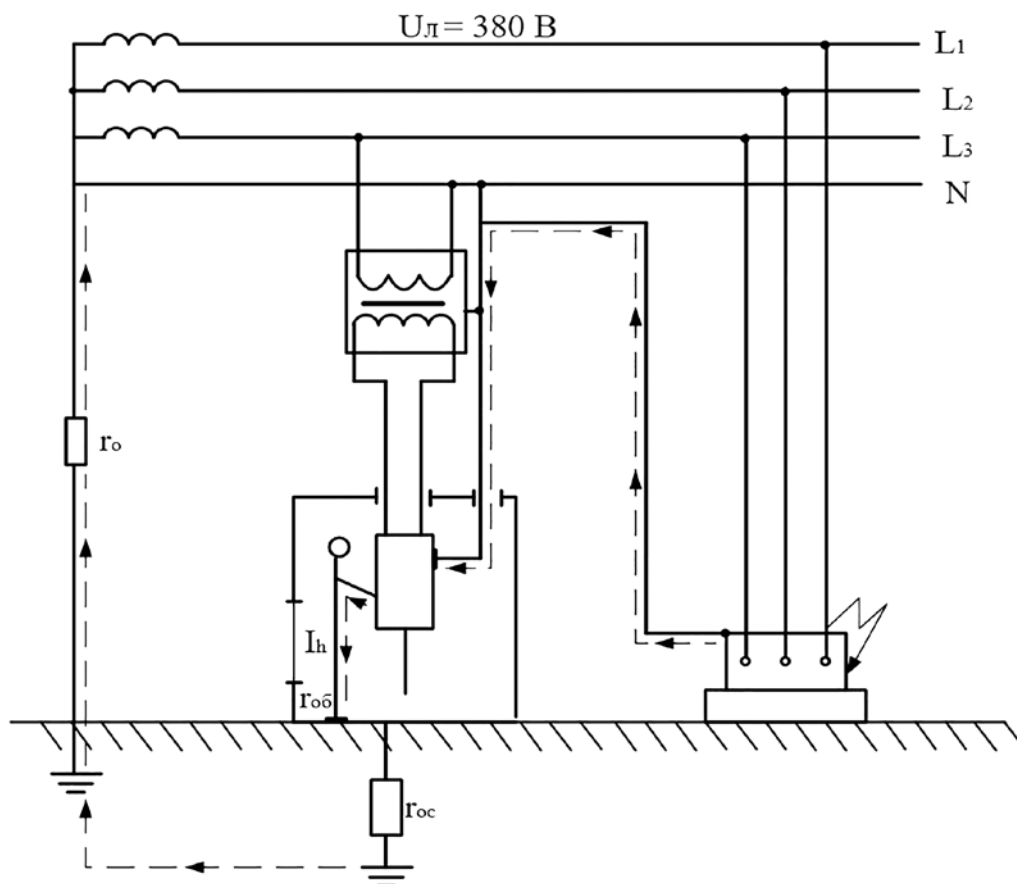


Рисунок 2.17 – Поражение человека током при работе с электроинструментом внутри сосуда

Корпус понижающего трансформатора и корпус электродрели были подсоединены к нулевому рабочему проводнику  $N$ . В период работы слесаря произошло замыкание фазного проводника  $L$  на корпус электродвигателя воздушного вентилятора, находившегося вне сосуда и подключенного также к проводнику  $N$ .

**Дано:** напряжение фазное  $U_\phi = 220$  В; сопротивление нулевого рабочего проводника  $N$  в два раза больше фазного  $L$ :  $R_N = 2R_\phi$ ; сопротивление тела человека  $R_h = 1\ 000$  Ом; сопротивление обуви человека  $r_{об} = 1\ 400$  Ом; сопротивление основания  $r_{ос} = 8$  Ом; сопротивление заземления нейтрали  $r_0 = 4$  Ом.

**Требуется:** определить ток, проходящий через человека  $I_h$ ; предложить технические меры, исключающие опасность поражения человека током.

**Решение:**

1. Ток, прошедший через человека при работе в металлическом сосуде, определяется по формуле (2.68):

$$I_h = \frac{U_N}{R_h + r_{об} + r_{ос} + r_0} \quad (2.69)$$

2. Напряжение нулевого рабочего проводника  $U_N$  найдем из выражения (2.70):

$$U_N = I_{зм} \cdot R_N \quad (2.70)$$

3. Ток замыкания фазы  $L$  на корпус электродвигателя составит:

$$I_{зм} = \frac{U_\phi}{R_\phi + R_N} \quad (2.71)$$

Если по условию задачи  $R_N = 2 \cdot R_\phi$ , выражение (2.71) примет вид:

$$I_{зм} = \frac{U_\phi}{R_\phi + 2 \cdot R_\phi} \quad (2.72)$$

Тогда получим выражение (2.73):

$$U_N = \frac{U_\phi}{3 \cdot R_\phi} \cdot 2 \cdot R_\phi = \frac{2}{3} U_\phi \quad (2.73)$$

В результате,  $U_N = \frac{2 \cdot 220}{3} = 146,7$  В.

Следовательно, ток  $I_h$  будет равен  $I_h = \frac{146,7}{1000+1400+8+4} = 0,061$  А.

$I_h = 61$  мА > 50 мА.

Для исключения опасности поражения человека током в рассмотренном случае необходимо установить дополнительно нулевой защитный проводник РЕ с повторным заземлением, подсоединив к нему отдельно корпус трансформатора 220/42 В, корпус электродвигателя и корпус электрической дрели. При этом понижающий трансформатор и электродвигатель должны иметь предохранители или автоматический выключатель в схеме защитного зануления.

**Таблица 2.12 – Исходные данные к задаче 11**

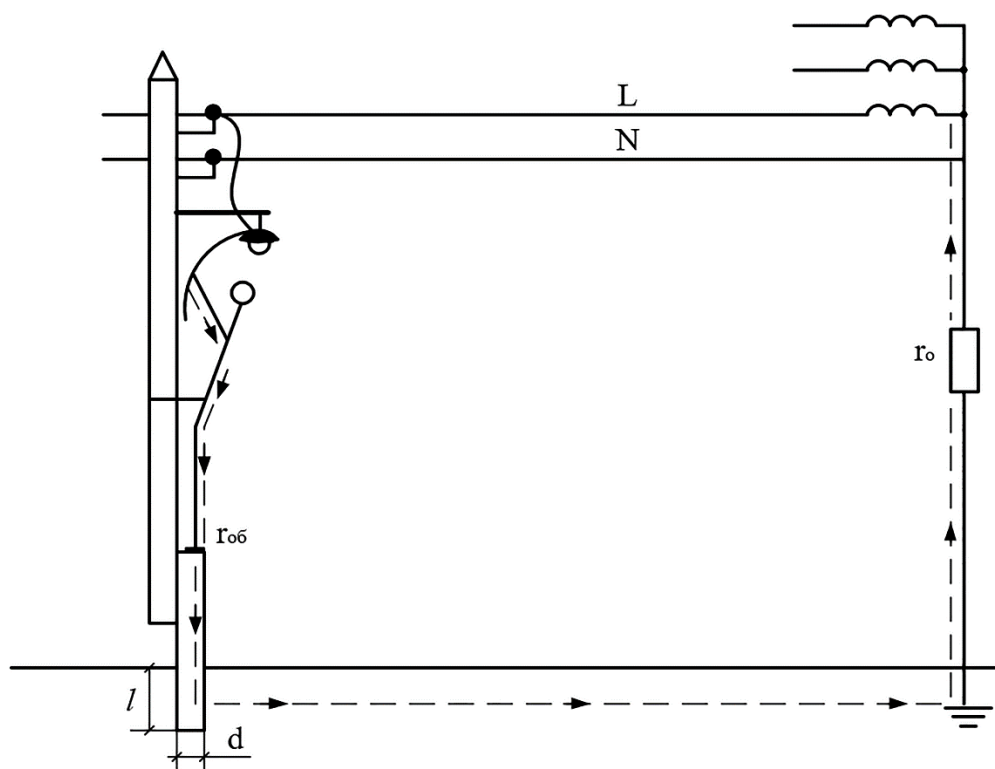
Вариант	$U_\phi$ , В	$R_h$ , Ом	$r_{об}$ , Ом	$r_{ос}$ , Ом	$r_0$ , Ом
1	220	1 000	2 000	10	4,0
2	220	990	1 500	5	3,8
3	220	980	1 400	9	3,6
4	220	970	1 200	8	3,0
5	220	960	1 600	6	3,2
6	220	950	1 800	12	3,3
7	220	940	1 700	11	3,1
8	220	930	2 200	7	3,5
9	220	920	1 900	4	3,7
10	220	910	2 500	10	3,9
11	220	900	3 000	5	4,2
12	220	890	3 200	9	4,0
13	220	880	2 800	8	3,8
14	220	870	2 600	6	3,6
15	220	860	2 000	12	3,0
16	220	850	1 500	11	3,2
17	220	840	1 400	7	3,3
18	220	830	1 200	4	3,1
19	220	820	1 600	10	3,5
20	220	810	1 800	5	3,7

Продолжение таблицы 2.12

Вариант	$U_{\phi}$ , В	$R_h$ , Ом	$r_{об}$ , Ом	$r_{ос}$ , Ом	$r_0$ , Ом
21	220	800	1 700	9	3,9
22	220	1 000	2 200	8	4,2
23	220	950	1 900	6	4,0
24	220	850	2 500	12	3,8
25	220	800	3 000	11	3,6

### Задача 12

На опоре – деревянном столбе воздушной линии электропередачи напряжением 220 В произошел обрыв нулевого рабочего проводника  $N$ , идущего в осветительную арматуру наружного освещения, установленного на этой опоре. В результате лампа погасла. Электромонтер, стоя на металлическом стержне (рельсе), заглубленном в землю, взялся за конец оборванного провода, идущего от светильника и был смертельно поражен током (рис. 2.18).



**Рисунок 2.18 – Поражение электромонтера током при попытке устранить обрыв нулевого рабочего проводника на ВЛ 220 В**

**Дано:** сопротивление тела человека  $R_h = 1\ 000\ \text{Ом}$ ; сопротивление обуви  $r_{об} = 800\ \text{Ом}$ ; сопротивление заземленной нейтрали питающего трансформатора  $r_0 = 8\ \text{Ом}$ ; удельное сопротивление земли  $\rho = 90\ \text{Ом} \cdot \text{м}$ ; длина участка рельса, заглубленного в землю  $l = 1,5\ \text{м}$ ; диаметр стержня (рельса)  $d = 0,1\ \text{м}$ ; напряжение фазного проводника  $L U_\phi = 220\ \text{В}$ ; мощность лампы в светильнике  $P = 200\ \text{Вт}$ .

**Требуется:** определить величину тока, поразившего электромонтера.

**Решение:**

1. Ток, поразивший электромонтера, составит:

$$I_h = \frac{U_\phi}{r_{л} + R_h + r_{об} + r_3 + r_0}, \quad (2.74)$$

$$r_{л} = \frac{U_\phi^2}{P}, \quad (2.75)$$

$$r_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} \quad (2.76)$$

где  $r_{л}$  – сопротивление лампы, Ом;

$r_3$  – сопротивление заглубленного рельса, Ом.

В результате, имеем  $r_{л} = \frac{220^2}{200} = 242\ \text{Ом}$ ;  $r_3 = \frac{90}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,5}{0,1} = 39\ \text{Ом}$ .

Тогда  $I_h = \frac{220}{242+1000+800+39+8} = 0,105\ \text{А}$ ;  $I_h = 105\ \text{мА} > 100\ \text{мА}$ .

**Таблица 2.13 – Исходные данные к задаче 12**

Вариант	$U_\phi, \text{В}$	$R_h, \text{Ом}$	$r_{об}, \text{Ом}$	$r_0, \text{Ом}$	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$	$P, \text{Вт}$
1	220	1 000	2 000	8	100	180
2	220	850	1 200	9	90	160
3	220	860	800	10	200	200
4	220	840	900	11	350	230
5	220	920	1 000	12	320	220
6	220	950	1 100	14	400	150
7	220	960	1 500	7	100	140
8	220	900	1 300	6	310	100
9	220	880	800	8	340	240
10	220	940	950	10	290	170
11	220	910	1 000	12	280	190
12	220	870	2 200	11	160	200

Продолжение таблицы 2.13

Вариант	$U_{\phi}, \text{В}$	$R_h, \text{Ом}$	$r_{об}, \text{Ом}$	$r_0, \text{Ом}$	$\rho, \text{Ом} \cdot \text{м}$	$P, \text{Вт}$
13	220	930	1 050	13	150	210
14	220	920	800	12	110	130
15	220	1 000	1 400	12	120	150
16	220	850	1 800	10	100	210
17	220	860	2 100	8	90	250
18	220	840	2 000	9	200	210
19	220	920	1 200	9	350	180
20	220	950	800	6	320	200
21	220	960	900	7	400	160
22	220	800	1 000	11	100	100
23	220	880	1 100	12	310	220
24	220	940	1 500	8	340	140
25	220	910	1 300	8	290	170

### Задача 13

В трехфазной электрической сети с заземленной нейтралью напряжением 380/220 В произошло замыкание фазного проводника на землю. В это же время человек прикоснулся к другому фазному проводнику (рис. 2.19).

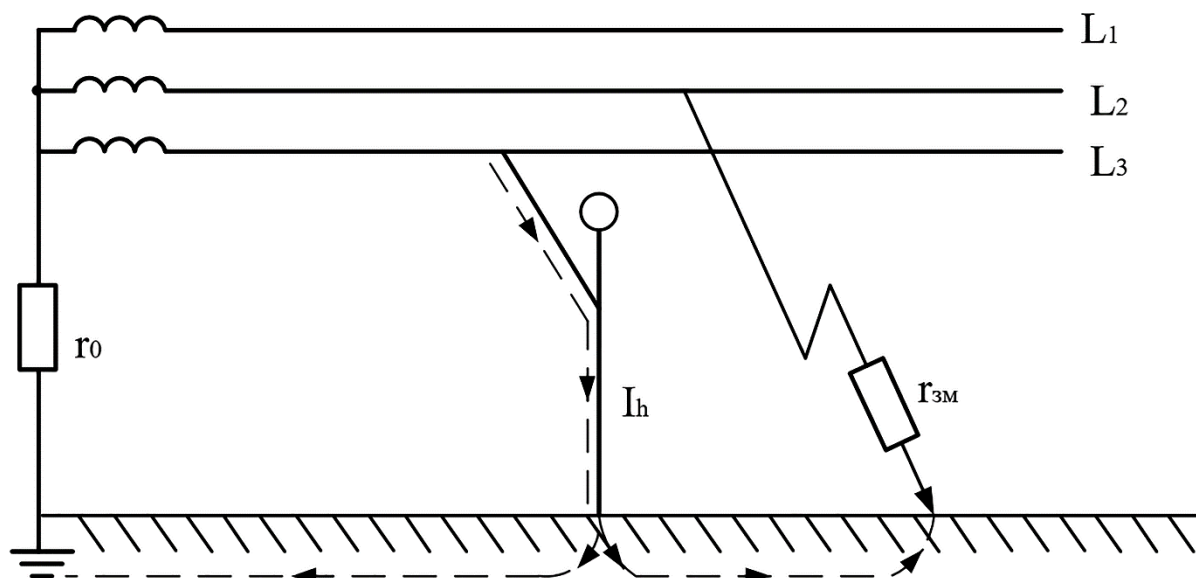


Рисунок 2.19 – Прикосновение человека к фазному проводнику в сети с глухо заземленной нейтралью в аварийном режиме

**Дано:** сопротивление замыкания проводника  $L_2$   $r_{3м} = 200 \text{ Ом}$ ; сопротивление глухо заземленной нейтрали  $r_0 = 4 \text{ Ом}$ ; сопротивление тела человека и

обуви  $R_h = 3\ 500$  Ом; сопротивление основания, на котором стоит человек, принимаем равным нулю.

**Требуется:** определить, прошедший через человека ток  $I_h$ , мА; определить напряжение прикосновения  $U_{пр}$ , В; определить ток  $I_h$ , если нейтраль трансформатора будет изолирована от земли.

**Решение:**

1. Ток, прошедший через тело человека, определяется по формуле (2.77):

$$I_h = U_\phi \cdot \left[ \frac{r_{3M} + r_0 \cdot \sqrt{3}}{r_{3M} + r_0 + R_h \cdot (r_{3M} + r_0)} \right] \quad (2.77)$$

Тогда  $I_h = 220 \cdot \left[ \frac{200+4 \cdot \sqrt{3}}{200+4+3500 \cdot (200+4)} \right] = 0,062$  А;  $I_h = 62$  мА < 100 мА.

2. Напряжение прикосновения определяется из выражения (2.78):

$$U_{пр} = U_\phi \cdot R_h \cdot \left[ \frac{r_{3M} + r_0 \cdot \sqrt{3}}{r_{3M} + r_0 + R_h \cdot (r_{3M} + r_0)} \right] \quad (2.78)$$

Подставляя известные величины, получим:

$$U_{пр} = 220 \cdot 3500 \cdot \left[ \frac{200+4 \cdot \sqrt{3}}{200+4+3500 \cdot (200+4)} \right] = 215$$
 В.

3. Величина тока  $I_h$  в сети с изолированной нейтралью при замыкании фазного проводника на землю равна:

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + r_{3M}} \quad (2.79)$$

Тогда  $I_h = \frac{380}{3500+200} = 0,103$  А > 0,062 А;  $I_h = 103$  мА > 100 мА.

**Таблица 2.14 – Исходные данные к задаче 13**

Вариант	$U_\phi$ , В	$U_\phi$ , В	$r_{3M}$ , Ом	$r_0$ , Ом	$R_h$ , Ом
1	220	380	200	3,8	4 000
2	220	380	210	3,6	3 600
3	220	380	220	3,4	3 500
4	220	380	230	3,2	3 300
5	220	380	240	3,0	3 100

Продолжение таблицы 2.14

Вариант	$U_{\phi}$ , В	$U_{л}$ , В	$r_{зм}$ , Ом	$r_o$ , Ом	$R_h$ , Ом
6	220	380	250	4,0	4 200
7	220	380	260	4,1	4 100
8	220	380	270	3,3	3 900
9	220	380	280	3,6	3 400
10	220	380	290	3,7	3 100
11	220	380	300	3,8	4 300
12	220	380	310	3,6	3 000
13	220	380	320	3,4	3 800
14	220	380	330	3,2	3 700
15	220	380	340	3,0	4 000
16	220	380	350	4,0	3 600
17	220	380	360	4,1	3 500
18	220	380	370	3,3	3 300
19	220	380	380	3,6	3 100
20	220	380	390	3,7	4 200
21	220	380	400	3,8	4 100
22	220	380	200	3,6	3 900
23	220	380	350	3,4	3 400
24	220	380	210	3,2	3 100
25	220	380	260	3,0	4 300

### Контрольные вопросы

1. Какие действия оказывает электрический ток, проходя через организм человека?
2. Назовите виды поражений человека электрическим током. В чем состоят отличия электрических травм от электрических ударов?
3. Что такое осязаемый, неотпускающий и фибрилляционный токи? Назовите их пороговые значения и характер их действия на человека.
4. Какое влияние оказывает постоянный и переменный ток различной частоты на исход поражения?
5. Какие «петли тока» наиболее опасны для человека?
6. Почему двухфазное прикосновение представляет наибольшую опасность, чем однофазное?
7. От каких факторов зависит сопротивление тела человека?

8. Почему время прохождения тока влияет на опасность поражения?

9. Какие факторы окружающей среды влияют на электробезопасность?

10. Как классифицируются помещения в отношении опасности поражения человека электрическим током?

### **Тестовые вопросы**

**1. Какой вид воздействия электрического тока на организм человека приводит к разрывам, расслоениям тканей и кровеносных сосудов, вывихам и т. д.?**

- а) термическое воздействие;
- б) электролитическое воздействие;
- в) механическое воздействие;
- г) биологическое воздействие.

**2. Какой вид воздействия электрического тока на организм человека вызывает нагрев биологических тканей, сосудов, нервов и органов, находящихся на пути протекания тока, а также приводит к ожогам участков тела?**

- а) термическое воздействие;
- б) электролитическое воздействие;
- в) механическое воздействие;
- г) биологическое воздействие.

**3. Какой вид воздействия электрического тока на организм человека вызывает раздражение и возбуждение нервных волокон и других органов и тканей организма?**

- а) термическое воздействие;
- б) электролитическое воздействие;
- в) механическое воздействие;
- г) биологическое воздействие.

**4. Какой вид воздействия электрического тока на организм человека вызывает разложение органических жидкостей (крови и плазмы)?**

- а) термическое воздействие;
- б) электролитическое воздействие;
- в) механическое воздействие;
- г) биологическое воздействие.

**5. Какой из перечисленных видов травм относится к общим электрическим травмам?**

- а) электрический ожог;
- б) электрический знак;
- в) электрический удар;
- г) электроофтальмия;
- д) металлизация кожи.

**6. Какие из перечисленных видов травм относятся к местным электрическим травмам?**

- а) электрический ожог;
- б) электрический удар;
- в) электроофтальмия;
- г) электрический знак.

**7. Какой из перечисленных видов местных электротравм является самым распространенным?**

- а) электрический ожог;
- б) электрический знак;
- в) механические повреждения;
- г) электроофтальмия;
- д) металлизация кожи.

**8. Как классифицируются помещения в отношении опасности поражения людей электрическим током?**

а) помещения без повышенной опасности, помещения с повышенной опасностью, опасные помещения, особо опасные помещения.;

б) помещения без повышенной опасности, помещения с повышенной опасностью, опасные помещения;

в) помещения без повышенной опасности, помещения с повышенной опасностью, особо опасные помещения и территория открытых электроустановок;

г) неопасные помещения, помещения с повышенной опасностью, опасные помещения, особо опасные помещения.

**9. Кто дает разрешение на снятие напряжения при несчастных случаях для освобождения пострадавшего от действия электрического тока?**

а) разрешение дает ответственный за электрохозяйство;

б) разрешение дает вышестоящий оперативный персонал;

в) разрешение дает административно-технический персонал;

г) напряжение должно быть снято немедленно без предварительного разрешения.

**10. Что в соответствии с Правилами устройства электроустановок входит в понятие «косвенное прикосновение»?**

а) электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции;

б) электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением;

в) опасное для жизни прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3.

## СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

**Цель занятия** – изучить назначение и область применения электрозащитных средств в электроустановках напряжением до 1 кВ; рассмотреть порядок использования и содержания электрозащитных средств, применяемых при эксплуатации электроустановок; научиться пользоваться плакатами и знаками по электробезопасности при выполнении работ в действующих электроустановках.

#### Теоретический материал

**Назначение и область применения электрозащитных средств.** **Электрозащитные средства** – переносимые и перевозимые изделия, которые защищают людей от поражения электрическим током при работе с электроустановками, а также от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля.

Средства защиты по характеру их применения делят на две категории: **коллективной и индивидуальной защиты**. Причем, постоянные ограждения токоведущих частей электроустановок, стационарные заземляющие ножи в понятие средств защиты не включаются.

По назначению все электрозащитные средства подразделяют на **изолирующие, ограждающие и вспомогательные**.

**Изолирующие электрозащитные средства:** изолирующие оперативные штанги; штанги для наложения переносного заземления; измерительные штанги; изолирующие клещи для операций с предохранителями; указатели напряжения; диэлектрические перчатки, галоши и коврики; изолирующие лестницы и площадки; инструмент с изолированными рукоятками; изолирующие подставки, колпаки, накладки, захваты.

**Ограждающие электробезопасные средства:** переносные ограждения в виде барьеров, щитов и клеток, ограничивающих перемещение персонала вблизи неотключенных токоведущих частей; переносные заземления для защиты людей, работающих на отключенных частях, от ошибочно поданного или наведенного напряжения.

**Вспомогательные электробезопасные средства:** защитные средства от падения с высоты (предохранительные пояса, страхующие канаты) и для безопасного подъема на высоту (когти, лестницы); рукавицы для защиты рук при работах с расплавленным металлом, расплавленной кабельной массой и т. д.; противогазы для защиты от отравления газами, образующимися при авариях, в результате расплавления металла и горения изоляционных материалов; защитные очки для защиты глаз от травм и излучений.

**Изолирующие электробезопасные средства делят на основные и дополнительные.**

**Основными** называются такие защитные средства электроустановок, изоляции которых надежно выдерживают рабочее напряжение и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Величина испытательного напряжения для основных защитных средств зависит от напряжения электроустановки, в которой они применяются, и должна составлять: для электроустановок с изолированной нейтралью и нейтралью, заземленной через компенсирующий аппарат, не менее трехкратного значения линейного напряжения  $U$ , для электроустановок с глухо заземленной нейтралью – не менее трехкратного фазного напряжения.

В электроустановках напряжением до 1кВ основными защитными средствами являются: диэлектрические перчатки; инструмент с изолирующими рукоятками; указатели напряжения, работающие на принципе протекания активного тока; изолирующие штанги; изолирующие и электроизмерительные клещи.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ к основным защитным средствам относятся: оперативные и измерительные изолирующие штанги; изолирующие и токоизмерительные клещи; указатели напряжения в сети и работающие на принципе протекания емкостного тока; изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ; изолирующие лестницы, площадки, тяги; захваты для переноски гирлянд изоляторов; изолирующие штанги для укрепления зажимов; изолирующие звенья телескопических вышек и др.

Основные защитные средства изготавливаются из изоляционных материалов, имеющих устойчивые диэлектрические характеристики и обладающих высокой механической прочностью. К таким материалам относятся фарфор, бакелит, эбонит, гетинакс, древеснослоистые и пластические материалы. Дерево используется в качестве изоляционного материала после проварки его в высыхающих маслах растительного происхождения (например, льняном). Защитные средства, выполненные из других материалов, должны иметь поверхность, покрытую влагостойким лаком, для предотвращения поглощения влаги из окружающей среды.

*Дополнительными называются электрозащитные средства, которые не обеспечивают защиту обслуживающего персонала от поражения электрическим током при касании токоведущих частей, находящихся под напряжением.* Они могут использоваться только в совокупности с основными защитными средствами, являясь дополнительной мерой защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током. Дополнительные защитные средства служат также для защиты от наведенных потенциалов, напряжения прикосновения, напряжения шага и для защиты от воздействия продуктов горения электрической дуги.

К дополнительным защитным средствам в электроустановках до 1 кВ от-

носятся: диэлектрические галоши и резиновые коврики; диэлектрические сапоги; изолирующие подставки и накладки; переносные заземления. Применение двух или более дополнительных защитных средств взамен основных недопустимо. Так, например, диэлектрические перчатки и боты в электроустановках напряжением выше 1 кВ не могут заменить изолирующей штанги.

Дополнительными защитными средствами в электроустановках напряжением выше 1 кВ являются: диэлектрические перчатки; боты и резиновые коврики; изолирующие подставки и накладки; индивидуальные экранирующие комплекты; диэлектрические колпаки; переносные заземления; оградительные устройства; плакаты и знаки безопасности.

**Порядок пользования и содержание электроразличительных средств.** Все электроразличительные средства должны использоваться по своему назначению и для того напряжения, величина которого не превышает указанного для них класса напряжения. Основные электроразличительные средства следует использовать в закрытых помещениях, а в открытых электроустановках и на воздушных линиях эти защитные средства могут использоваться только в сухую погоду. Перед каждым использованием средств защиты необходимо произвести их тщательный внешний осмотр, обратив внимание на срок годности (по штампу), а у диэлектрических перчаток проверить отсутствие проколов.

Пользоваться неисправными защитными средствами или средствами, срок годности которых истек, запрещается.

Защитные средства следует оберегать от увлажнения, загрязнения и механических повреждений. Хранить их необходимо в закрытых помещениях. Средства защиты из резины следует хранить в специальных шкафах и ящиках отдельно от инструмента, оберегая их от воздействия нефтепродуктов, прямых солнечных лучей и теплоизлучений нагревательных приборов. Для переносных заземлений следует предусмотреть специальные места, присвоив им те же номера, что и на бирках заземлений. Каждое защитное средство должно иметь

инвентарный номер и регистрироваться в журнале учета и содержания средств защиты.

Средства защиты, находящиеся в индивидуальном пользовании, регистрируют в этом же журнале с указанием даты выдачи, фамилии и подписи лица, получившего их. Все защитные средства, за исключением изолирующих подставок, диэлектрических ковриков, временных переносных заземлений и ограждений, при получении со склада или завода-изготовителя подлежат обязательному испытанию в специальной электротехнической лаборатории. После проведения испытаний и простановки штампа в соответствующих местах (кроме инструмента с изолирующими рукоятками и указателей напряжения до 1 кВ, на которых штамп после испытаний не ставится) защитными средствами можно пользоваться. Каждая электроустановка комплектуется электротехническими защитными средствами.

Электроустановка напряжением до 1 кВ должна иметь следующие электротехнические защитные средства: 1) *изолирующие клещи*; 2) *токоизмерительные клещи*; 3) *указатели напряжения*; 4) *инструмент с изолирующими рукоятками*; 5) *перчатки резиновые диэлектрические*; 6) *галюши или сапоги резиновые диэлектрические*; 7) *коврики резиновые диэлектрические*; 8) *временные переносные заземления*; 9) *предохранительные пояса*; 10) *переносные плакаты и знаки безопасности*; 11) *защитные очки*.

**Плакаты и знаки по электробезопасности (табл. 3.1).** Плакаты, применяемые в электроустановках, подразделяются на:

**1) предупреждающие плакаты** исполняются черными буквами на белом фоне, кайма и стрела – красные;

**2) запрещающие плакаты** – красные буквы на белом фоне («не включать – работа на линии» – на красном фоне белыми буквами и белой каймой) и красной каймой;

**3) предписывающие плакаты** – черные буквы в белом круге на зеленом

фоне с белой каймой;





4) **указательный плакат** – черные буквы на синем фоне.

**Знаки безопасности предупреждающие** исполняются на желтом фоне черной стрелой и черной каймой или на бетонном фоне черной стрелой и черной каймой.

Таблица 3.1 – Основные плакаты и знаки электробезопасности

Плакат, знак	Назначение
<b>Запрещающие</b>	
	плакат используется в электроустановках до и выше 1 000 В; служит для запрещения подачи напряжения на рабочее место; вывешивается на приводах разъединителей и выключателей нагрузки, на ключах и кнопках дистанционного управления, на коммутационной аппаратуре до 1 000 В (автоматах, рубильниках, выключателях), при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на рабочее место; на присоединениях напряжением до 1 000 В, не имеющих в схеме коммутационных аппаратов, плакат вывешивают у снятых предохранителей
	плакат служит для запрещения подачи напряжения на линию, на которой работают люди; вывешивается на приводах, ключах и кнопках управления тех коммутационных аппаратов, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на воздушную или кабельную линию, на которой работают люди
	плакат служит для запрещения подачи сжатого воздуха или газа; применяется в электроустановках электростанций и подстанций; вывешивается на вентилях и задвижках: воздуховодах к воздухоборникам и пневматическим приводам выключателей и разъединителей, при ошибочном открытии которых может быть подан сжатый воздух на работающих людей или приведен в действие выключатель или разъединитель, на котором работают люди; водородных, уголекислотных и прочих трубопроводах, при ошибочном открытии которых может возникнуть опасность для работающих людей
<b>Предупреждающие</b>	
	плакат служит для предупреждения об опасности поражения электрическим током; применяется в электроустановках электростанций и подстанций напряжением до и выше 1 000 В; в ЗРУ его вывешивают на временных ограждениях токоведущих частей, находящихся под рабочим напряжением (если снято постоянное ограждение); на временных ограждениях проходов, куда нельзя заходить; на постоянных ограждениях камер, соседних с рабочим местом; в ОРУ плакаты вывешивают при работах, выполняемых с земли; на канатах и шнурах, ограждающих рабочее место; на конструкциях, вблизи рабочего места на пути к ближайшим токоведущим частям, находящимся под напряжением

Продолжение таблицы 3.1

Плакат, знак	Назначение
	<p>плакат служит для предупреждения об опасности подъема по конструкциям, при котором возможно приближение к токоведущим частям, находящимся под напряжением; вывешивают в РУ на конструкциях, соседних с предназначенной для подъема персонала к рабочему месту, расположенному на высоте</p>
	<p>плакат служит для предупреждения об опасности поражения электрическим током при проведении испытаний повышенным напряжением; его вывешивают надписью наружу на оборудовании и ограждениях токоведущих частей при подготовке рабочего места для проведения испытаний повышенным напряжением</p>
	<p>знак «Осторожно! Электрическое напряжение» укрепляется постоянно в электроустановках напряжением до и выше 1 000 В электростанций и подстанций; на опорах ВЛ напряжением выше 1 000 В (знак с желтым фоном) или на железобетонных опорах ВЛ (знак с фоном в виде поверхности бетона); в электроустановках электростанций и подстанций знак укрепляется на внешней стороне входных дверей РУ за исключением дверей КРУ и КТП, расположенных в этих устройствах; наружных дверей камер выключателей и трансформаторов; ограждений токоведущих частей, расположенных в производственных помещениях; дверей щитов и сборок напряжением до 1 000 В</p>
<b>Предписывающие</b>	
	<p>плакат служит для указания рабочего места; применяется в электроустановках электростанций и подстанций; вывешивается на рабочем месте; в ОРУ при наличии ограждений рабочего места вывешивается в месте прохода за ограждение</p>
	<p>плакат служит для указания безопасного пути подъема к рабочему месту, расположенному на высоте; вывешивается на конструкциях или стационарных лестницах, по которым разрешен подъем к расположенному на высоте рабочему месту</p>
<b>Указательные</b>	
	<p>плакат указывает на недопустимость подачи напряжения на заземленный участок электроустановки; вывешивается в электроустановках электростанций и подстанций на приводы разъединителей, отделителей и выключателей нагрузки, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на заземленный участок электроустановки, а также на ключах и кнопках дистанционного управления ими</p>

### **Контрольные вопросы**

1. Какие средства защиты относятся к электрозащитным?
2. Перечислите основные и дополнительные электрозащитные средства в электроустановках до 1 000 В.
3. Перечислите основные и дополнительные электрозащитные средства в электроустановках свыше 1 000 В.
4. Чем отличаются дополнительные электрозащитные средства от основных?
5. Какие средства защиты относятся к индивидуальным?
6. Какие требования предъявляются к содержанию и хранению средств защиты?
7. Охарактеризуйте порядок использования средств защиты.
8. Как определяется пригодность к эксплуатации диэлектрических перчаток?
9. Для каких целей предназначены переносные заземления и каковы правила эксплуатации переносных заземлений?
10. Назовите категории плакатов по электробезопасности. Приведите их назначение.

### **Тестовые вопросы**

- 1. Какой минимальный размер должны иметь диэлектрические ковры?**
  - а) 75×75 см;
  - б) 100×100 см;
  - в) 100×50 см.
- 2. В каких электроустановках при пользовании указателем напряжения необходимо надевать диэлектрические перчатки?**
  - а) в электроустановках напряжением выше 380 В;

- б) в электроустановках напряжением до 1 000 В;
- в) в электроустановках напряжением выше 1 000 В.

**3. Как классифицируются электроинструменты по способу защиты от поражения электрическим током?**

- а) делятся на 4 класса – нулевой, первый, второй и третий;
- б) делятся на 3 класса – первый, второй и третий;
- в) делятся на 4 класса – первый, второй, третий и четвертый;
- г) делятся на 3 класса – нулевой, первый и второй.

**4. К какому виду плакатов безопасности относится плакат с надписью «Заземлено»?**

- а) к запрещающим;
- б) к предупреждающим;
- в) к предписывающим;
- г) к указательным.

**5. Какие средства защиты относятся к основным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением до 1 000 В?**

а) изолирующие штанги всех видов; изолирующие клещи; указатели напряжения; электроизмерительные клещи; диэлектрические перчатки; ручной изолирующий инструмент;

б) изолирующие штанги всех видов; изолирующие клещи; указатели напряжения; электроизмерительные колпаки и накладки; диэлектрические перчатки; ручной изолирующий инструмент;

в) изолирующие штанги всех видов; изолирующие клещи; указатели напряжения; диэлектрические перчатки; галоши и боты; ручной изолирующий инструмент;

г) изолирующие штанги всех видов; изолирующие клещи; колпаки; покрытия и накладки; указатели напряжения; диэлектрические перчатки; галоши и боты; ручной изолирующий инструмент.

**6. Какой фон должен быть у предупреждающего знака «Осторожно! Электрическое напряжение», который наносится посредством трафарета на железобетонную опору ВЛ?**

- а) белый;
- б) желтый;
- в) фоном служит цвет поверхности бетона.

**7. Какие запрещающие плакаты вывешиваются на приводах коммутационных аппаратов во избежание подачи напряжения на рабочее место при проведении ремонта или планового осмотра оборудования?**

- а) «Не включать! Работают люди»;
- б) «Не открывать! Работают люди»;
- в) «Работа под напряжением! Повторно не включать!».

**8. Какие средства защиты относятся к дополнительным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением до 1 000 В?**

а) диэлектрические галоши; диэлектрические ковры и изолирующие подставки; изолирующие колпаки; покрытия и накладки; лестницы приставные; стремянки изолирующие стеклопластиковые; штанги для переноса и выравнивания потенциала;

б) диэлектрические галоши; диэлектрические ковры и изолирующие подставки; изолирующие колпаки; покрытия и накладки; лестницы приставные; стремянки изолирующие стеклопластиковые;

в) диэлектрические галоши; диэлектрические ковры и изолирующие подставки; изолирующие колпаки; покрытия и накладки; лестницы приставные; изолирующие штанги всех видов;

г) диэлектрические галоши; диэлектрические ковры и изолирующие подставки; изолирующие колпаки; покрытия и накладки; лестницы приставные; стремянки изолирующие стеклопластиковые; указатели напряжения.

**9. Какие запрещающие плакаты вывешиваются на задвижках, закрывающих доступ воздуха в пневматические приводы разъединителей, во избежание подачи напряжения на рабочее место при проведении ремонта или планового осмотра оборудования?**

- а) «Не включать! Работают люди»;
- б) «Не открывать! Работают люди»;
- в) «Работа под напряжением! Повторно не включать!».

**10. В каких электроустановках диэлектрические перчатки применяются в качестве дополнительного изолирующего электрозащитного средства?**

- а) в электроустановках до 1 000 В;
- б) в электроустановках свыше 1 000 В;
- в) во всех электроустановках они используются в качестве основного изолирующего средства;
- г) во всех электроустановках они используются в качестве дополнительного изолирующего средства.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

**Цель занятия** – изучить устройство электроустановок; цветовую маркировку проводников; системы заземления для электроустановок напряжением до 1 кВ.

### Теоретический материал

**Электроустановка** – это совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями) для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования в другие виды энергии.

**Действующая электроустановка** – электроустановка или ее часть, которая находится под напряжением, либо на которую напряжение может быть подано включением коммутационных аппаратов.

Согласно Правил устройства электроустановок (ПУЭ) все электроустановки по напряжению разделяют на две группы: установки напряжением до 1 000 В включительно и установки напряжением свыше 1 000 В.

**Приемник электрической энергии (электроприемник)** – аппарат, агрегат или иное устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

**Потребитель электрической энергии** – электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на три категории. **Электроприемники I категории** – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой

*опасность для жизни людей; значительный ущерб народному хозяйству; повреждение дорогостоящего основного оборудования; массовый брак продукции; расстройство сложного технологического процесса; нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.*

Из состава электроприемников первой категории выделяется **особая группа электроприемников**, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.

Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Независимые источники питания – источники, схема и конструктивное исполнение которых и питающих их электрических сетей таковы, что при отказе одного из них снижение качества электроэнергии на другом не превышает установленных пределов в любой момент времени, включая время аварийного режима.

**Электроприемники II категории** – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции; массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта; нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники II категории в нормальном режиме должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых, взаимно резервирующих источников питания. Перерыв электроснабжения электроприемников II категории допускается на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала.

**Электроприемники III категории** – все остальные электроприемники, не подпадающие под определения I и II категорий.

Для электроприемников III категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают одни сутки.

Применяемые в электроустановках электрооборудование, электротехнические изделия и материалы должны соответствовать требованиям государственных стандартов или технических условий, утвержденных в установленном порядке.

Для цветового и цифрового обозначения отдельных изолированных или неизолированных проводников должны быть использованы цвета и цифры в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50462–2009 «Идентификация проводников по цветам или цифровым обозначениям».

Проводники защитного заземления во всех электроустановках, а также нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухо заземленной нейтралью, в том числе шины, должны иметь буквенное обозначение РЕ и цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины желтого и зеленого цветов.

Нулевые рабочие (нейтральные) проводники обозначаются буквой N, голубым цветом.

Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники должны иметь: буквенное обозначение PEN; цветовое обозначение: голубой цвет по всей длине и желто-зеленые полосы на концах.

Буквенно-цифровые и цветовые обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми.

1) при переменном трехфазном токе: шины фазы А – желтым, фазы В – зеленым, фазы С – красным цветами;

2) при переменном однофазном токе: шина В, присоединенная к концу обмотки источника питания – красным цветом; шина А, присоединенная к началу обмотки источника питания – желтым цветом;

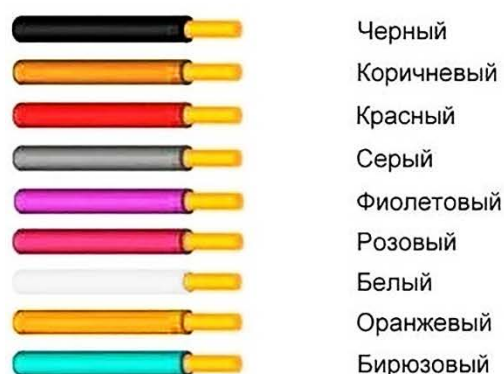
3) при постоянном токе: положительная шина (+) – красным цветом, отрицательная (–) – синим и нулевая рабочая М – голубым цветом.

Шины однофазного тока, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы, обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока.

Цветовое обозначение должно быть выполнено по всей длине шин, если оно предусмотрено также для более интенсивного охлаждения или антикоррозионной защиты.

Допускается выполнять цветовое обозначение не по всей длине шин, только цветовое или только буквенно-цифровое обозначение, либо цветовое в сочетании с буквенно-цифровым в местах присоединения шин. Если неизолированные шины недоступны для осмотра в период, когда они находятся под напряжением, то допускается их не обозначать. При этом не должен снижаться уровень безопасности и наглядности при обслуживании электроустановки.

Цвет фазных проводников электропроводки



Цвет нулевых рабочих и защитных проводников напряжением до 1000 В в сетях с глухозаземленной нейтралью



Рисунок 4.1 – Цветовая маркировка проводников

Электроустановки в отношении мер электробезопасности подразделяются:

1. Электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с глухо заземленной или эффективно заземленной нейтралью.

2. Электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью.

3. Электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с глухо заземленной нейтралью.

4. Электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью.

**Нейтраль** – общая точка соединенных в звезду обмоток (элементов) оборудования.

**Электрической сетью с эффективно заземленной нейтралью** называется трехфазная электрическая сеть выше 1 кВ, в которой коэффициент замыкания на землю не превышает 1,4.

**Коэффициент замыкания на землю в трехфазной электрической сети** – это отношение разности потенциалов между неповрежденной фазой и землей в точке замыкания на землю другой или двух других фаз к разности потенциалов между фазой и землей в этой точке до замыкания.

В России сети с эффективно заземленной нейтралью – это сети напряжением 110 кВ и выше. Поскольку в таких электрических сетях токи замыкания на землю повышаются, то применяются эффективно заземленные нейтрали, то есть нейтрали, заземленные через токоограничивающее сопротивление, которое снижает силу тока до нужного уровня.

**Глухо заземленная нейтраль** – нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная непосредственно к заземляющему устройству.

**Изолированная нейтраль** – нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств.

**Проводящая часть** – часть, которая может проводить электрический ток. **Токоведущая часть** – проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник (но не PEN-проводник).

**Открытая проводящая часть** – доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции. **Сторонняя проводящая часть** – проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки.

Для электроустановок напряжением до 1 кВ приняты обозначения, показанные на рисунке 4.2.

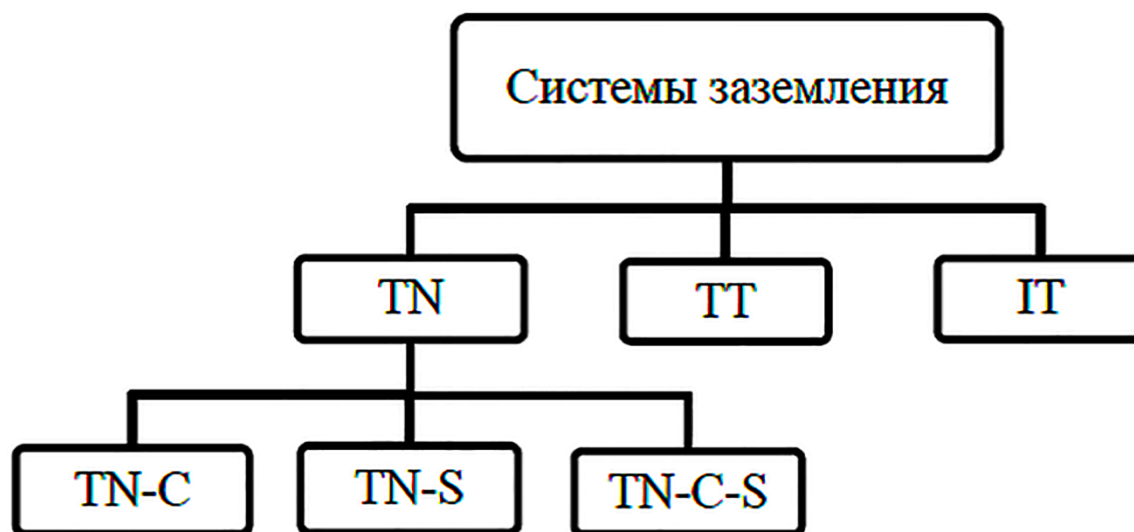


Рисунок 4.2 – Системы заземления

В названиях систем приняты следующие буквенные обозначения:

Первая буква – состояние нейтрали источника питания относительно земли: Т (Terre – земля) – заземленная нейтраль; I (Isole) – изолированная нейтраль.

Вторая буква – состояние открытых проводящих частей относительно земли: Т – открытые проводящие части заземлены, независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой-либо точки питающей сети; N –

открытые проводящие части присоединены к глухо заземленной нейтрали источника питания; N (Neuter – нейтраль) – присоединено к нейтрали источника (занулено).

Последующие (после N) буквы – совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников: S (Separated – раздельный) – нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники разделены; C (Combined – объединенный) – функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике (PEN-проводник).

**Система TN** – система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухо заземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников.

Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок должны, как правило, получать питание от источника с глухо заземленной нейтралью с применением системы TN. Для защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания.

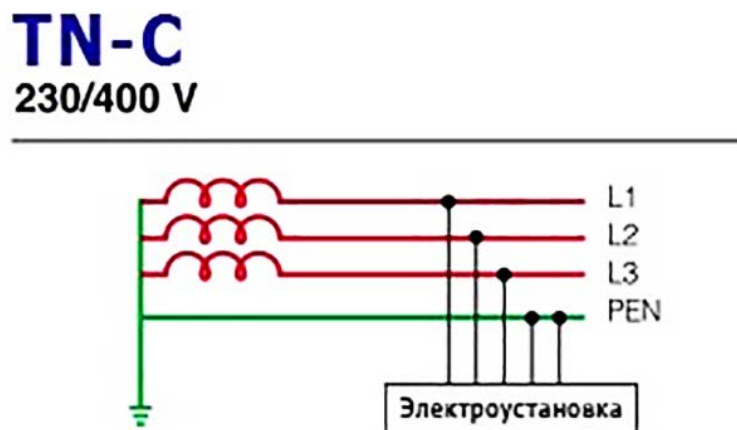
**Подсистема TN-C** – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении (рис. 4.3).

Заземление в такой системе выполнено следующим образом: контур заземления (заземляющее устройство) выполнен на трансформаторной подстанции. Нулевой проводник соединен с контуром заземления и приходит к потребителю одним проводом (PEN) в качестве защитного и рабочего проводника.

Электропроводка в таком случае выполняется кабелями с двумя жилами (фаза, PEN) при однофазном питании приемника или с четырьмя жилами (А,

В, С, PEN) при трехфазном питании.

Система заземления TN-C используется в старом жилом фонде. В новых постройках устанавливать систему TN-C строго запрещено.



**Рисунок 4.3 – Система TN-C переменного тока при однофазном и трехфазном электроприемниках**

Достоинства системы: наиболее распространенная, экономичная и простая.

Недостатки системы: у такой системы нет отдельного защитного проводника (PE). Это означает, что в зданиях в розетках отсутствует защитное заземление, поэтому существует угроза поражения людей электрическим током. Нередко при такой системе делается зануление. При системе TN-C недопустимо уравнивание потенциалов в ванной комнате.

**Подсистема TN-S** – система TN, в которой нулевой защитный PE и нулевой рабочий N проводники разделены на всем ее протяжении (рис. 4.4).

Достоинства системы: современная, безопасная, способствует высокой защите человека, оборудования, а также защите зданий.

Недостатки системы: требует прокладки от трансформаторной подстанции пятижильного провода в трехфазной сети или трехжильного кабеля в однофазной сети, что ведет к удорожанию проекта.

## TN-S

230/400 V

---



**Рисунок 4.4 – Система TN-S переменного тока при однофазном и трехфазном электроприемниках**

Подсистема TN-C-S – система TN, в которой функции нулевого защитного PE и нулевого рабочего N проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания (рис. 4.5).

## TN-C-S

230/400 V

---



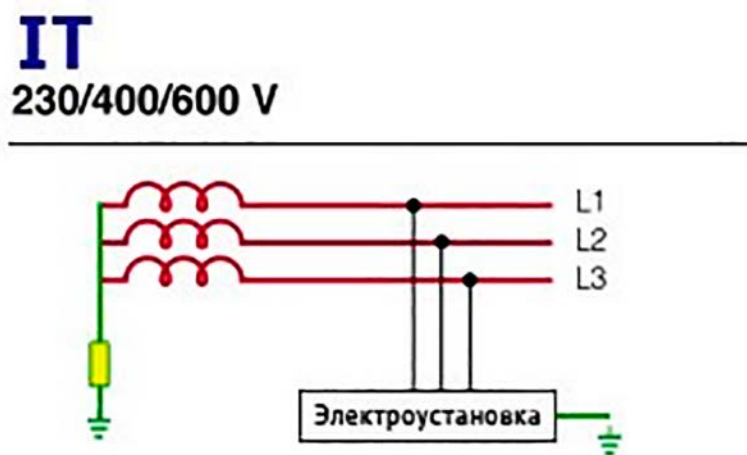
**Рисунок 4.5 – Система TN-C-S переменного тока при однофазном и трехфазном электроприемниках**

Достоинства системы: простота конструкции, при переходе с подсистемы TN-C требует несложной модернизации.

Недостатки системы: нуждается в модернизации стояков в подъездах; при обрыве PEN проводника электроприборы могут оказаться под опасным потенциалом.

**Система IT** – система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены (рис. 4.6).

Питание электроустановок напряжением до 1 кВ переменного тока от источника с изолированной нейтралью с применением системы IT следует выполнять, как правило, при недопустимости перерыва питания во время первого замыкания на землю или на открытые проводящие части, связанные с системой уравнивания потенциалов. В таких электроустановках для защиты при косвенном прикосновении при первом замыкании на землю должно быть выполнено защитное заземление в сочетании с контролем изоляции сети или применены устройства защитного отключения с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. При двойном замыкании на землю должно быть выполнено автоматическое отключение питания.



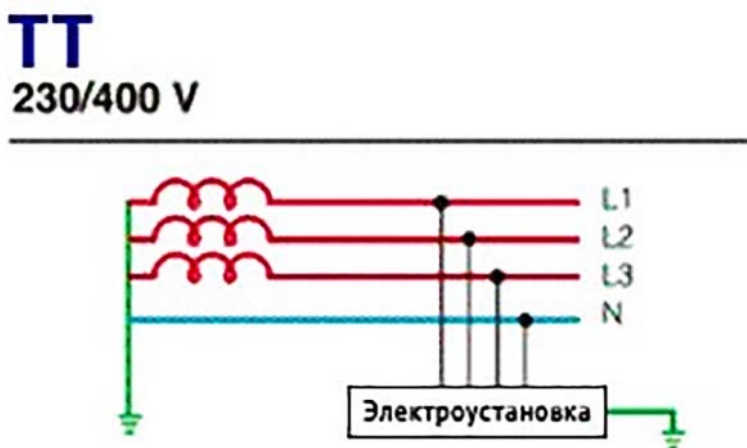
**Рисунок 4.6 – Система IT переменного тока при однофазном и трехфазном электроприемниках**

Система IT применяется для заземления лабораторий и медицинских учреждений, в которых проводятся опыты и работы с чувствительной аппаратурой. При этом все токи и электромагнитные поля сведены к минимуму.

**Система TT** – система, в которой нейтраль источника питания глухо

заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухо заземленной нейтрали источника (рис. 4.7).

Эта система используется для мобильных зданий, таких как вагончики, ларьки, павильоны и др. Допускается только в тех случаях, когда условия электробезопасности в системе TN не могут быть обеспечены.



**Рисунок 4.7 – Система TT переменного тока при однофазном и трехфазном электроприемниках**

Такая система требует высококачественного повторного заземления, с высокими требованиями к сопротивлению. Самым эффективным заземлением в этом случае является модульно-штыревое заземление.

Во всех перечисленных системах рекомендуется в целях безопасности применять устройства защитного отключения.

### **Контрольные вопросы**

1. На какие категории подразделяются электроприемники в отношении обеспечения надежности электроснабжения?
2. Как разделяются электроустановки в отношении мер электробезопасности?

3. Какое цветовое и буквенное обозначение используется для нулевых рабочих и нулевых защитных проводников?
4. Что понимается под глухо заземленной и изолированной нейтралью?
5. Что не допускается использовать в качестве РЕ-проводников?
6. В каких случаях допускается совмещение защитного (РЕ) и нулевого рабочего (N) проводников в одном проводнике (PEN-проводник) в системе TN?
7. Приведите типы систем заземления в электроустановках до 1 000 В.
8. Какие защиты должны применяться в системах TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT для обеспечения электробезопасности?
9. Объясните (с применением схем) назначение, принцип действия и область применения защитного заземления.

### Тестовые вопросы

- 1. Каким образом должны быть обозначены нулевые рабочие (нейтральные) проводники в электроустановках?**
  - а) буквой N и голубым цветом;
  - б) буквой N и белым цветом;
  - в) буквой N и голубым цветом;
  - г) буквой N и серым цветом.
- 2. Каким образом обозначаются проводники защитного заземления, а также нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухо заземленной нейтралью?**
  - а) обозначаются РЕ и имеют цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины желтого и зеленого цветов;
  - б) обозначаются РЕ и имеют цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины белого и зеленого цветов;

в) обозначаются РЕ и имеют цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины желтого и белого цветов.

**3. Каким цветом должны быть обозначены шины трехфазного тока?**

- а) шины фазы А – зеленым, фазы В – желтым, фазы С – красным цветом;
- б) шины фазы А – зеленым, фазы В – красным, фазы С – желтым цветом;
- в) шины фазы А – желтым, фазы В – зеленым, фазы С – красным цветом;
- г) шины фазы А – красным, фазы В – зеленым, фазы С – желтым цветом.

**4. Что, согласно Правилам устройства электроустановок, называется приемником электрической энергии (электроприемником)?**

- а) распределительное устройство, предназначенное для обеспечения потребителей электрической энергией;
- б) подстанция, работающая на определенной территории;
- в) электроустановка, предназначенная для обеспечения потребителей электрической энергией;
- г) аппарат, агрегат и др., предназначенные для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

**5. Что, согласно Правилам устройства электроустановок, называется потребителем электрической энергии?**

- а) электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса передачи и распределения электрической энергии;
- б) электрические и тепловые сети, связанные общностью режимов в непрерывном процессе преобразования, передачи и распределения электрической и тепловой энергии;
- в) электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории;
- г) системы электроснабжения подземных, тяговых и других специальных установок, связанных общностью технологических процессов.

**6. При каких режимах заземления нейтрали, согласно Правилам устройства электроустановок, может предусматриваться работа электрических сетей напряжением 110 кВ?**

а) при режимах с глухо заземленной либо с заземленной через резистор нейтралью;

б) при режимах с глухо заземленной либо с эффективно заземленной нейтралью;

в) при режимах с изолированной (незаземленной) либо с заземленной через дугогасящий реактор нейтралью;

г) при режимах с изолированной (незаземленной) либо с эффективно заземленной нейтралью.

**7. К какой категории, согласно Правилам устройства электроустановок, относятся электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения?**

а) к первой категории;

б) к особой группе первой категории;

в) ко второй категории;

г) к третьей категории.

**8. Какое минимальное количество независимых взаимно резервирующих источников питания, согласно Правилам устройства электроустановок, должно обеспечивать электроэнергией электроприемники первой категории в нормальных режимах, если перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания?**

- а) два источника питания;
- б) три источника питания;
- в) четыре источника питания;
- г) шесть источников питания.

**9. Что представляет собой система TN-C для электроустановок напряжением до 1 кВ?**

а) система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении;

б) система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухо заземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников;

в) система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли, либо заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены;

г) система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении.

**10. Что представляет собой система TN-C-S для электроустановок напряжением до 1 кВ?**

а) система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении;

б) система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухо заземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников;

в) система, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания;

г) система, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5.

### ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТНИКАМ, ДОПУСКАЕМЫМ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

**Цель занятия** – изучить общую характеристику электротехнического персонала; рассмотреть виды инструктажа по безопасности труда и порядок осуществления проверки знаний по электробезопасности.

#### Теоретический материал

**Общая характеристика персонала.** Эксплуатацию электроустановок потребителей должен осуществлять подготовленный электротехнический персонал.

**Административно-технический персонал** – руководители и специалисты, на которых возложены обязанности по организации технического и оперативного обслуживания, проведения ремонтных, монтажных и наладочных работ в электроустановках. Административно-технический персонал имеет права оперативного, ремонтного или оперативно-ремонтного персонала.

**Оперативный персонал** осуществляет оперативное управление (электрохозяйством предприятия) и обслуживание электроустановок (осмотр, оперативные переключения, подготовку рабочего места, допуск и надзор за работающими, выполнение работ в порядке текущей эксплуатации).

**Оперативно-ремонтный персонал** – работники (производственных цехов и участков), специально обученные и подготовленные для оперативного обслуживания в утвержденном объеме закрепленных за ним электроустановок.

**Ремонтный персонал** обеспечивает техническое обслуживание, ремонт, монтаж, наладку и испытание электрооборудования. К категории ремонтного относится персонал специализированных служб (испытательных ла-

бораторий, служб автоматики и контрольно-измерительных приборов), в обязанности которого входит проведение испытаний, измерений, наладка и регулировка электроаппаратуры и т. д.

**Электротехнологический персонал** осуществляет обслуживание электротехнологических установок (электросварка, электролиз и т. д.), а также сложного энергонасыщенного производственно-технологического оборудования, при работе которого требуется постоянное техническое обслуживание и регулировка электроаппаратуры, электроприводов, ручных электрических машин, переносных и передвижных электроприемников, переносного электроинструмента (например, электросварщик, электрик). Работники должны иметь достаточные навыки и знания для безопасного выполнения работ и технического обслуживания закрепленной установки.

**Неэлектротехнический персонал** – производственный персонал, не попадающий под определение «электротехнический» и «электротехнологический персонал».

**Формы работы с персоналом.** Согласно ПТЭЭП в зависимости от категории работников с ними проводятся различные формы работы (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Формы работы с различными категориями работников

Формы работы с персоналом		Административно-технический	Оперативный и оперативно-ремонтный	Ремонтный
Инструктажи по охране труда	вводный	+	+	+
	первичный на рабочем месте	–	+	+
	повторный	–	+	+
	внеплановый	–	+	+
	целевой	+	+	+
Инструктажи по пожарной безопасности		–	+	+
Проверка знаний правил и норм безопасной работы в электроустановках		+	+	+
Профессиональное дополнительное образование		+	+	+

Продолжение таблицы 5.1

Формы работы с персоналом	Административно-технический	Оперативный и оперативно-ремонтный	Ремонтный
Обучение на рабочем месте, стажировка	–	+	+
Дублирование	–	+	–
Специальная подготовка	–	+	–
Контрольные противоаварийные и противопожарные тренировки	–	+	–

### Виды инструктажей по безопасности труда:

**1. Вводный инструктаж** *проводится со всеми вновь принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности.* Командированный персонал по прибытии на место командировки также должен пройти вводный инструктаж. Проводит вводный инструктаж специалист по охране труда (инженер по охране труда или лицо, на которое приказом работодателя возложены эти обязанности).

**2. Первичный инструктаж на рабочем месте** *проводят до начала производственной деятельности:*

а) со всеми вновь принятыми на предприятие;  
б) переводимыми из одного подразделения в другое;  
в) с работниками, выполняющими новую для них работу;  
г) командированными;  
д) временными работниками;  
е) со строителями, выполняющими строительные-монтажные работы на территории действующего предприятия;

ж) со студентами и учащимися, прибывшими на производственное обучение или практику перед выполнением новых видов работ, а также перед изучением каждой новой темы при проведении практических занятий в учебных лабораториях, классах, мастерских, участках;

з) при проведении внешкольных занятий в кружках, секциях.

Лица, которые не связаны с обслуживанием, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, использованием инструмента, хранением и применением сырья и материалов, первичный инструктаж на рабочем месте не проходят.

**3. Повторный инструктаж** *проходят все работающие независимо от квалификации, образования, стажа, характера выполняемой работы не реже одного раза в шесть месяцев.*

**4. Внеплановый инструктаж** проводят:

а) при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;

б) при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;

в) при нарушении работниками или учащимися требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву, пожару, отравлению;

г) по требованию органов государственного надзора;

д) при перерывах в работе: для работ, к которым предъявляют повышенные требования безопасности труда – более чем на 30 календарных дней, для остальных работ – 60 дней.

**5. Целевой инструктаж** проводят:

а) при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности;

б) при уборке территории, выполнении разовых работ вне предприятия, цеха;

в) при производстве работ, на которые оформляется наряд-допуск, разрешение и другие документы;

г) при проведении экскурсии на предприятии, организации массовых мероприятий с учащимися (походы, спортивные соревнования и др.).

Подтверждением проведения и получения целевого инструктажа членами бригады являются подписи членов бригады в таблицах регистрации целевых инструктажей.

**Производственное обучение включает:**

*а) ознакомление с оборудованием, аппаратурой, оперативными схемами;*  
*б) изучение ПУЭ, правил по охране труда, правил и приемов оказания первой помощи при несчастных случаях на производстве, правил применения и испытания средств защиты, ПТЭЭП;*

*г) ознакомление с должностными и производственными инструкциями;*

*д) изучение инструкций по охране труда;*

*е) изучение других правил, нормативных и эксплуатационных документов, действующих у данного потребителя.*

**Стажировка.** Электротехнический персонал до назначения на самостоятельную работу или при переходе на другую работу (должность), связанную с эксплуатацией электроустановок, а также при перерыве в работе в качестве электротехнического персонала продолжительностью более одного года обязан пройти стажировку (производственное обучение) на рабочем месте.

Стажировка проводится под руководством ответственного опытного обучающего работника и осуществляется по программам, разработанным для каждой должности (рабочего места), и утвержденным в установленном порядке. Продолжительность стажировки должна быть от 2 до 14 смен.

**В процессе стажировки работник должен:**

*1) усвоить требования правил эксплуатации, охраны труда, пожарной безопасности и их практическое применение на рабочем месте;*

*2) изучить схемы, производственные инструкции и инструкции по охране*

*труда, знание которых обязательно для работы в данной должности (профессии);*

*3) отработать четкое ориентирование на своем рабочем месте;*

*4) приобрести необходимые практические навыки в выполнении производственных операций;*

*5) изучить приемы и условия безаварийной, безопасной и экономичной эксплуатации обслуживаемого оборудования.*

**Дублирование** – самостоятельная работа под надзором опытного специалиста.

Во время прохождения дублирования обучаемый может производить оперативные переключения, осмотры и другие работы в электроустановках только с разрешения и под надзором обучающего. Ответственность за правильность действий обучаемого и соблюдение им правил несут как сам обучаемый, так и обучающий его работник.

В период дублирования работник должен принять участие в контрольных противоаварийных и противопожарных тренировках с оценкой результатов и оформлением в соответствующих журналах.

После дублирования работник из числа оперативного или оперативно-ремонтного персонала может быть допущен к самостоятельной работе. Продолжительность дублирования – от 2 до 12 рабочих смен.

Если за время дублирования работник не приобрел достаточных производственных навыков или получил неудовлетворительную оценку по противоаварийной тренировке, допускается продление его дублирования на срок от 2 до 12 рабочих смен и дополнительное проведение контрольных противоаварийных тренировок.

Если в период дублирования будет установлена профессиональная непригодность работника к данной деятельности, он снимается с подготовки.

**Проверка знаний.** Классификация видов проверки знания представлена

на рисунке 5.1.

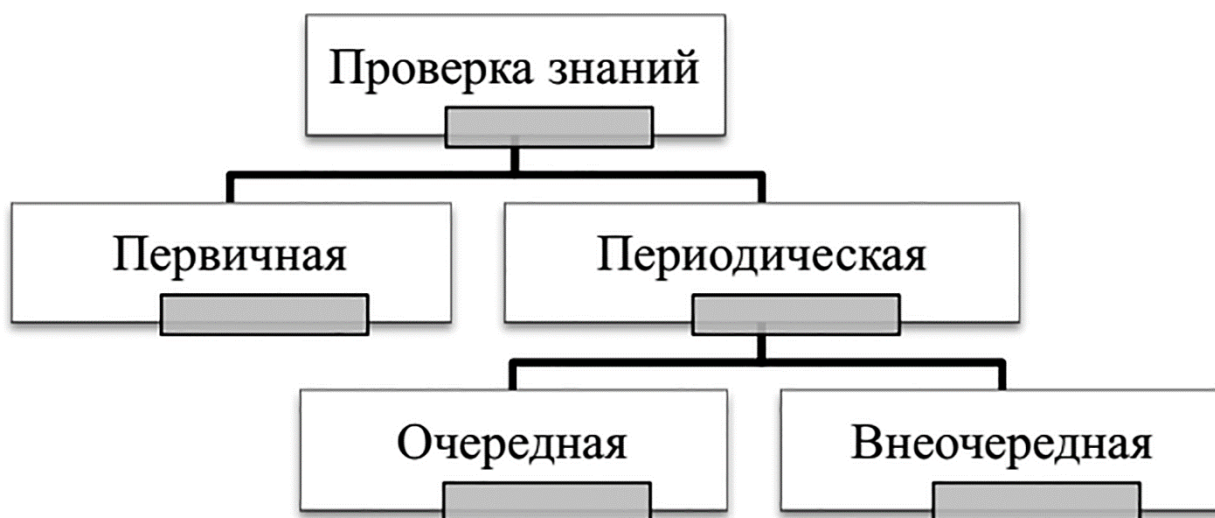


Рисунок 5.1 – Виды проверки знаний

**Первичная проверка знаний** проводится у работников, впервые поступивших на работу, связанную с обслуживанием электроустановок, или при перерыве в проверке знаний продолжительностью более трех лет.

**Очередная проверка** должна производиться в следующие сроки:

а) для электротехнического персонала, непосредственно организующего и проводящего работы по обслуживанию действующих электроустановок или выполняющего в них наладочные, электромонтажные, ремонтные работы или профилактические испытания, а также для персонала, имеющего право выдачи нарядов, распоряжений, ведения оперативных переговоров, – один раз в год;

б) для административно-технического персонала, не относящегося к предыдущей группе, а также для специалистов по охране труда, допущенных к инспектированию электроустановок, – один раз в три года.

**Внеочередная проверка знаний** проводится независимо от срока проведения предыдущей проверки:

а) при введении в действие у потребителя новых или переработанных норм и правил;

б) при установке нового оборудования, реконструкции или изменении

главных электрических и технологических схем (необходимость внеочередной проверки в этом случае определяет технический руководитель);

в) при назначении или переводе на другую работу, если новые обязанности требуют дополнительных знаний норм и правил;

г) при нарушении работниками требований нормативных актов по охране труда;

д) по требованию органов государственного надзора;

е) по заключению комиссий, расследовавших несчастные случаи с людьми или нарушения в работе энергетического объекта;

ж) при повышении знаний на более высокую группу;

з) при проверке знаний после получения неудовлетворительной оценки;

и) при перерыве в работе в данной должности более шести месяцев.

Внеочередная проверка, проводимая по требованию органов государственного надзора и контроля, а также после происшедших аварий, инцидентов и несчастных случаев, не отменяет сроков очередной проверки по графику и может проводиться в комиссии органов Ростехнадзора.

В случае внесения изменений и дополнений в действующие правила внеочередная проверка не проводится, а они доводятся до сведения работников с оформлением в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте.

Работникам, получившим при очередной проверке знаний неудовлетворительную оценку, комиссия назначает повторную проверку в срок не позднее одного месяца со дня последней проверки. Срок действия удостоверения для работника, получившего неудовлетворительную оценку, автоматически продлевается до срока, назначенного комиссией для второй проверки, если нет записанного в журнал проверки знаний специального решения комиссии о временном отстранении работника от работы в электроустановках.

Для проведения проверки знаний руководитель организации должен назначить постоянно действующую комиссию организации в составе не менее

пяти человек. Председателем комиссии назначается, как правило, ответственный за электрохозяйство. Председатель комиссии должен иметь V группу по электробезопасности, если в организации эксплуатируются установки до и выше 1 000 В; и IV группу, если в организации имеются электроустановки напряжением только до 1 000 В.

Все члены комиссии должны иметь группу по электробезопасности и пройти проверку знаний в комиссии вышестоящих хозяйственных органов или в комиссии органов Ростехнадзора. Допускается проверка знаний отдельных членов комиссии на месте, при условии, что председатель и не менее двух членов комиссии прошли проверку знаний в комиссии органов Ростехнадзора.

В структурных подразделениях руководителем организации могут создаваться комиссии по проверке знаний работников структурных подразделений. Члены комиссий структурных подразделений должны пройти проверку знаний норм и правил в постоянно действующей комиссии организации.

При проведении процедуры проверки знаний должны присутствовать не менее трех членов комиссии.

Проверка знаний работников организаций, численность которых не позволяет образовать комиссию по проверке знаний, должна проводиться в комиссиях органов Ростехнадзора. Такие комиссии могут создаваться при специализированных образовательных учреждениях (институтах повышения квалификации, учебных центрах и т. д.). Они назначаются приказом (распоряжением) руководителя органа Ростехнадзора. Председателем комиссии назначается старший государственный инспектор по энергетическому надзору.

Представители органов государственного надзора и контроля по их решению могут принимать участие в работе комиссий по проверке знаний всех уровней.

Результаты проверки знаний работника оформляются протоколом, который регистрируется в специальном журнале, и заносятся в его удостоверение.

*Практическое занятие № 5. Требования к работникам, допускаемым к выполнению работ в электроустановках*

По результатам проверки знаний электротехническому и электротехнологическому персоналу присваивается группа допуска по электробезопасности, которая определяет уровень знаний безопасных методов работы с электричеством. Существует пять групп допуска (табл. 5.2).

**Таблица 5.2 – Группы допуска по электробезопасности**

Группа допуска	Персонал	Требования к объему знаний
I	неэлектротехнический персонал организации, который не обслуживает и не работает на действующих электроустановках, но при этом подвергается риску поражения электрическим током в ходе работы; список профессий (должностей) утверждает руководитель организации; лица из числа электротехнического и электротехнологического персонала при отсутствии у них специального образования и стажа работы в электроустановках	сотрудник должен знать об опасности электрического тока, о безопасных методах выполнения своих обязанностей, а также о способах оказания элементарной первой помощи при поражениях электрическим током; присвоение I группы по электробезопасности проводится с периодичностью не реже одного раза в год
II	электротехнологический и электротехнический персонал организации, непосредственно работающий с действующими электроустановками (их частями) и имеющий к ним доступ	знания в объеме первой группы; иметь представление об общих принципах работы электроустановок, находящихся в ведении специалиста; иметь навыки по оказанию первой помощи в случае поражения электрическим током; персонал второй группы должен четко знать, что именно должен сделать специалист с третьей группой, чтобы обеспечить безопасность выполняемых работ; вторая группа допуска по электробезопасности является максимальной, которую может получить лицо, не достигшее 18-летнего возраста
III	электротехнический персонал с правом самостоятельной работы на действующей электроустановке	знание материала второй группы; правил организации безопасного выполнения работ; правил выбора защитных средств и правил их хранения; на экзамене проверяемый должен четко продемонстрировать, что не только сам не попадет под действие электрического тока, но и обеспечит безопасность работ подчиненных работников со второй группой; специалист должен знать устройство электроустановок и порядок их технического обслуживания; иметь навыки освобождения человека от действия электрического тока

Продолжение таблицы 5.2

Группа допуска	Персонал	Требования к объему знаний
IV	электротехнический персонал с правом на обслуживание электроустановок напряжением выше 1 000 В; государственные инспекторы, специалисты по охране труда, контролирующие электроустановки должны иметь группу по электробезопасности IV с правом инспектирования; требуемый общий производственный стаж (не обязательно в электроустановках) – не менее трех лет	знания в объеме, предусмотренном тремя предыдущими группам; знание ПУЭ в объеме своей электроустановки ПТЭ, ПТЭЭП, должностные инструкции и т. д.; уметь читать схемы; уметь организовать безопасную работу подчиненных во всех аспектах безопасности (знать противопожарную безопасность и обычные «неэлектрические» правила охраны труда и т. д.); иметь навыки проведения инструктажей и обучения персонала
V	электротехнический персонал (административно-технический персонал организации)	V группа предполагает максимальную ответственность специалиста и его способность выполнять любую работу в электроустановках, а также осуществлять руководство такими работами вплоть до выполнения обязанностей ответственного за электрохозяйство; знание схем и компоновки всего электрооборудования, находящегося в ведении специалиста; знание норм безопасности, правил использования средств защиты, а также сроков проведения их испытаний; знание нормативных документов по электро- и пожарной безопасности; умение донести и разъяснить эти нормы при проведении инструктажа; умение организовать руководство работами любой сложности в любых электроустановках

Также комиссия по проверке знаний норм и правил работы в электроустановках определяет работнику, в качестве какого персонала он допускается к работам в электроустановках (оперативного, ремонтного, оперативно-ремонтного, административно-технического).

Если работники обладают правом проведения специальных работ, то они должны иметь об этом запись в удостоверении.

#### **К специальным работам относятся:**

**1) верхолазные работы** – работы, выполняемые на высоте более 5 метров от поверхности земли, перекрытия или рабочего настила, над которым производятся работы непосредственно с конструкцией или оборудованием при их

монтаже или ремонте с обязательным применением средств защиты от падения с высоты (предохранительный пояс);

**2) работы под напряжением на токоведущих частях** – работы без снятия напряжения с электроустановки, выполняемые с прикосновением к первичным токоведущим частям, находящимся под рабочим напряжением, или на расстоянии от этих токоведущих частей менее допустимого;

**3) испытания оборудования повышенным напряжением (за исключением работ с мегаомметром);**

**4) работы под наведенным напряжением** – работы, выполняемые со снятием рабочего напряжения с электроустановки или ее части с прикосновением к токоведущим частям, находящимся под наведенным напряжением более 25 В на рабочем месте или на расстоянии от этих токоведущих частей менее допустимого.

Проверка знаний электротехнического и электротехнологического персонала, работающего непосредственно в электроустановках, производится ежегодно. То же самое касается административно-технического персонала с правом работы в электроустановках по должности. Прочий административно-технический персонал, включая инженеров по охране труда, аттестуется один раз в три года.

### **Контрольные вопросы**

1. Кто относится к электротехническому, электротехнологическому и неэлектротехническому персоналу?

2. Какие обязательные формы работы проводятся с административно-техническим, оперативным, ремонтным и оперативно-ремонтным персоналом?

3. Каковы сроки очередных проверок знаний у персонала, эксплуатирующего электроустановки напряжением до 1 000 В и выше?

4. Как осуществляется подготовка персонала к присвоению I группы по

электробезопасности?

5. Какую группу по электробезопасности должен иметь специалист по охране труда, контролирующий электроустановки?

6. Какие существуют виды инструктажей по безопасности труда?

7. Каковы требования к электротехническому персоналу до назначения на самостоятельную работу?

8. В чем различие между стажировкой и дублированием?

9. Какие существуют виды проверки знаний работников, связанных с обслуживанием электроустановок и каков порядок первичной проверки знаний?

10. Каков состав комиссии по проверке знаний электротехнического персонала?

11. Какие работы относятся к специальным?

### **Тестовые вопросы**

**1. Кто проводит присвоение группы I по электробезопасности неэлектротехническому персоналу?**

а) работник из числа электротехнического персонала организации с группой по электробезопасности не ниже II;

б) работник из числа электротехнического персонала организации с группой по электробезопасности не ниже III;

в) работник из числа электротехнического персонала организации с группой по электробезопасности не ниже IV.

**2. С каким персоналом обязательной формой работы (профессиональной подготовки) является дублирование?**

а) с административно-техническим персоналом;

б) с оперативным и оперативно-ремонтным персоналом;

в) с ремонтным персоналом;

г) с административно-техническим и ремонтным персоналом.

**3. Какие из мероприятий необходимо провести с командированным персоналом в организации, где этот персонал будет работать в электроустановках?**

- а) вводный инструктаж по безопасности труда;
- б) первичный инструктаж по безопасности труда;
- в) ознакомление командированных работников с электрической схемой и особенностями электроустановки, в которой им предстоит работать;
- г) все вышеперечисленные мероприятия.
- д) мероприятия, перечисленные выше пунктах б) и в).

**4. Может ли обучаемый во время прохождения дублирования производить оперативные переключения?**

- а) нет, не может;
- б) да, может, только с разрешения и под надзором обучающего.

**5. Какая периодичность присвоения группы I по электробезопасности установлена для неэлектротехнического персонала?**

- а) не реже одного раза в шесть месяцев;
- б) не реже одного раза в год;
- в) не реже одного раза в два года;
- г) не реже одного раза в три года.

**6. На какой состав подразделяется электротехнический персонал?**

- а) на административно-технический и оперативно-ремонтный;
- б) на административный, технический, оперативный и ремонтный;
- в) на административно-технический, оперативный, ремонтный и оперативно-ремонтный.

**7. Какая группа по электробезопасности может быть присвоена специалисту по охране труда, контролирующему электроустановки?**

- а) II группа по электробезопасности;
- б) III группа по электробезопасности;

- в) IV группа по электробезопасности;
- г) группа III с правом инспектирования;
- д) группа IV с правом инспектирования.

**8. Относятся ли специалисты по охране труда, контролирующие электроустановки, к электротехническому (электротехнологическому) персоналу?**

- а) да, относятся;
- б) нет, не относятся.

**9. Какой вид проверки установлен для работника при перерыве в проверке его знаний более трех лет?**

- а) первичная проверка знаний;
- б) очередная проверка знаний;
- в) внеочередная проверка знаний.

**10. В каких случаях работники проходят первичную проверку знаний?**

- а) при первом поступлении на работу, связанную с обслуживанием электроустановок;
- б) при перерыве в проверке знаний более трех лет;
- в) при назначении или переводе на другую работу, если новые обязанности требуют дополнительных знаний норм и правил;
- г) в случаях, перечисленных в пунктах а) и б);
- д) в случаях, перечисленных в пунктах а) и в).

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6.**  
**ПОРЯДОК И УСЛОВИЯ ПРОИЗВОДСТВА**  
**РАБОТ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**

**Цель занятия** – изучить порядок организации работ в электроустановках.

**Теоретический материал**

**Общая характеристика организационных мероприятий.** Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

- 1) оформление наряда, распоряжения или перечня работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;*
- 2) выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск к работе;*
- 3) допуск к работе;*
- 4) надзор во время работы;*
- 5) оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.*

**Наряд-допуск** – это задание на производство работ в электроустановках, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее содержание, место, время начала и окончания работы, условия ее безопасного проведения, состав бригады и работников, ответственных за безопасное выполнение работ.

По наряду должны производиться, как правило, плановые работы (например, заменить трансформатор на подстанции).

**Распоряжение** – это задание на производство работ в электроустановках, оформленное в оперативном журнале лицом, отдавшим распоряжение, либо лицом оперативного состава, получившим распоряжение в устной

---

*форме непосредственно или с помощью средств связи от лица, отдавшего распоряжение (например, покрасить заграждения вокруг подстанции).*

**Работы, выполняемые в порядке текущей эксплуатации** – это проведение оперативным (оперативно-ремонтным) персоналом на закрепленной за ним электроустановке напряжением до 1 000 В небольших по объему ремонтных и технических работ в течение одной рабочей смены по утвержденному перечню.

**Порядок организации работ в электроустановках с оформлением наряда-допуска.** Право выдачи нарядов и распоряжений предоставляется работникам из числа административно-технического персонала организации, имеющим группу V – в электроустановках напряжением выше 1 000 В и группу IV – в электроустановках напряжением до 1 000 В.

В случае отсутствия работников, имеющих право выдачи нарядов и распоряжений, при работах по предотвращению аварий или ликвидации их последствий допускается выдача нарядов и распоряжений работниками из числа оперативного персонала, имеющими группу IV. Предоставление оперативному персоналу права выдачи нарядов и распоряжений должно быть оформлено письменным указанием руководителя организации.

Наряд выписывается в двух, а при передаче его по телефону или радио – в трех экземплярах. При этом выдающий наряд выписывает один экземпляр наряда, а работник, принимающий текст в виде телефоно- или радиограммы, факса или электронного письма заполняет два экземпляра наряда и после обратной проверки указывает на месте подписи выдающего наряд его фамилию и инициалы, подтверждая правильность записи своей подписью.

Наряд выдается на срок не более 15 календарных дней со дня начала работы и может быть продлен один раз на срок не более 15 календарных дней со дня продления. При перерывах в работе наряд остается действительным.

Продлевать наряд может работник, выдавший данный наряд, или другой

работник, имеющий право выдачи наряда на работы в данной электроустановке.

Наряды, работы по которым полностью закончены, должны храниться в течение 30 суток, после чего они могут быть уничтожены. Если при выполнении работ по нарядам имели место аварии, инциденты или несчастные случаи, то эти наряды следует хранить в архиве организации вместе с материалами расследования.

Учет работ по нарядам ведется в журнале учета работ по нарядам и распоряжениям.

#### **Порядок организации работ в электроустановках по распоряжению.**

Распоряжение имеет разовый характер, срок его действия определяется продолжительностью рабочего дня исполнителей.

Распоряжение должно отдаваться заново:

- 1) при необходимости продолжения работы;
- 2) при изменении условий работы;
- 3) при изменении состава бригады.

При перерывах в работе в течение одного дня повторный допуск осуществляется производителем работ.

По распоряжению выполняются неотложные работы в установках свыше 1 000 В продолжительностью не более одного часа. Работы продолжительностью свыше одного часа должны проводиться по наряду.

Неотложные работы – работы, выполняемые безотлагательно для предотвращения воздействия на человека опасного производственного фактора, который приведет к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья, а также работы по устранению неисправностей и повреждений, угрожающих нарушением нормальной работы оборудования, сооружений, устройств тепловой автоматики, средств диспетчерского и технологического управления, электро- и теплоснабжения потребителей.

Допуск к работам в электроустановках должен быть осуществлен после выполнения технических мероприятий по подготовке рабочего места, определяемых работником, выдающим распоряжение.

Распоряжение отдается производителю работ и допускающему.

При проведении работ производитель работ (наблюдающий) из числа оперативного персонала, выполняющий работу или осуществляющий наблюдение за работающими в электроустановках напряжением выше 1 000 В, должен иметь группу IV, а в электроустановках напряжением до 1 000 В – группу III. Члены бригады, работающие в электроустановках напряжением до и выше 1 000 В, должны иметь группу III.

В электроустановках напряжением до 1 000 В, расположенных в помещениях, кроме особо опасных и в особо неблагоприятных условиях в отношении поражения людей электрическим током, работник, имеющий группу III и право быть производителем работ, имеет право работать единолично.

В электроустановках напряжением выше 1 000 В одному работнику, имеющему группу III, по распоряжению допускается проводить:

- 1) благоустройство территории открытых распределительных устройств, скашивание травы, расчистку от снега дорог и проходов;
- 2) ремонт и обслуживание устройств проводной радио- и телефонной связи, осветительной электропроводки и арматуры, расположенных вне камер распределительных устройств на высоте не более 2,5 м;
- 3) нанесение (восстановление) диспетчерских (оперативных) наименований и других надписей вне камер распределительных устройств;
- 4) наблюдение за сушкой трансформаторов, генераторов и другого оборудования, выведенного из работы;
- 5) обслуживание маслоочистительной и прочей вспомогательной аппаратуры при очистке и сушке масла;
- 6) работы на электродвигателях и механической части вентиляторов и

маслонасосов трансформаторов, компрессоров и др.

По распоряжению единолично уборку коридоров закрытых распределительных устройств и электропомещений с электрооборудованием напряжением до и выше 1 000 В, где токоведущие части ограждены, имеет право выполнять работник, имеющий группу II. Уборку в открытых распределительных устройствах имеет право выполнять один работник, имеющий группу III.

На воздушных линиях по распоряжению могут выполняться работы на проводящих частях (частях электроустановки, на которых не исключено появление напряжения в аварийных режимах работы; например, корпус электрической машины), не требующих снятия напряжения, в том числе:

- 1) с подъемом до трех метров, считая от уровня земли до ног работающего;
- 2) без разборки конструктивных частей опоры;
- 3) с откапыванием стоек опоры на глубину до 0,5 метров;
- 4) по расчистке трассы ВЛ, когда исключено падение на провода вырубаемых деревьев, сучьев, также исключено приближение на недопустимое расстояние к проводам работников, осуществляющих обрубку веток и сучьев, и применяемых ими приспособлений и механизмов.

Одному работнику, имеющему группу II, разрешается выполнять по распоряжению следующие работы:

- 1) осмотр ВЛ в светлое время суток при благоприятных метеоусловиях, в том числе с оценкой состояния опор, проверкой загнивания деревянных оснований опор;
- 2) восстановление постоянных обозначений на опоре;
- 3) замер габаритов угломерными приборами;
- 4) противопожарную очистку площадок вокруг опор;
- 5) окраску бандажей на опорах.

---

**Порядок организации работ в электроустановках, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.** Небольшие по объему ремонтные работы и работы по техническому обслуживанию, выполняемые в течение рабочей смены и разрешенные к производству в порядке текущей эксплуатации, должны содержаться в перечне работ. Перечень работ подписывается техническим руководителем или ответственным за электрохозяйство и утверждается руководителем организации или руководителем обособленного подразделения. При этом должны быть соблюдены следующие требования:

- 1) работа в порядке текущей эксплуатации (перечень работ) распространяется только на электроустановки напряжением до 1 000 В;
- 2) работа выполняется силами оперативного или оперативно-ремонтного персонала на закрепленном за этим персоналом оборудовании (участке).

Подготовка рабочего места осуществляется теми же работниками, которые в дальнейшем выполняют необходимую работу.

Работа в порядке текущей эксплуатации, включенная в перечень, является постоянно разрешенной, на которую не требуется каких-либо дополнительных указаний, распоряжений, целевого инструктажа.

При оформлении перечня работ в порядке текущей эксплуатации следует учитывать условия обеспечения безопасности и возможности единоличного выполнения конкретных работ, квалификацию персонала, степень важности электроустановки в целом или ее отдельных элементов в технологическом процессе.

К работам (перечню работ), выполняемых в порядке текущей эксплуатации в электроустановках до 1 000 В, могут быть отнесены:

- 1) присоединение, отсоединение кабелей, проводов электродвигателей, другого оборудования;
- 2) работы в электроустановках с односторонним питанием;

3) ремонт контакторов, магнитных пускателей, автоматических выключателей, устройств защитных отключений, пусковых кнопок, рубильников, установленных вне распределительных устройств сборок, щитов;

4) ремонт отдельных электроприемников, относящихся к инженерному оборудованию зданий и сооружений (электродвигателей, электрокалориферов, вентиляторов, насосов, установок кондиционирования воздуха);

5) ремонт отдельно расположенных магнитных станций и блоков управления; уход за щеточным аппаратом на нерабочем электродвигателе;

6) снятие и установка электросчетчиков, других приборов и средств измерений;

7) замена предохранителей, ремонт осветительной электропроводки и арматуры, замена ламп и чистка светильников, расположенных на высоте не более 2,5 метров;

8) измерения, проводимые с использованием мегаомметра;

9) другие работы, выполняемые на территории организации, в служебных и жилых помещениях, складах, мастерских.

Приведенный перечень не является исчерпывающим. Он может быть дополнен руководством организации, но не должен противоречить Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Перечень работ в порядке текущей эксплуатации должен содержать указания, определяющие виды работ, разрешенные к выполнению единолично и бригадой.

Все выполненные в порядке текущей эксплуатации работы, должны записываться в оперативный журнал.

**Работники, ответственные за безопасное ведение работ.** Ответственными за безопасность работ в электроустановках являются:

1) выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

- 2) выдающий разрешение на подготовку рабочего места и на допуск;
- 3) допускающий;
- 4) ответственный руководитель работ;
- 5) производитель работ;
- 6) наблюдающий;
- 7) члены бригады.

**Работник, выдающий наряд, отдающий распоряжение**, определяет необходимость и возможность безопасного выполнения работы. Он отвечает:

- 1) за достаточность и правильность указанных в наряде (распоряжении) мер безопасности;
- 2) за качественный и количественный состав бригады и назначение ответственных за безопасность выполнения работ;
- 3) за соответствие выполняемой работе групп перечисленных в наряде работников;
- 4) за проведение целевого инструктажа ответственному руководителю работ (производителю работ, наблюдающему).

Работник, выдающий разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к работам в электроустановках, отвечает:

- 1) за дачу команд по отключению и заземлению оборудования и получению подтверждения их выполнения, а также самостоятельные действия по отключению и заземлению оборудования в соответствии с мероприятиями по подготовке рабочего места, определенными нарядом (распоряжением) с учетом фактической схемы электроустановок и электрической сети;
- 2) за возможность безопасного осуществления отключения, включения и заземления оборудования, находящегося в его управлении;
- 3) за координацию времени и места допускаемых к работам в электроустановках бригад, в том числе учет бригад, получение информации от всех допущенных к работам в электроустановках бригад (допускающих) о полном

окончании работ и возможности включения электроустановки в работу;

4) за правильность данных команд, самостоятельных действий по включению коммутационных аппаратов в части исключения подачи напряжения на рабочие места допущенных бригад.

Право выдачи разрешений на подготовку рабочих мест и допуск к работам на объектах электросетевого хозяйства предоставляется оперативному персоналу с группой IV или V в соответствии с должностными инструкциями и распределением оборудования по способам оперативного управления.

**Ответственный руководитель работ** отвечает за выполнение всех указанных в наряде мероприятий по подготовке рабочего места и их достаточность; за принимаемые им дополнительные меры безопасности, необходимые по условиям выполнения работ; за полноту и качество целевого инструктажа бригады, в том числе проводимого допускающим и производителем работ, а также за организацию безопасного ведения работ.

Ответственными руководителями работ в электроустановках напряжением выше 1 000 В назначаются работники из числа административно-технического персонала, имеющие группу V, в электроустановках напряжением до 1 000 В – группу IV.

Необходимость назначения ответственного руководителя работ определяет работник, выдающий наряд, которому разрешается назначать ответственного руководителя работ. Выдающий наряд имеет право не назначать ответственного руководителя работ при выполнении работ в распределительных устройствах напряжением выше 1 000 В с одиночной секционированной или несекционированной системой шин, не имеющей обходной системы шин, а также на ВЛ, КВЛ и КЛ, всех электроустановках напряжением до 1 000 В (электроустановки с простой и наглядной схемой).

**Допускающий** – работник из числа электротехнического персонала (опе-

ративного персонала), производящий подготовку рабочих мест и оценку достаточности принятых мер по их подготовке, инструктирующий членов бригады и осуществляющий допуск к работе.

Допускающий отвечает за:

1) за правильность выполнения необходимых для допуска и производства работ мер безопасности, их достаточность и соответствие характеру и месту работы;

2) за правильный допуск к работе, приемку рабочего места по окончании работы с оформлением в нарядах или журналах;

3) за полноту и качество проводимого целевого инструктажа.

В электроустановках напряжением до 1 000 В допускающий должен иметь группу III, в электроустановках до 1 000 В – группу IV.

**Производитель работ (например, бригадир)**, принимая рабочее место от допускающего, отвечает:

1) за соответствие подготовленного рабочего места мероприятиям, необходимым при подготовке рабочих мест, и отдельным указаниям наряда;

2) за четкость и полноту целевого инструктажа членов бригады;

3) за наличие, исправность и правильное применение необходимых средств защиты, инструмента, инвентаря и приспособлений;

4) за сохранность на рабочем месте ограждений, плакатов (знаков безопасности), предназначенных для предупреждения человека о возможной опасности, запрещении или предписании определенных действий, а также для информации о расположении объектов, использование которых связано с исключением или снижением последствий воздействия опасных или вредных производственных факторов (плакаты, знаки безопасности), заземлений, запирающих устройств;

5) за безопасное проведение работы и соблюдение правил электробезопасности им самим и членами бригады;

б) за осуществление постоянного контроля за членами бригады.

Производитель работ, выполняемых по наряду в электроустановках напряжением выше 1 000 В, должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV, в установках до 1 000 В – группу не ниже III. Производитель работ, выполняемых по распоряжению во всех электроустановках, должен иметь группу не ниже III.

**Наблюдающий** назначается для надзора за бригадами, не имеющими права самостоятельного производства работ в электроустановках (строительные рабочие, разнорабочие, неэлектротехнический персонал).

Наблюдающим назначается работник, имеющий группу III.

Наблюдающий отвечает:

- 1) за соответствие подготовленного рабочего места мероприятиям, необходимым при подготовке рабочих мест и отдельным указаниям наряда;
- 2) за четкость и полноту целевого инструктажа членов бригады;
- 3) за наличие и сохранность установленных на рабочем месте заземлений, ограждений, плакатов и знаков безопасности, запирающих устройств приводов;
- 4) за безопасность членов бригады в отношении поражения электрическим током электроустановки.

Наблюдающий за электротехническим персоналом, в том числе командированным, назначается в случае проведения работ в электроустановках при особо опасных условиях, определяемых лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия, где эти работы производятся.

Член бригады отвечает за соблюдение требований Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, инструкций по охране труда соответствующих организаций и инструктивных указаний, полученных при допуске к работе и во время работы.

**Бригада** – группа из двух человек и более, включая производителя работ.

Численность бригады и ее состав с учетом квалификации членов бригады по электробезопасности должны определяться исходя из условий выполнения работы, а также возможности обеспечения надзора за членами бригады со стороны производителя работ (наблюдающего).

Член бригады, руководимой производителем работ, должен иметь группу III, а при выполнении работ на ВЛ – группу IV.

В состав бригады на каждого работника, имеющего группу III, допускается включать одного работника, имеющего группу II, но общее число членов бригады, имеющих группу II, не должно превышать трех.

Оперативный персонал, находящийся на дежурстве, по разрешению работника из числа вышестоящего оперативного персонала разрешено привлекать к работе в бригаде с записью в оперативном журнале и оформлением в наряде.

Работникам, ответственным за безопасное ведение работ, допускается совмещать обязанности (табл. 6.1).

**Таблица 6.1 – Дополнительные обязанности работников, ответственных за безопасное ведение работ**

<b>Ответственный работник</b>	<b>Дополнительные обязанности</b>
Выдающий наряд, отдающий распоряжение	Ответственный руководитель работ, производитель работ, допускающий
Ответственный руководитель работ	Производитель работ, допускающий
Производитель работ из числа оперативного и оперативно-ремонтного персонала	Допускающий
Производитель работ с группой IV	Допускающий

Правомерно выполнение работником обязанностей допускающего и выдающего разрешение на подготовку рабочего места и допуск, при наличии у допускающего прав оперативного управления оборудованием, которое необходимо отключать и заземлять в соответствии с мерами безопасности для производства работ, и прав ведения оперативных переговоров с работниками, выполняющими необходимые отключения и заземления оборудования на объектах, не находящихся в оперативном управлении допускающего.

Допускающий из числа оперативного персонала может выполнять обязанности члена бригады.

На воздушных линиях всех уровней напряжения допускается совмещение ответственным руководителем или производителем работ из числа ремонтного персонала обязанностей допускающего в тех случаях, когда для подготовки рабочего места требуется только проверить отсутствие напряжения и установить переносные заземления на месте работ без оперирования коммутационными аппаратами.

Ответственный за электрохозяйство и его заместитель назначаются руководителем потребителя для непосредственного выполнения обязанностей по организации эксплуатации электроустановок.

Ответственный за электрохозяйство и его заместитель назначаются из числа руководителей и специалистов организации. При наличии в организации должности главного энергетика обязанности ответственного за электрохозяйство, как правило, возлагаются на него.

У потребителей, установленная мощность электроустановок которых не превышает 10 кВА, работник, замещающий ответственного за электрохозяйство, может не назначаться.

### **Контрольные вопросы**

1. Что включают в себя организационные мероприятия, обеспечивающие электробезопасность?
2. Дайте определение понятию «наряд-допуск».
3. Кто является ответственным за безопасность при выполнении работ по наряду-допуску?
4. Какой работник имеет право единоличного осмотра электроустановок?
5. Каков порядок хранения и выдачи ключей от электроустановок?
6. Каковы общие принципы действия персонала при выполнении работ по наряду-допуску или распоряжению?

7. В каких случаях работы производятся по технологическим картам или проектам производства работ?
8. Какие лица имеют право выдачи нарядов, распоряжений?
9. Какая ответственность установлена для выдающего наряд, от дающего распоряжение?
10. Каков порядок назначения и ответственность ответственного руководителя работ?
11. Какая ответственность установлена для допускающего?
12. Какая ответственность установлена для производителя работ?
13. Какая ответственность установлена для членов бригады?
14. В каких случаях назначается наблюдающий и какая ответственность установлена для него?
15. Каков порядок оформления и выдачи наряда-допуска, срок действия и хранение наряда-допуска?
16. Каков порядок оформления полного окончания работ по наряду-допуску, распоряжению?
17. Дайте определение понятию «распоряжение». Каков порядок выдачи и оформления распоряжения?
18. Как осуществляется организация работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации?
19. Какие работы могут быть отнесены к работам, выполняемым в порядке текущей эксплуатации в электроустановках?
20. Каков порядок допуска бригады к работе по наряду, распоряжению и какая ответственность установлена для допускающего?
21. Кто проводит целевой инструктаж при работе по наряду, распоряжению? Каково содержание целевого инструктажа и как оформляется целевой инструктаж при работе по наряду, распоряжению?
22. Каковы виды работ, выполняемых по распоряжению?

### Тестовые вопросы

**1. Какой срок действия установлен для распоряжений на выполнение работ в электроустановках?**

- а) 15 календарных дней;
- б) 10 календарных дней;
- в) 5 календарных дней;
- г) срок действия определяется продолжительностью рабочего дня или смены исполнителей.

**2. В каком случае могут проводиться неотложные работы по распоряжению в электроустановках напряжением выше 1 000 В?**

- а) в случае, если продолжительность работ составляет не более одного часа без учета времени на подготовку рабочего места;
- б) в случае, если продолжительность работ составляет не более двух часов без учета времени на подготовку рабочего места;
- в) в случае, если продолжительность работ составляет не более двух часов с учетом времени на подготовку рабочего места;
- г) в случае, если продолжительность работ составляет не более трех часов с учетом времени на подготовку рабочего места;
- д) ни в каком случае, так как неотложные работы в электроустановках напряжением выше 1 000 В могут проводиться только по наряду-допуску.

**3. За что отвечает производитель работ?**

- а) за соответствие подготовленного рабочего места мероприятиям, необходимым при подготовке рабочих мест и отдельным указаниям наряда;
- б) за четкость и полноту целевого инструктажа членов бригады;
- в) за наличие, исправность и правильное применение необходимых средств защиты, инструмента, инвентаря и приспособлений;
- г) за осуществление постоянного контроля за членами бригады;
- д) за все перечисленное.

**4. Кто может назначаться ответственным руководителем работ при работе в электроустановках напряжением выше 1 000 В?**

- а) работники из числа административно-технического персонала, имеющие группу по электробезопасности не ниже IV;
- б) работники из числа административно-технического персонала, имеющие группу по электробезопасности не ниже V;
- в) работники из числа оперативного персонала, имеющие группу по электробезопасности не ниже IV;
- г) работники из числа оперативного персонала, имеющие группу по электробезопасности не ниже V.

**5. В каких случаях руководитель потребителя может назначить ответственных за электрохозяйство структурных подразделений (филиалов)?**

- а) по представлению ответственного за электрохозяйство;
- б) по представлению местного органа государственного энергетического надзора;
- в) по представлению руководителя структурного подразделения (филиала);
- г) по собственному усмотрению.

**6. Кто определяет необходимость назначения ответственного руководителя работ в электроустановке?**

- а) выдающий наряд;
- б) допускающий;
- в) наблюдающий;
- г) ответственный за электрохозяйство организации.

**7. Какое мероприятие не относится к организационным, обеспечивающим безопасность работ в электроустановках?**

- а) допуск к работе;

б) надзор во время работы;

в) оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы;

г) оформление технологической карты производственного процесса.

**8. Кто может назначаться производителем работ, выполняемых под напряжением в электроустановках напряжением до 1 000 В по наряду?**

а) работник, имеющий группу по электробезопасности не ниже III;

б) работник, имеющий группу по электробезопасности не ниже IV;

в) работник, имеющий группу по электробезопасности не ниже V.

**9. Какие дополнительные обязанности может выполнять выдающий наряд в электроустановках, не имеющих местного оперативного персонала?**

а) обязанности ответственного руководителя работ или производителя работ;

б) обязанности производителя работ или допускающего;

в) обязанности ответственного руководителя работ или производителя работ, или допускающего.

**10. Кому разрешается изменять состав бригады при работах по наряду?**

а) работнику, выдавшему наряд;

б) работнику, имеющему право выдачи наряда на выполнение работ в данной электроустановке;

в) допускающему;

г) любому из перечисленных выше работников;

д) любому из работников, перечисленных в пунктах а) и б).

---

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7.

### РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

**Цель занятия** – изучить общие сведения о заземлении; изучить методику расчета заземляющего устройства; произвести расчет заземляющего устройства.

#### Теоретический материал

Анализ несчастных случаев в промышленности, сопровождающихся временной утратой трудоспособности пострадавших, показывает, что число травм, вызванных электрическим током, сравнительно невелико и составляет 0,5–1 % общего числа несчастных случаев на производстве (в электроэнергетике – 3–3,5 %).

Совершенно иная картина будет, если рассматривать только смертельные несчастные случаи. При этом оказывается, что из общего числа смертельных несчастных случаев на производстве 20–40 % (а в энергетике – до 60 %) происходит в результате поражения электрическим током, что, как правило, больше, чем по какой-либо иной причине, причем 75–80 % смертельных поражений током происходит при напряжении до 1 000 В.

Статистика свидетельствует, что частота смертельного электротравматизма в электроустановках зданий в России составляет примерно  $30 \cdot 10^{-6}$ , в то время как в развитых странах эта цифра не превышает  $1 \cdot 10^{-6}$  (что является допустимым риском смертельных случаев для человека).

Развитие электротехники сопровождается непрерывным совершенствованием применяемого электрооборудования, поиском новых технических решений при создании электроустановок. Заземляющее устройство является неотъемлемой частью каждой электроустановки напряжением до 1 кВ и выше.

Условия работы заземляющего устройства определяются, в первую очередь, удельным электрическим сопротивлением земли и электрическими параметрами заземляющих и защитных проводников.

Одной из функций заземляющего устройства является защита от поражения электрическим током. Защитное заземление – одна из основных мер защиты, обеспечивающих безопасность электроустановки. В настоящее время заземление и меры защиты регламентируются двумя основополагающими нормативными документами: Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и комплексом стандартов ГОСТ Р 50571 (МЭК–364).

**Защитное заземление.** *Заземление – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электрической установки или оборудования с заземляющим устройством.*

**Защитное заземление** – заземление, выполненное в целях безопасности.

**Рабочее заземление** – *преднамеренное электрическое соединение с землей отдельных точек электрической цепи, например, нейтральных точек обмоток генераторов, силовых и измерительных трансформаторов и т. д.* Рабочее заземление предназначено для обеспечения надлежащей работы электроустановки в нормальных или аварийных условиях и осуществляется непосредственно или через специальные аппараты – пробивные предохранители, разрядники, резисторы и т. д.

**Заземление молниезащиты** – *преднамеренное электрическое соединение с землей молниеприемников и разрядников с целью отвода от них токов молнии в землю.*

**Замыкание на корпус** *или, точнее, электрическое замыкание на корпус – это случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями электроустановки.* Замыкание на корпус может быть результатом, например, случайного касания токоведущей части корпуса машины, повреждения изоляции, падения провода, находящегося под

напряжением, на нетоковедущие части электроустановок и т. д.

**Назначение защитного заземления** *состоит в устранении опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу и другим нетоковедущим частям.*

**Принцип действия защитного заземления** – *снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус и другими причинами.* Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (за счет уменьшения сопротивления заземления, а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования в результате подъема потенциала основания, на котором стоит человек, до значения, близкого к значению потенциала заземленного оборудования).

**Сопротивление заземления** – *отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя на землю.*

**Область применения защитного заземления.** Защитное заземление применяется:

- 1) в электрических сетях напряжением до 1 000 В с изолированной нейтралью;
- 2) в электрических сетях напряжением свыше 1 000 В с любым режимом нейтрали.

Защитное заземление электроустановок следует выполнять при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока; 440 В и выше постоянного тока во всех случаях.

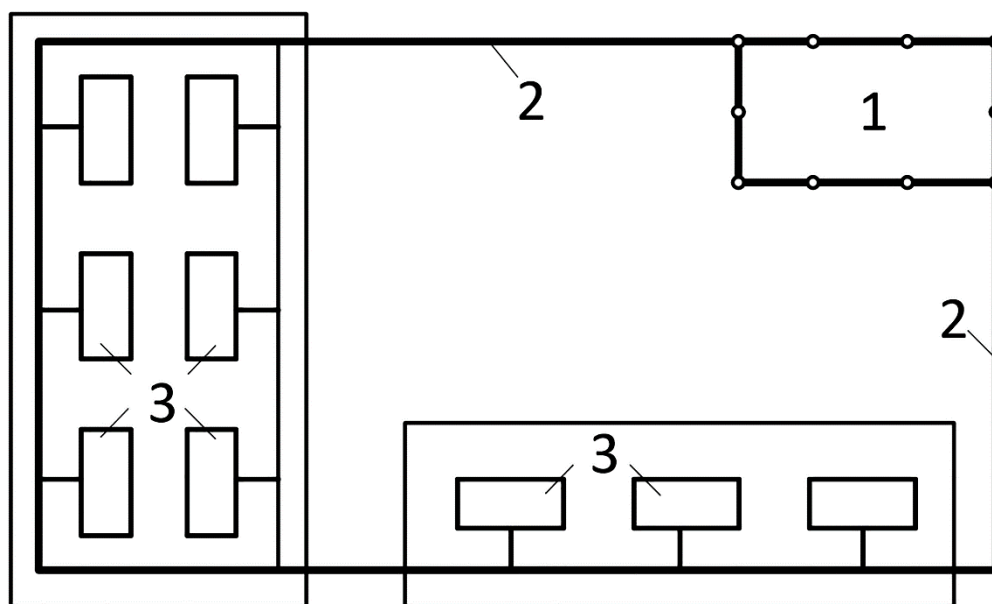
В помещениях категорий опасности поражения электрическим током ПО (повышенная опасность) и ОО (особая опасность), согласно ПУЭ, защитное заземление должно применяться в электроустановках при номинальном напряжении от 42 до 380 В переменного тока и от 110 до 440 В постоянного тока.

Во взрывоопасных помещениях категорий А и Б все электроустановки независимо от величины напряжения должны быть заземлены.

**Характеристики заземляющих устройств.** Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя – проводников (электродов), соединенных между собой и находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем.

В зависимости от места размещения заземлителя относительно заземляемого оборудования различают два типа заземляющих устройств: выносное и контурное.

**Выносное заземляющее устройство** характеризуется тем, что его заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование, или сосредоточен на некоторой части этой площадки (рис. 7.1). Поэтому выносное заземляющее устройство называют также сосредоточенным. Размещение электродов выносного заземляющего устройства может быть выполнено «в ряд» или «по контуру».



1 – заземлитель; 2 – заземляющие проводники (магистралы); 3 – заземляемое оборудование

**Рисунок 7.1 – Выносное заземляющее устройство**

Существенный недостаток выносного заземляющего устройства – отдаленность заземлителя от защищаемого оборудования, вследствие чего на всей или на части заземляемой территории коэффициент прикосновения  $\alpha = 1$ , то есть напряжение прикосновения будет максимальным и равным потенциалу заземлителя ( $\varphi_3$ ). Поэтому, этот тип заземляющего устройства применяют лишь при малых значениях токов замыкания на землю, и, в частности, в установках напряжением до 1 000 В, где потенциал заземлителя  $\varphi_3$  не превышает значений допустимого напряжения прикосновения  $U'_{\text{пр. доп}}$ .

Достоинством выносного заземляющего устройства является возможность выбора места размещения электродов заземлителя с наименьшим сопротивлением грунта (сырое, глинистое, в низинах и т. д.).

**Контурное заземляющее устройство** характеризуется тем, что электроды его заземлителя располагаются по контуру (периметру), на котором находится заземляемое оборудование, а также внутри этой площадки. Часто электроды распределяют на площадке по возможности равномерно, и поэтому контурное заземляющее устройство называется также распределенным.

Безопасность при контурном заземляющем устройстве может быть обеспечена не за счет уменьшения потенциала заземлителя до безопасных значений, а за счет выравнивания потенциала на защищаемой территории до такого значения, чтобы максимальные напряжения прикосновения и шага не превышали допустимых величин. Это достигается путем соответствующего размещения одиночных заземлителей на защищаемой территории.

**Выполнение заземляющих устройств.** **Заземлитель** – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

**Проводящая часть** – часть, которая может проводить электрический

---

**ток. Сторонняя проводящая часть** – проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки.

**Токоведущая часть** – проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе работы под напряжением.

Различают искусственные, специально изготовленные, предназначенные исключительно для целей заземления, и естественные заземлители.

Для **искусственных заземлителей** применяются обычно вертикальные и горизонтальные металлические электроды. В качестве вертикальных электродов используются:

1) стальные трубы с толщиной стенки не менее 3,5 мм и диаметром от 50 до 60 мм;

2) угловая сталь с толщиной полки не менее 4 мм, размером от 40×40 до 60×60 мм, длиной 2,5–3 м;

3) прутки стальные диаметром не менее 10 мм, длиной – до 10 м.

Для связи вертикальных электродов и в качестве самостоятельного горизонтального электрода применяется полосовая сталь сечением не менее 4×12 мм и сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

В случае опасности усиленной коррозии заземлителей необходимо применять электроды увеличенного сечения, либо оцинкованные или омедненные.

Для установки вертикальных заземлителей предварительно роют траншею глубиной  $t_0 = 0,5 - 0,8$  м, после чего производят забивку труб, уголков или прутков с помощью механизмов (копры, гидропрессы, вибраторы). Верхние торцы погруженных в землю вертикальных электродов соединяют стальной полосой длиной  $L$  с помощью сварки. Засыпка траншей производится землей, очищенной от строительного мусора, с последующей тщательной трамбовкой, что снижает сопротивление растеканию заземлителя, а, следова-

тельно, дает экономию металла. Искусственные заземлители могут быть выполнены также из электропроводящего бетона.

**Естественный заземлитель** – *сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.*

В качестве естественных заземлителей могут использоваться:

1) проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов);

2) осадные трубы артезианских колодцев, скважин, шурфов и т. д.;

3) металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие соединения с землей;

4) свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле;

5) металлические шпунты гидротехнических сооружений и т. д.

Естественные заземлители обладают, как правило, малым сопротивлением растеканию тока и, поэтому, использование их для заземления дает ощутимую экономию металла. Недостатком естественных заземлителей является доступность некоторых из них неэлектротехническому персоналу и возможность нарушения непрерывности соединения протяженных заземлителей (при ремонтных работах и т. д.).

**Заземляющие проводники** – *проводники, соединяющие заземляемую часть (точку) с заземлителем.*

В качестве заземляющих проводников, предназначенных для соединения заземляемых частей с заземлителями, применяются, как правило, полосовая сталь и сталь круглого сечения.

В сетях напряжением до 1 000 В и выше с изолированной нейтралью, то есть с малыми токами замыкания на землю, наименьшее сечение стальной прямоугольной шины составляет 24 мм<sup>2</sup> при прокладке ее внутри здания и 48 мм<sup>2</sup>

*Практическое занятие № 7.*  
*Расчет заземляющего устройства*

при прокладке вне здания или в земле; для круглой стали наименьший диаметр равен 5 и 6 мм соответственно.

В производственных помещениях с электроустановками напряжением выше 1 000 В магистрали заземления (заземляющие проводники с двумя и более ответвлениями) из стальной полосы должны иметь сечение не менее 120 мм<sup>2</sup>, а напряжением до 1 000 В – не менее 100 мм<sup>2</sup>. Допускается применение стали круглого сечения той же проводимости.

Во всех случаях не требуется применения медных проводников сечением более 25 мм<sup>2</sup>, алюминиевых – более 35 мм<sup>2</sup> и стальных – 120 мм<sup>2</sup>. Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается. Искусственные заземлители не должны иметь окраску.

В таблице 7.1 приведены наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле.

**Таблица 7.1 – Материалы и размеры заземлителей и заземляющих устройств**

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>	Толщина стенки, мм
Сталь черная	круглый:			
	для вертикальных заземлителей	–	16	–
	для горизонтальных заземлителей	–	10	–
	прямоугольный	–	100	4
	угловой	–	100	4
	трубный	32	–	3,5
Сталь оцинкованная	круглый:			
	для вертикальных заземлителей	–	12	–
	для горизонтальных заземлителей	–	10	–
	прямоугольный	–	75	3
	трубный	25	–	2
Медь	круглый	12	–	–
	прямоугольный	–	50	2
	трубный	20	–	2
	канат многопроволочный	1,8*	35	–

\* Диаметр каждой проволоки.

Рекомендуется в целях экономии металла использовать в качестве заземляющих проводников так называемые естественные проводники – металлические конструкции зданий и сооружений (фермы, колонны, подкрановые пути, каркасы распределительных устройств, шахты подъемников, лифтов и элеваторов); стальные трубы электропроводок; алюминиевые оболочки кабелей; металлические кожухи шинопроводов; металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы всех назначений (кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных смесей, канализации и центрального отопления).

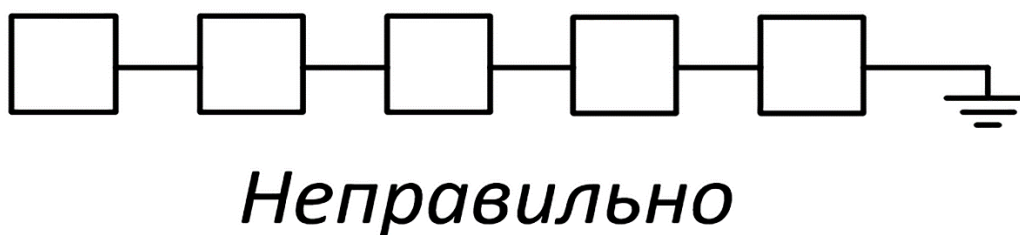
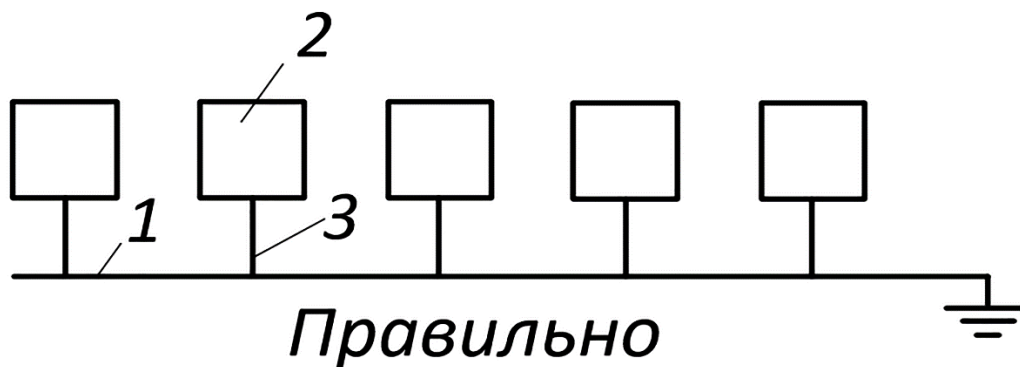
**Прокладка заземляющих проводников.** Прокладка заземляющих проводников производится открыто по конструкциям зданий, в том числе по стенам. Заземляющие проводники в закрытых помещениях должны быть доступны для осмотра. Ответвления от магистралей к электроприемникам напряжением до 1 000 В допускается прокладывать скрытно непосредственно в стене, под чистым полом и т. д., с предварительной защитой их от воздействия агрессивных сред. Такие ответвления не должны иметь соединений.

В наружных установках заземляющие проводники допускается прокладывать в земле, в полу, а также по краю площадок фундаментов технологических установок и т. д.

Присоединение заземляемого оборудования к магистралям заземления осуществляется с помощью отдельных проводников. При этом последовательное включение заземляемого оборудования не допускается (рис. 7.2).

Главная заземляющая магистраль (шина) – шина, являющаяся частью заземляющего устройства до 1 000 В и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

Заземление отдельных электродвигателей, аппаратов и другого оборудования, установленных непосредственно на металлических станках и имеющих с металлом станков надежный контакт, может осуществляться путем присоединения станины станков к заземляющей магистрали.



1 – заземляющая магистраль; 2 – заземляемое оборудование;  
3 – проводник-ответвление к заземляющей магистрали

**Рисунок 7.2 – Схема присоединения  
заземляемых объектов к заземляющей магистрали**

Соединение заземляющих проводников между собой, а также с заземлителями и заземляемыми конструкциями выполняется, как правило, сваркой, а с корпусами аппаратов, машин и другого оборудования – сваркой или с помощью болтов. Отсоединение от главной заземляющей магистрали (шины) может быть возможно только с использованием инструмента.

При этом присоединение заземляющей магистрали к заземлителю (искусственному или естественному) выполняется в двух местах. Открыто проложенные заземляющие проводники должны иметь отличительную окраску: по зеленому фону желтые полосы.

Главная заземляющая магистраль (шина) должна быть, как правило, медной, но также допускается из стали и не допускается из алюминия.

**Методика расчета величины сопротивления искусственного защитного заземления.** Методика расчета включает четыре этапа:

1. Определяют величину сопротивления одиночного вертикального заземлителя  $R_B$  по формуле (7.1):

$$R_B = \frac{\rho_{\text{расч.в}}}{2\pi\alpha} \cdot \left( \ln \frac{2\alpha}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + \alpha}{4t - \alpha} \right) \quad (7.1)$$

где  $\alpha$  – длина вертикального заземлителя, м;  
 $d$  – диаметр вертикального заземлителя, м.

Для уголка с шириной полки  $b$ :  $d = 0,5 \cdot b$ .

Расчетное сопротивление грунта  $\rho_{\text{расч}}$  находят по формуле (7.2):

$$\rho_{\text{расч.в}} = \rho_{\text{уд.}} \cdot \varphi_B \quad (7.2)$$

где  $\rho_{\text{уд.}}$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м (приложение А);  
 $\varphi_B$  – климатический коэффициент вертикального электрода (приложение Б).

Заглубление заземления  $t$  вычисляют по формуле (7.3):

$$t = t_0 + \frac{\alpha}{2} \quad (7.3)$$

где  $t_0$  – глубина траншеи, в которую забиваются вертикальные заземлители, м.

Связь натурального и десятичного логарифма:  $\ln X = 2,303 \cdot \log X$ .

Конкретные значения величин, входящих в формулы, принимают с учетом номера варианта, задаваемого преподавателем (приложение В).

2. Определяют необходимое число вертикальных заземлителей  $n$  по формуле (7.4):

$$n = \frac{R_B}{R_3 \cdot \eta_B} \quad (7.4)$$

где  $R_3$  – допустимое значение сопротивления защитного заземления, Ом (приложение Г);

$\eta_B$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей, зависящий от отношения расстояния между вертикальными электродами  $A$  к их длине  $\alpha$  (приложение Д) и от варианта исполнения заземления: «в ряд» или «по контуру».

Порядок расчета  $n$ :

1) принять  $\eta_B = 1$  и найти  $n$  из формулы (7.4);

2) по найденному числу  $n$  из приложения Е методом интерполяции определить уточненное значение  $\eta_B$ ;

3) подставить определенное из приложения Е значение  $\eta_B$  в формулу (7.4) и определить окончательное число вертикальных заземлителей  $n$ ;

4) округлить полученное значение  $n$  до большего целого числа (например,  $n = 3,25$ , принять  $n = 4$ ).

Расчитанное количество заземлителей  $n$  забивают в подготовленную траншею вертикально через определенное расстояние и соединяют их между собой горизонтальным электродом (полосой или прутком) длиной  $L$  соответствующего сечения.

3. Определяют сопротивление горизонтального электрода  $R_\Gamma$  по формуле (7.5):

$$R_\Gamma = \frac{\rho_{\text{расч.г}}}{2\pi L} \cdot \ln \frac{L^2}{d_1 t_0} \quad (7.5)$$

где  $L$  – длина полосы, м.

Длина полосы при размещении в ряд определяется по формуле (7.6), при размещении по контуру – по формуле (7.7):

$$L = C \cdot \alpha \cdot (n - 1), \quad (7.6)$$

$$L = C \cdot \alpha \cdot n \quad (7.7)$$

При этом значение  $C = A/\alpha$  устанавливается под данным приложения В.

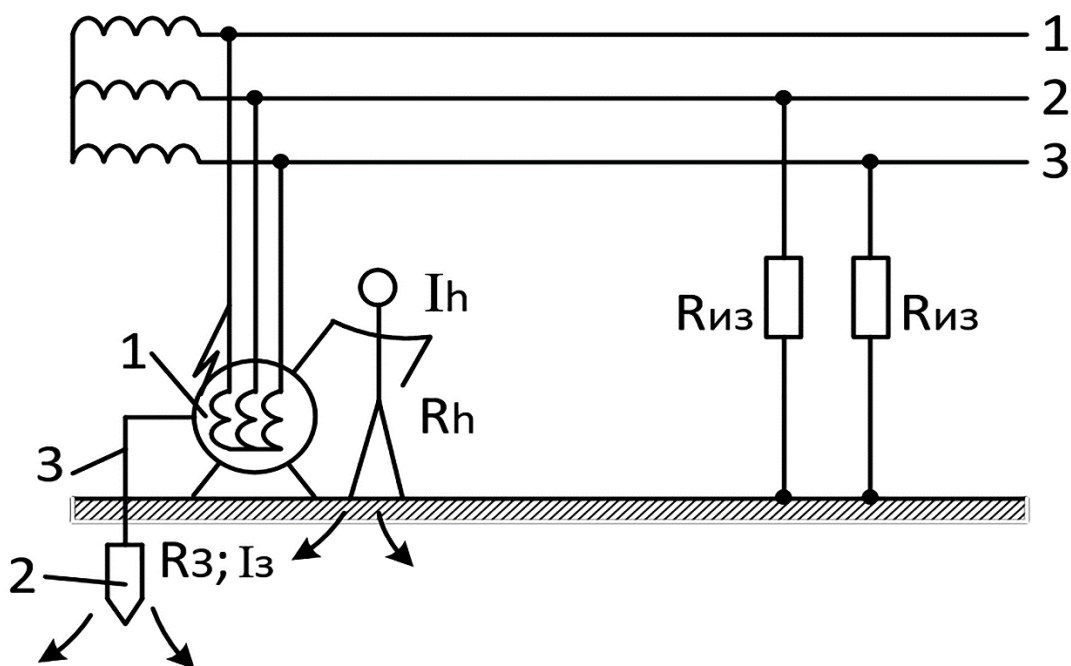
4. Определяют величину общего расчетного сопротивления заземляющего устройства по формуле (7.8):

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot \eta_\Gamma + R_\Gamma \cdot \eta_B \cdot n} \quad (7.8)$$

где  $\eta_\Gamma$  – коэффициент использования горизонтального электрода (приложение Д).

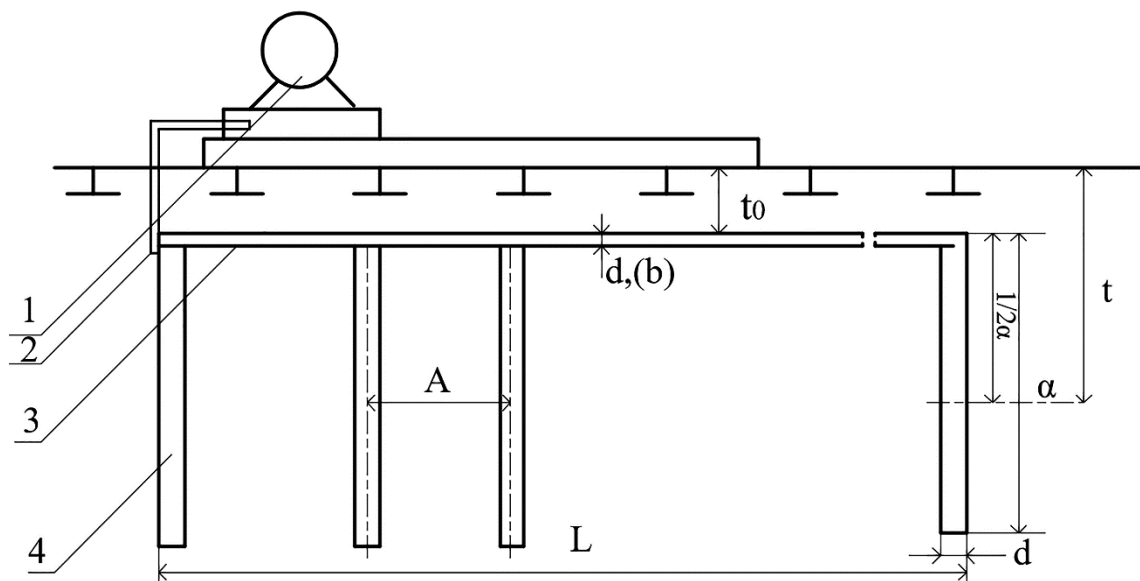
### Практическое задание

Схема защитного заземления электротехнической установки приведена на рисунке 7.3. Схема искусственного заземляющего устройства приведена на рисунке 7.4.



1 – заземляемое оборудование; 2 – искусственный заземлитель;  
3 – заземляющий проводник

**Рисунок 7.3 – Схема защитного заземления электротехнической установки**



1 – заземляемая электротехническая установка; 2 – заземляющий проводник;  
3 – заземляющая магистраль (горизонтальный электрод); 4 – вертикальный заземлитель

**Рисунок 7.4 – Схема искусственного защитного заземления**

Расчет сопротивления искусственного защитного заземления будет считаться выполненным правильно, если его величина  $R$  не будет превышать установленных нормативных значений (ГОСТ 12.1.038–82 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов», Правила устройства электроустановок) (приложение Г).

**Порядок выполнения задания и форма отчета:**

- 1) кратко описать цель работы;
- 2) провести необходимые расчеты по формулам (7.1)–(7.8);
- 3) заполнить итоговую таблицу (табл. 7.2);
- 4) сделать выводы по работе.

**Таблица 7.2 – Результаты расчета сопротивления заземляющего устройства**

Номер варианта	$R_B$ , Ом	$n$ , шт.	$R_\Gamma$ , Ом	$R_{\text{общ}}$ , Ом	$R_3$ , Ом

При подготовке выводов необходимо сравнить найденную величину общего расчетного сопротивления заземляющего устройства  $R_{\text{общ}}$  с допустимым (нормируемым) значением. Таким образом, дать заключение о надежности защиты персонала от поражения электрическим током в случае замыкания на корпус электроустановки.

**Контрольные вопросы**

1. Какова доля электротравм от общего количества травм на производстве?
2. Какова частота электротравматизма в электрических установках зданий?
3. Какими нормативными документами регламентируется заземление?
4. Что такое заземление, защитное заземление?
5. Определите назначение защитного заземления.

6. Что такое рабочее заземление, его назначение?
7. Что такое замыкание на корпус?
8. Назовите причины замыкания на корпус.
9. Что такое заземление молниезащиты, его назначение?
10. Приведите принцип действия защитного заземления.
11. Что такое сопротивление заземления?
12. Назовите области применения защитного заземления.
13. Что такое заземляющее устройство?
14. Назовите типы заземляющих устройств.
15. Что такое выносное заземляющее устройство?
16. Чем характеризуется контурное заземляющее устройство?
17. За счет чего обеспечивается безопасность при контурном заземляющем устройстве?
18. Что такое заземлитель?
19. Что такое проводящая часть?
20. Что такое токоведущая часть?
21. Назовите виды заземлителей.
22. Что применяется для создания вертикальных и горизонтальных искусственных заземлителей?
23. Каким способом соединяются вертикальные заземлители с горизонтальным электродом?
24. Опишите метод установки вертикальных заземлителей.
25. Из какого материала могут быть выполнены искусственные заземлители?
26. Что такое естественный заземлитель?
27. Что может служить в качестве естественных заземлителей?
28. Укажите достоинства и недостатки естественных заземлителей.
29. Что такое заземляющий проводник?

30. Какой прокат может применяться в качестве заземляющих проводников?
31. Что из естественных проводников может быть рекомендовано в качестве заземляющих проводников?
32. Что запрещено использовать в качестве заземляющих проводников?
33. Назовите правила прокладки заземляющих проводников.
34. Определите назначение главной заземляющей магистрали (шины).
35. Приведите способы соединения заземляющих проводников между собой, с заземлителями и заземляемыми конструкциями.
36. Допускается ли последовательное включение заземляемого оборудования?
37. Какие материалы могут использоваться для изготовления магистрали (шины)?
38. Какую окраску должны иметь открыто проложенные заземляющие проводники?
39. Укажите допустимые значения сопротивления защитного заземления при напряжении электрической сети до и свыше 1 000 В.
40. Охарактеризуйте способ выполнения защитного заземления «в ряд» и «по контуру».

### **Тестовые вопросы**

#### **1. Как определяется импульсный коэффициент заземлителя?**

- а) отношением импульсного сопротивления заземлителя к стационарному;
- б) отношением стационарного сопротивления заземлителя к импульсному;
- в) отношением импульсного сопротивления заземлителя к результирующему сопротивлению вертикальных заземлителей устройства;

## **2. Что называется заземляющим контуром?**

а) заземляющий проводник в виде замкнутой петли вокруг здания в земле или на ее поверхности;

б) проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через проводящую среду;

в) совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

## **3. Разрешено ли последовательное заземление частей установки с заземляющим контуром?**

а) запрещено;

б) разрешено;

в) зависит от каждого конкретного случая.

## **4. Каким образом должно быть произведено присоединение заземляющих проводников?**

а) сваркой или болтовым соединением;

б) при помощи специального клея;

в) непосредственным контактом.

## **5. Что такое защитное заземление?**

а) заземление, выполняемое в целях электробезопасности;

б) преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством;

в) заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности).

## **6. В чем заключается принцип действия защитного заземления?**

а) в снижении напряжения прикосновения;

б) в отключении электроустановки в случае короткого замыкания;

в) в снижении напряжения между корпусом и землей.

**7. В каком случае необходимо произвести замену элемента заземлителя?**

- а) если разрушено более 50 % его сечения;
- б) если разрушено 20–30 % его сечения;
- в) если разрушено 30–40 % его сечения;
- г) если разрушено 35–50 % его сечения.

**8. Что может быть использовано в качестве естественных заземлителей?**

- а) металлические трубы водопровода, проложенные в земле;
- б) трубопроводы канализации;
- в) трубопроводы центрального отопления;
- г) любые из перечисленных трубопроводов.

**9. Дайте понятие заземлителя.**

а) проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через проводящую среду;

б) заземляющий проводник в виде замкнутой петли вокруг здания в земле или на ее поверхности;

в) совокупность соединенных между собой проводящих частей, сечением не менее 50 мм<sup>2</sup>;

**10. Какого типа заземляющих устройств не существует?**

- а) дистанционный;
- б) контурный;
- в) выносной.

---

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8.

### РАСЧЕТ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Цель занятия** – изучить общие сведения о молниезащите и овладеть методикой расчета молниезащиты зданий и сооружений.

#### Теоретический материал

*Молния представляет собой электрический разряд длиной несколько километров, развивающийся между грозовым облаком и землей или каким-либо наземным сооружением.*

Разряд молнии начинается с развития лидера – слабосветящегося канала с током в несколько сотен ампер. По направлению движения лидера от облака вниз или от наземного сооружения вверх **молнии подразделяются на нисходящие и восходящие.**

*Лидер нисходящей молнии возникает под действием процессов между облаками, и его появление не зависит от наличия на поверхности земли каких-либо сооружений.* По мере продвижения лидера к земле с наземных объектов могут возбуждаться направленные к облаку встречные лидеры. Соприкосновение одного из них с нисходящим лидером (или касание последним поверхности земли) определяет место удара молнии в землю или какой-либо объект.

Развитие нисходящей молнии происходит следующим образом. После установления сквозного лидерного канала следует главная стадия разряда – быстрая нейтрализация зарядов лидера, сопровождающаяся ярким свечением и нарастанием тока до пиковых значений, варьирующихся от единиц до сотен килоампер. При этом происходит интенсивный разогрев канала (до десятков тысяч Кельвин) и его ударное расширение, воспринимаемое на слух как раскаты грома. Продолжительность вспышки составляет 0,2 секунды, а в редких случаях – 1,0–1,5 секунд.

Заряд, переносимый в течение вспышки молнии, колеблется от единиц до сотен кулон. В большинстве случаев он имеет отрицательную полярность и примерно в 10 % случаев – положительную.

При расчетах молниезащиты сила тока при грозовом разряде принимается 100 кА, исходя из того, что этому условию соответствует 99 % поражений нисходящими молниями. *Восходящие лидеры возбуждаются с высоких заземленных сооружений и с остроконечных элементов рельефа, у вершин которых электрическое поле во время грозы резко усиливается.*

После того как лидер восходящей молнии достигнет грозового облака, начинается процесс разряда, сопровождающийся примерно в 80 % случаев токами отрицательной полярности. Переносимый заряд молнии может достигать до 40 кулон, а ток – до нескольких сотен ампер.

В горной местности восходящие молнии возникают чаще и характеризуются более высокими параметрами. На равнинной местности восходящие молнии поражают объекты выше 150 метров (более чем в 90 % случаев), а в горных районах – с меньшей высоты.

Сила, создающая разность потенциалов, необходимая для пробоя атмосферы, то есть для возникновения молнии, связана с разностью температур между поверхностью земли и верхними слоями атмосферы. Конвективные движения воздуха, вызванные этой разностью температур, и есть источник возникновения разности потенциалов между облаками или между облаком и землей. Поэтому в приполярных областях, где разность температур мала, а также в зимнее время года грозовые явления – редкость. Механизм возникновения электричества связан с парами воды, с процессами в отдельных каплях и кристаллах льда при их конденсации из атмосферной влаги. В горячих пустынях, несмотря на мощные конвективные потоки, грозы также редки. В то же время в тропической зоне грозы бывают почти ежедневно. В Центральной Европе в среднем случается от 15 до 25 грозовых дней. Ежедневно на Землю

обрушивается около 45 тысяч гроз. По данным международной статистики, число жертв, связанных с молнией, достигает 10 тысяч человек ежегодно.

**Виды опасных воздействий молнии.** Воздействия молнии принято подразделять на две основные группы:

- 1) **первичные**, вызванные прямым ударом молнии;
- 2) **вторичные**, индуцированные ее разрядами или занесенные в объект протяженными металлическими коммуникациями.

**Прямой удар молнии вызывает следующие воздействия на объект:**

- 1) **электрические**, связанные с поражением людей или животных электрическим током и появлением перенапряжения в несколько мегавольт на пораженных элементах, в том числе опасные напряжения шага и прикосновения, «перекрытия» на другие объекты;

- 2) **термические**, связанные с резким выделением теплоты при прямом контакте канала молнии с содержимым объекта и при протекании через объект молнии; в 95 % случаев разрядов молнии эта энергия на два – три порядка превышает энергию воспламенения большинства газо-, паро- и пылевоздушных смесей, используемых в промышленности; прямой контакт с каналом молнии может привести к проплавлению корпусов взрывоопасных установок и вызвать пожары, взрывы;

- 3) **механические**, обусловленные мощной ударной волной, распространяющейся от канала молнии, и электродинамическими силами, действующими на проводники с токами молнии; это воздействие может быть причиной, например, сплющивания тонких металлических трубок и даже механических разрушений объектов.

Вторичные проявления молнии связаны с действием на объект электромагнитного поля близких разрядов. Обычно это поле рассматривают в виде двух составляющих: первая обусловлена перемещением зарядов в лидере и ка-

нале молнии (электростатическая индукция), вторая – с изменением тока молнии во времени (электромагнитная индукция).

Электростатическая индукция проявляется в виде перенапряжения (до сотен киловольт), возникающего на металлических конструкциях объекта и зависящего от тока молнии, расстояния до места удара и сопротивления заземлителя.

Электромагнитная индукция связана с наведением в металлических контурах электродвижущей силы величиной в несколько десятков киловольт. В местах сближения протяженных металлических конструкций, в разрывах незамкнутых контуров создается опасность перекрытий и искрений.

Еще одним видом опасного воздействия молнии является занос потенциала по вводимым в объект коммуникациям (кабелям, наземным и подземным конструкциям, трубопроводам, проводам воздушных линий электропередачи).

**Характеристика грозовой деятельности и грозопоражаемости зданий и сооружений.** Об интенсивности грозовой деятельности в различных районах Земли судят по повторяемости и продолжительности гроз, регистрируемых в днях или часах за год по слышимому грому в начале и конце грозы. Однако более важной характеристикой для оценки возможного числа поражений объектов молнией является плотность ударов молнии в землю.

**Плотность ударов молнии в землю, выраженная через число поражений одного квадратного километра земной поверхности за год, определяется по данным метеорологических наблюдений в месте расположения объекта.**

Если же плотность ударов в землю ( $N_q$ ) неизвестна, ее можно рассчитать по формуле (8.1):

$$N_q = 6,7 \cdot T_d / 100 \quad (8.1)$$

где  $T_d$  – среднегодовая продолжительность гроз в часах, определенная по региональным картам интенсивности грозовой деятельности (табл. 8.1).

При расчете числа поражений нисходящими молниями принимается, что

возвышающийся объект принимает на себя разряды, которые в его отсутствие поразили бы поверхность земли определенной площади (так называемую поверхность стягивания). Эта площадь имеет форму круга для сосредоточенного объекта (вертикальной трубы или башни) и форму прямоугольника для протяженного объекта.

Таблица 8.1 – Укрупненные данные по грозовой активности на территории России

В районе городов	Среднегодовая продолжительность гроз, часов	Плотность ударов молнии в землю, 1/км <sup>2</sup> год
Анадырь, Верхоянск, Магадан, Мурманск, Южно-Сахалинск	10	0,5
Норильск, Архангельск, Астрахань, Игарка	10–20	1,0
Иркутск, Казань, Калининград, Киров, Красноярск, С-Петербург, Москва, Ульяновск	20–40	2,0
Волгоград, Н-Новгород, Новосибирск, Псков, Ростов-на-Дону, Уфа, Чита, Екатеринбург, Челябинск	40–60	4,0
Брянск, Краснодар, Курск, Орел, Смоленск	60–80	5,5

Имеющаяся статистика поражений объектов разной высоты в местностях с разной продолжительностью гроз позволила определить связь между радиусом стягивания ( $r_0$ ) и высотой объекта ( $h_x$ ):  $r_0 = 3h_x$ .

Анализ показывает, что сосредоточенные объекты поражаются нисходящими молниями высотой до 150 м. Объекты выше 150 м на 90 %, как было отмечено ранее, поражаются восходящими молниями.

**Классификация зданий и сооружений по устройству молниезащиты.** Защищаемые объекты разделены на три категории, отличающиеся по тяжести возможных последствий при поражении молнией.

**К I категории** отнесены производственные помещения, в которых при нормальных технологических режимах могут находиться и образовываться

*взрывоопасные концентрации газов, паров, пыли, волокон.*

Ко **II категории** отнесены здания и сооружения, в которых появление взрывоопасной концентрации веществ происходит в результате нарушения нормального технологического режима, а также наружные установки, содержащие взрывоопасные жидкости и газы. Для этих объектов удар молнии создает опасность взрыва только при совпадении с технологической аварией либо срабатывании дыхательных или аварийных клапанов на наружных установках.

К **III категории** отнесены объекты, последствия поражения которых связаны с меньшим материальным ущербом, чем при наличии взрывоопасной среды. Сюда относятся здания и сооружения с пожароопасными помещениями или строительные конструкции низкой огнестойкости, большие общественные здания, высокие сооружения типа труб, башен, монументов.

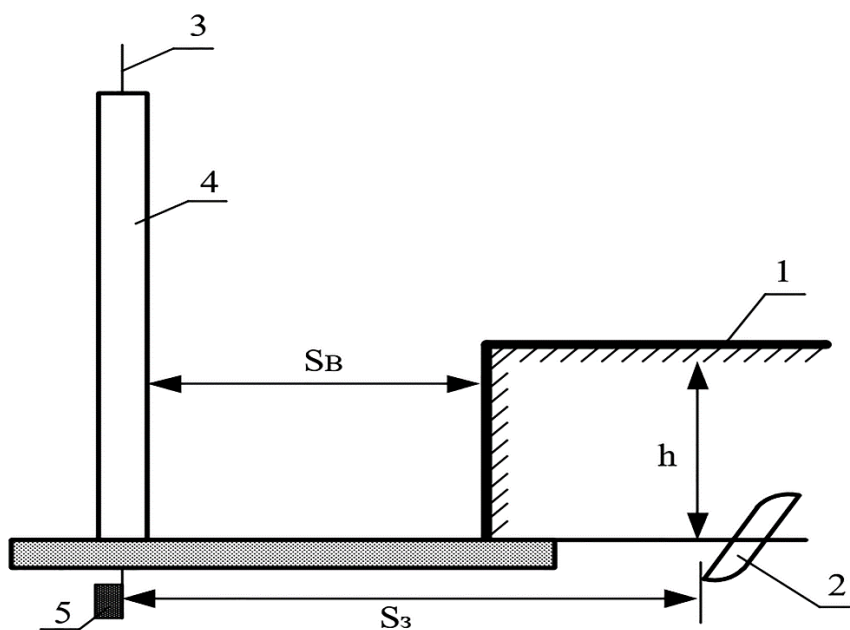
В приложениях Ж, З, И приведены дополнительные данные по ряду защищаемых объектов, подлежащих обязательному обустройству молниезащиты: по категориям, взрывопожароопасным зонам и степеням огнестойкости.

**Средства и способы защиты от молнии. Комплекс средств молниезащиты зданий или сооружений включает в себя устройства защиты от прямых ударов молнии (внешняя молниезащитная система) и устройства защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя молниезащитная система).**

Средством защиты от прямых ударов молнии служит **молниеотвод** – устройство, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее ее ток в землю.

Внешняя молниезащитная система может быть изолирована от сооружения (отдельно стоящие стержневые молниеотводы, (рис. 8.1) или отдельно

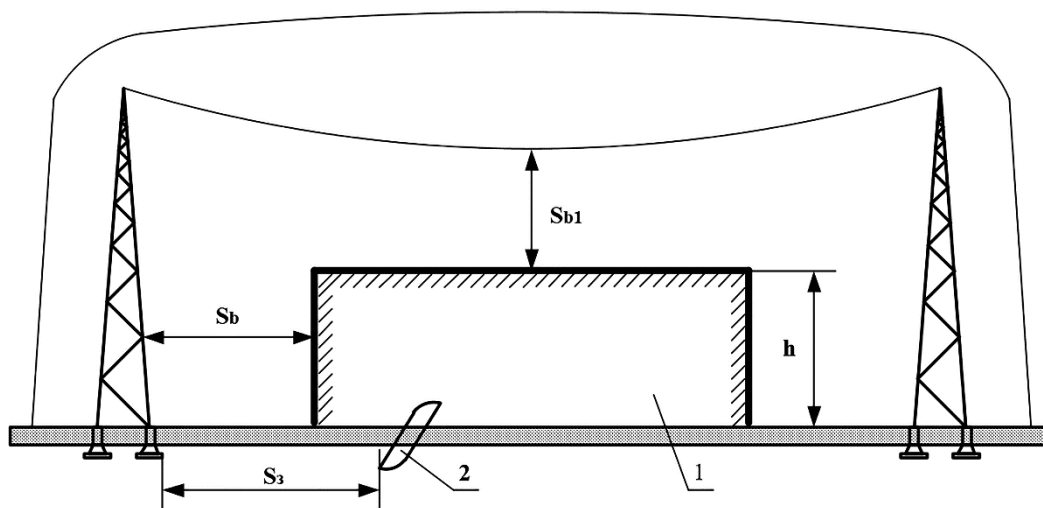
стоящие *тросовые молниеотводы* (рис. 8.2), а также соседние сооружения, выполняющие функции естественных молниеотводов), а также может быть установлена на защищаемом сооружении и даже быть его частью (в последнем случае они называются естественными молниеприемниками).



1 – защищаемый объект; 2 – металлические коммуникации; 3 – молниеприемник; 4 – токоотвод; 5 – заземлитель;  $S_b$  – расстояние от защищаемого объекта до опоры токоотвода;  $S_3$  – расстояние от заземлителя до металлических коммуникаций

**Рисунок 8.1 – Вертикальный молниеотвод**

*l*



1 – защищаемый объект; 2 – металлические коммуникации;  $S_{b1}$  – наименьшее допустимое расстояние от защищаемого объекта до троса в середине пролета;

$S_3$  – расстояние от заземления до металлических конструкций;

$l$  – суммарная длина молниеприемников и токоотводов

**Рисунок 8.2 – Горизонтальный тросовый молниеотвод**

Материал и сечения элементов внешней молниезащитной системы выбираются по данным таблицы 8.2.

Таблица 8.2 – Материал и минимальные сечения элементов внешней молниезащитной системы

Уровень защиты	Материал	Сечение, мм <sup>2</sup>		
		молниеприемника	токоотвода	заземлителя
I–IV	сталь	50	50	80
I–IV	алюминий	70	25	не принимается
I–IV	медь	35	16	50

**Требования к выполнению молниезащиты зданий и сооружений.** Для зданий и сооружений с помещениями, требующими устройства молниезащиты I и II, или I и III, или II и III категорий, молниезащиту всего здания или сооружения следует выполнять по более высокой категории.

Если площадь помещения I категории молниезащиты менее 30 % площади всех помещений зданий, молниезащиту всего здания допускается выполнять по II категории независимо от категории остальных помещений.

Аналогичное допущение справедливо и для II категории молниезащиты с переводом ее в третью.

В случае, если более 70 % общей площади не подлежит молниезащите, то независимо от категории защиты остальных помещений, все же должна быть предусмотрена защита от заноса высоких потенциалов по коммуникациям, вводимым в помещения, подлежащие молниезащите.

При строительстве объектов, начиная с высоты 20 метров, необходимо предусматривать временные мероприятия по молниезащите.

При наличии на зданиях и сооружениях I категории молниезащиты труб для отвода газов, паров и взвесей взрывоопасной концентрации в зону защиты должно входить пространство над обрезом труб, ограниченное радиусом 5 метров.

Для зданий и сооружений I категории высотой не более 30 метров при сопротивлении грунта  $\rho = 100$  Ом·м, наименьшее допустимое расстояние до

молниеотвода  $S_b = 3$  м; при  $100 < \rho \leq 1000$  Ом·м,  $S_b$  рассчитывается по формуле (8.2):

$$S_b = 3 + 0,01 \cdot (\rho - 100) \quad (8.2)$$

Для зданий и сооружений большей высоты определенное выше значение  $S_b$  должно быть увеличено на один метр на каждые десять метров высоты объекта сверх 30 метров.

При устройстве молниезащиты по II и III категориям расстояние от молниеотводов до защищаемого объекта по воздуху и земле не нормируется. Для тросовых молниеприемников при длине  $l < 200$  м наименьшее допустимое расстояние  $S_{b1}$ , м, равно:

$$\text{при } \rho \leq 100 \text{ Ом} \cdot \text{м } S_{b1} = 3,5 \text{ м};$$

$$\text{при } 100 < \rho \leq 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м } S_{b1} = 3,5 + 0,003 \cdot (\rho - 100) \text{ м}.$$

При суммарной длине молниеприемников и токоотводов  $l = 200\text{--}300$  м наименьшее допустимое расстояние  $S_{b1}$  должно быть увеличено на 2 метра по сравнению с определенными выше значениями.

**Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода.** Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой  $h$  представляет собой круговой конус (рис. 8.3), вершина которого находится на высоте  $h_0 < h$ . На уровне земли зона защиты образует круг радиусом  $r_0$ .

Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения  $h_x$  представляет собой круг радиусом  $r_x$ .

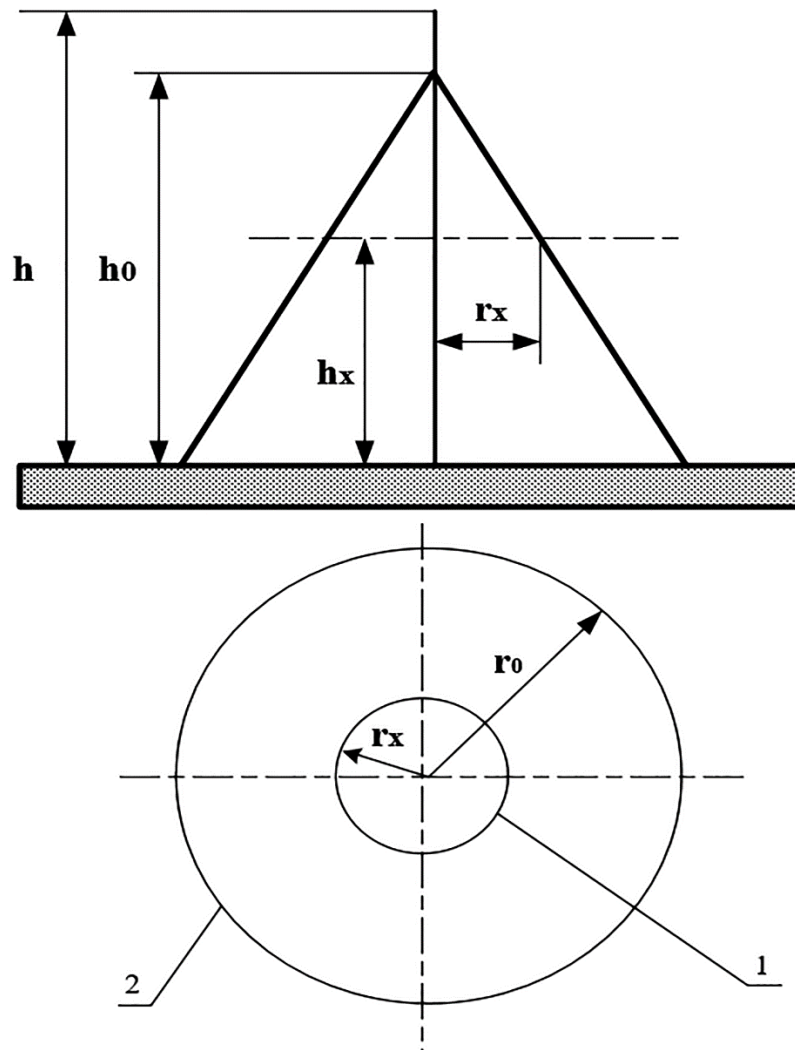
Зоны защиты молниеотводов имеют следующие габаритные размеры:.

Зона А:

$$h_0 = 0,85 \cdot h; r_0 = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot h; r_x = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot (h - h_x/0,85).$$

Зона Б:

$$h_0 = 0,92 \cdot h; r_0 = 1,5 \cdot h; r_x = 1,5 \cdot (h - h_x/0,92).$$



1 – граница зоны защиты на уровне  $h_x$ ; 2 – граница зоны защиты на уровне земли  
**Рисунок 8.3 – Зона защитного одиночного стержневого молниеотвода**

При известных значениях  $h_x$  и  $r_x$  высота одиночного стержневого молниеотвода для зоны Б может быть определена по формуле:

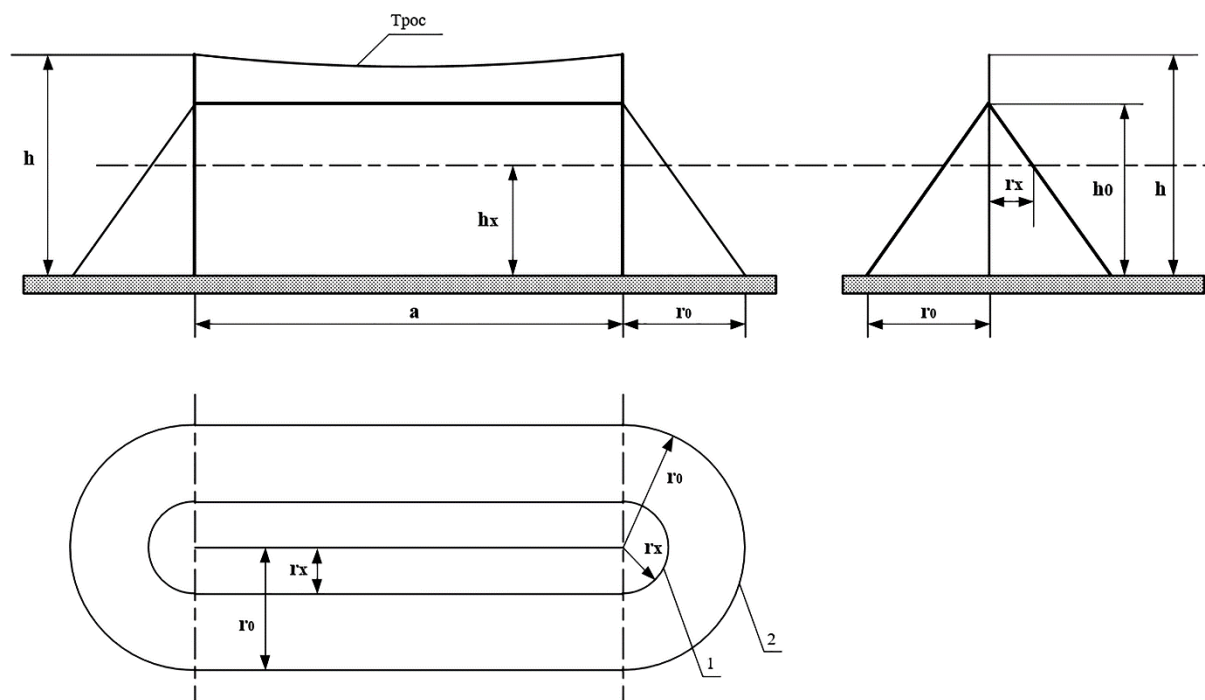
$$h = (r_x + 1,63 \cdot h_x) / 1,5 \quad (8.3)$$

**Зона защиты одиночного тросового молниеотвода.** Зона защиты одиночного тросового молниеотвода приведена на рисунке 8.4.

С учетом стрелы провеса троса сечением  $35 \times 50 \text{ мм}^2$  при известной высоте опор  $h_{on}$  и длине пролета  $a$  высота троса определяется:

$$h = h_{on} - 2 \text{ при } a < 120 \text{ м};$$

$$h = h_{on} - 3 \text{ при } 120 < a < 150 \text{ м}.$$



1 – граница зоны защиты на уровне  $h_x$ ; 2 – граница зоны защиты на уровне земли;  $h$  – высота троса в середине пролета

**Рисунок 8.4 – Зона защиты одиночного тросового молниеотвода**

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода имеют следующие размеры. Зона А:

$$h_0 = 0,85 \cdot h; r_0 = (1,35 - 0,0025h) \cdot h; r_x = (1,35 - 0,0025h)(h - h_x/0,85).$$

Зона Б:

$$h_0 = 0,92 \cdot h; r_0 = 1,7 \cdot h; r_x = 1,7(h - h_x/0,92).$$

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных значениях  $h_x$  и  $r_x$  определяется по формуле (8.4):

$$h = r_x + 1,85 \cdot h_x/1,7 \quad (8.4)$$

### Практическое задание

Вариант задания устанавливается преподавателем (приложения Л, М).

#### Порядок выполнения задания:

1. Получив задание, студент вносит исходные данные в таблицу приложения К.

2. По данным приложений Ж, З, И определяется категория молниезащиты, класс взрывоопасной зоны, степень огнестойкости строительных конструкций, тип зоны защиты, если они не приведены в варианте задания.

3. По таблицам приложений Л, М устанавливается удельная плотность ударов молнии в землю.

4. Определяется ожидаемое количество поражений молнией объекта в год и выбирается тип зоны защиты, если она не predeterminedена категорией молниезащиты.

5. Выбирается расстояние от объекта до опоры молниеотвода. При устройстве молниезащиты по I и III категориям расстояние от молниеотводов до защищаемого объекта ( $S_b$ ) по воздуху и земле не нормируется.

Расчет  $S_b$  для объектов I категории осуществляется, исходя из сопротивления грунта, высоты объекта и конструкции заземлителей. Поскольку расчет заземлителей в задании не предусмотрен, то  $S_b$  для объектов I категории высотой до 30 метров и при удельном сопротивлении грунта  $100 < \rho \leq 1000$  Ом·м принимается на уровне 4 м. Для зданий выше 30 метров  $S_b$  производится увеличение на один метр на каждые 10 метров сверх 30 метров.

6. Выполняется построение эскиза зоны защиты заданного варианта молниезащиты. С учетом  $S_b$  и рационального расположения молниеотвода относительно габаритов здания объект защиты наносится на эскиз с указанием соответствующих символов и размеров (при необходимости по данным задания и  $S_b$  рассчитывается  $x$ ).

7. Производятся соответствующие расчеты неизвестных величин по закону подобия треугольников.

8. Делаются выводы по работе.

9. Подготавливаются в письменном виде ответы на контрольные вопросы и сдается отчет.

### Контрольные вопросы

1. Какова природа возникновения молнии?
2. Каковы виды опасных воздействий молнии?
3. Назовите основные элементы конструкции молниеотвода.
4. Каким количественным показателем определяется защитное действие молниеотвода?
5. Что такое поверхность стягивания и чему она ориентировочно равна?
6. Дайте классификацию защищаемых объектов.

### Тестовые вопросы

- 1. Каково минимальное сечение тросовых молниеотводов?**
  - а) 35 мм<sup>2</sup>;
  - б) 50 мм<sup>2</sup>;
  - в) 100 мм<sup>2</sup>.
- 2. Когда проводятся внеочередные измерения сопротивления устройств молниезащиты?**
  - а) после выполнения ремонтных работ как на устройствах молниезащиты, так и на самих защищаемых объектах и вблизи них;
  - б) после стихийных бедствий (ураганный ветер, наводнение, землетрясение, пожар) и гроз чрезвычайной интенсивности;
  - в) перед началом грозового сезона;
  - г) во всех перечисленных случаях.
- 3. Зона защиты молниеотвода – это...**
  - а) пространство в окрестности молниеотвода заданной геометрии, отличающееся тем, что вероятность удара молнии в объект, целиком размещенный в его объеме, не превышает заданной величины;
  - б) площадь поверхности земли, в пределах которой объект защищен от прямого попадания молнии;

в) сумма площадей защищаемых молниеотводом объектов.

**4. Диаметр молниеприемника молниеотвода выбирается:**

- а) по условиям термической стойкости;
- б) по условиям механической стойкости;
- в) по условиям устойчивости к коррозии;
- г) по всем перечисленным условиям.

**5. Для какой цели все металлические элементы объекта должны быть электрически объединены с системой молниезащиты?**

- а) для уменьшения влияния электромагнитных полей;
- б) для защиты от протекания полного тока молнии;
- в) для защиты от перенапряжений;
- г) для защиты от статического электричества.

**6. Эффективная высота молниеотвода...**

- а) высота конуса, образующего зону молниезащиты;
- б) высота от поверхности земли до наивысшей точки защищаемого объекта;
- в) равна высоте установки молниеприемника.

**7. Какие из перечисленных конструктивных элементов зданий и сооружений могут рассматриваться как естественные молниеприемники?**

- а) только металлические конструкции крыши (фермы, соединенные между собой стальной арматурой);
- б) только металлические элементы типа водосточных труб, если их сечение не меньше значений, предписанных для обычных молниеприемников;
- в) только технологические металлические трубы и резервуары, выполненные из металла толщиной не менее 2,5 мм; при этом проплавление или прожог этого металла не приведет к опасным или недопустимым последствиям;
- г) любые из перечисленных конструктивных элементов.

**8. Где не допускается прокладка токоотводов?**

- а) в водосточных трубах;
- б) на поверхности стены;
- в) в стене;
- г) вблизи углов зданий;
- д) на максимально возможных расстояниях от дверей и окон.

**9. Для защиты от чего осуществляется молниезащита путем подсоеди-  
нения всего электрооборудования к системе заземления объекта?**

- а) от электростатической индукции;
- б) от электромагнитной индукции;
- в) от заноса электрического потенциала;
- г) от прямых ударов молнии.

**10. Отметьте конструктивные элементы зданий и сооружений, кото-  
рые могут рассматриваться как естественные молниеприемники?**

- а) только металлические конструкции крыши (фермы, соединенные между собой стальной арматурой);
- б) только металлические элементы типа водосточных труб, если их сече-  
ние не меньше значений предписанных для обычных молниеприемников;
- в) только технологические металлические трубы и резервуары, выполнен-  
ные из металла толщиной не менее 2,5 мм; при этом проплавление или прожог  
этого металла не приведет к опасным или недопустимым последствиям;
- г) любые из перечисленных конструктивных элементов.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЕ № 9.

### ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

### ПОСТРАДАВШИМ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

**Цель занятия** – изучить основные признаки нарушения жизненно важных функций человека, общие принципы и приемы оказания первой помощи; научиться освобождать проходимость верхних дыхательных путей и выполнять искусственное дыхание, а также закрытый массаж сердца.

#### Теоретический материал

**Первая помощь пострадавшему от электрического тока** – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление или сохранение жизни и здоровья работнику, осуществляемых персоналом организации (взаимопомощь) или самим пострадавшим (самопомощь).

Одним из важнейших положений оказания первой помощи является ее срочность: чем быстрее она оказана, тем больше надежды на благоприятный исход. Поэтому такую помощь современно может оказать тот, кто находится рядом с пострадавшим. Основными условиями при оказании первой помощи пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях являются спокойствие, находчивость, быстрота действий, знания и умение спасателя, оказывающего помощь. Эти качества воспитываются и могут быть выработаны в процессе учебы и специальной подготовки, которая должна проводиться наряду с профессиональным обучением. Каждый работник должен уметь оказать помощь так же квалифицировано, как выполнять свои профессиональные обязанности.

**Работник, оказывающий первую помощь должен знать:**

1. Основные признаки нарушения жизненно важных функций человека.

2. Общие принципы оказания первой помощи и ее приемы применительно к характеру полученного пострадавшим повреждения.

3. Основные способы переноски и эвакуации пострадавших.

**Спасатель, оказывающий первую помощь должен уметь:**

1. Оценивать состояние пострадавшего от электрического тока и определять, в какой помощи в первую очередь он нуждается.

2. Обеспечивать свободную проходимость верхних дыхательных путей.

3. Выполнять искусственное дыхание «изо рта в рот» («изо рта в нос») и закрытый массаж сердца, и оценивать их эффективность.

4. Использовать подручные средства при переноске, погрузке и транспортировке пострадавших.

5. Определять целесообразность вывоза пострадавшего машиной скорой помощи или попутным транспортом.

6. Пользоваться аптечкой первой медицинской помощи.

**Последовательность оказания первой помощи. При оказании первой помощи пострадавшему от воздействия электрического тока необходимо:**

1. Остановить воздействие на организм повреждающих факторов, угрожающих здоровью и жизни, то есть освободить пострадавшего от действия электрического тока.

2. Оценить состояние человека.

3. Определить характер и тяжесть электротравмы, а также последовательность мероприятий по спасению человека.

4. Выполнить необходимые мероприятия по спасению пострадавшего в порядке срочности (восстановить проходимость дыхательных путей, провести искусственное дыхание, наружный массаж сердца).

5. Поддерживать основные жизненные функции пострадавшего до прибытия медицинского работника.

6. Вызвать врача либо принять меры для транспортировки пострадавшего

в ближайшее лечебное учреждение.

Спасение пострадавшего от действия электрического тока в большинстве случаев зависит от быстроты освобождения его от воздействия тока, а также от быстроты и правильности оказания ему первой помощи. Промедление при оказании помощи может повлечь за собой гибель пострадавшего.

При поражении электрическим током смерть часто бывает клинической («мнимой»), поэтому никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему и считать его мертвым из-за отсутствия дыхания, сердцебиения, пульса. Прекратить реанимационные мероприятия и вынести заключение о смерти пострадавшего имеет право только врач.

Весь персонал должен периодически проходить инструктаж по оказанию первой медицинской помощи, а также пройти обучение на тренажерах приемам освобождения от электрического тока и выполнения реанимационных мероприятий. Занятия должен проводить инженер по технике безопасности.

**Освобождение работника от действия электрического тока.** При поражении работника электрическим током необходимо как можно скорее освободить его от поражающего действия тока, так как от продолжительности этого действия зависит тяжесть электротравмы.

Прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, вызывает непроизвольное судорожное сокращение мышц, которое может привести к полному прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения. Пострадавший, как правило, держит провод руками, и его пальцы сжимаются так сильно, что высвободить провод из рук становится невозможным. Поэтому первым действием работника, оказывающего помощь, должно быть отключение той части электроустановки, которой касается пострадавший.

Отключение электрооборудования производится с помощью выключателей, рубильника или другого отключающего аппарата, а также путем снятия

или вывертывания предохранителей (пробок), разъема штепсельного соединения (рис. 9.1).



**Рисунок 9.1 – Освобождение пострадавшего от действия электрического тока путем отключения электроустановки**

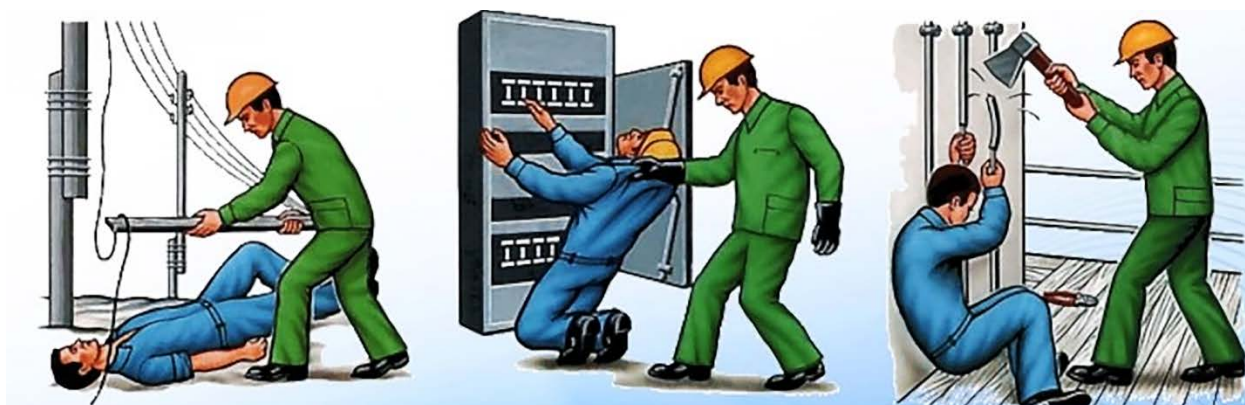
Если пострадавший находится на высоте, главная задача – как можно быстрее спустить его с высоты, чтобы приступить к оказанию помощи в более удобных и безопасных условиях (на земле, на площадке). *Нельзя тратить время на оказание первой помощи на высоте!*

При отключении электроустановки может одновременно погаснуть электрический свет. В связи с этим, при отсутствии дневного освещения необходимо позаботиться об освещении от другого источника (включить аварийное освещение, аккумуляторные фонари и т. д.).

Если отключить электроустановку быстро нельзя, необходимо принять другие меры к освобождению пострадавшего от действия электрического тока. Недопустимо прикасаться к пострадавшему без средств защиты. Спасатель должен следить и за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью или под напряжением шага.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей спасателю можно пользоваться канатом, палкой, доской или каким-либо другим сухим

предметом, не проводящим электрический ток. Можно оттянуть пострадавшего за одежду (если она сухая), например, за воротник, избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела пострадавшего, не прикрытого одеждой (рис. 9.2).



**Рисунок 9.2 – Освобождение пострадавшего от действия электрического тока различными способами**

При оттаскивании пострадавшего за ноги, спасатель не должен касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и являться проводниками электрического тока.

Для изоляции рук спасатель, при необходимости, может применять диэлектрические перчатки или обмотать руку шарфом, натянуть на руку рукав пиджака, накинуть на пострадавшего простую сухую материю. Можно также изолировать себя, встав на резиновый коврик, сухую доску или сверток одежды и т. д.

При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется действовать одной рукой, держа вторую в кармане или за спиной, чтобы не образовать дополнительную электрическую цепь через себя.

Если электрический ток проходит в землю через пострадавшего, и он сжимает в руке провод, проще прервать ток, отделив пострадавшего от земли, соблюдая при этом меры предосторожности как по отношению к самому себе, так и по отношению к пострадавшему.

Можно также перекусить электропроводку инструментом с изолированными рукоятками (кусачками, пассатижами и т. д.). Перекусывать провода электрической сети необходимо поочередно, стоя по возможности на сухих досках, деревянной лестнице и т. д.

Можно воспользоваться и неизолированным инструментом, обернув его рукоятку сухой материей.

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей, находящихся под напряжением выше 1 кВ, следует надеть диэлектрические перчатки и боты, и действовать штангой или изолирующими клещами (рис. 9.3).



**Рисунок 9.3 – Освобождение пострадавшего от действия электрического тока**

Замкнуть провода воздушной линии электропередачи накоротко можно методом «наброса» неизолированного провода, согласно специальной инструкции.

Провод должен иметь достаточное сечение, чтобы он не перегорел при прохождении через него тока короткого замыкания. Перед тем как произвести «наброс», один конец провода нужно надежно заземлить (присоединить его к телу металлической опоры, заземляющему спуску и др.).

Для удобства «наброса» на провода воздушной линии электропередачи на

свободный конец проводника необходимо прикрепить груз. Набрасывать проводник следует так, чтобы он не коснулся людей, в том числе оказывающего помощь и пострадавшего.

Если пострадавший касается одного провода, то часто достаточно заземлить только этот провод. Необходимо оттащить пострадавшего за одежду не менее чем на 8 метров от места касания проводом земли.

**Первая помощь пострадавшему от электрического тока.** После освобождения пострадавшего от действия электрического тока необходимо оценить его состояние (приложение Н).

При твердых практических навыках, владея собой, квалифицированный спасатель за время менее одной минуты способен оценить состояние пострадавшего и решить, в каком объеме и порядке следует оказывать ему помощь.

Цвет кожных покровов и наличие дыхания (по подъему и опусканию грудной клетки) оценивают визуально. Нельзя тратить драгоценное время на прикладывание ко рту и носу зеркала, блестящих металлических предметов. Об утрате сознания так же, как правило, судят визуально, и чтобы окончательно убедиться в его отсутствии, можно обратиться к пострадавшему с вопросом о самочувствии.

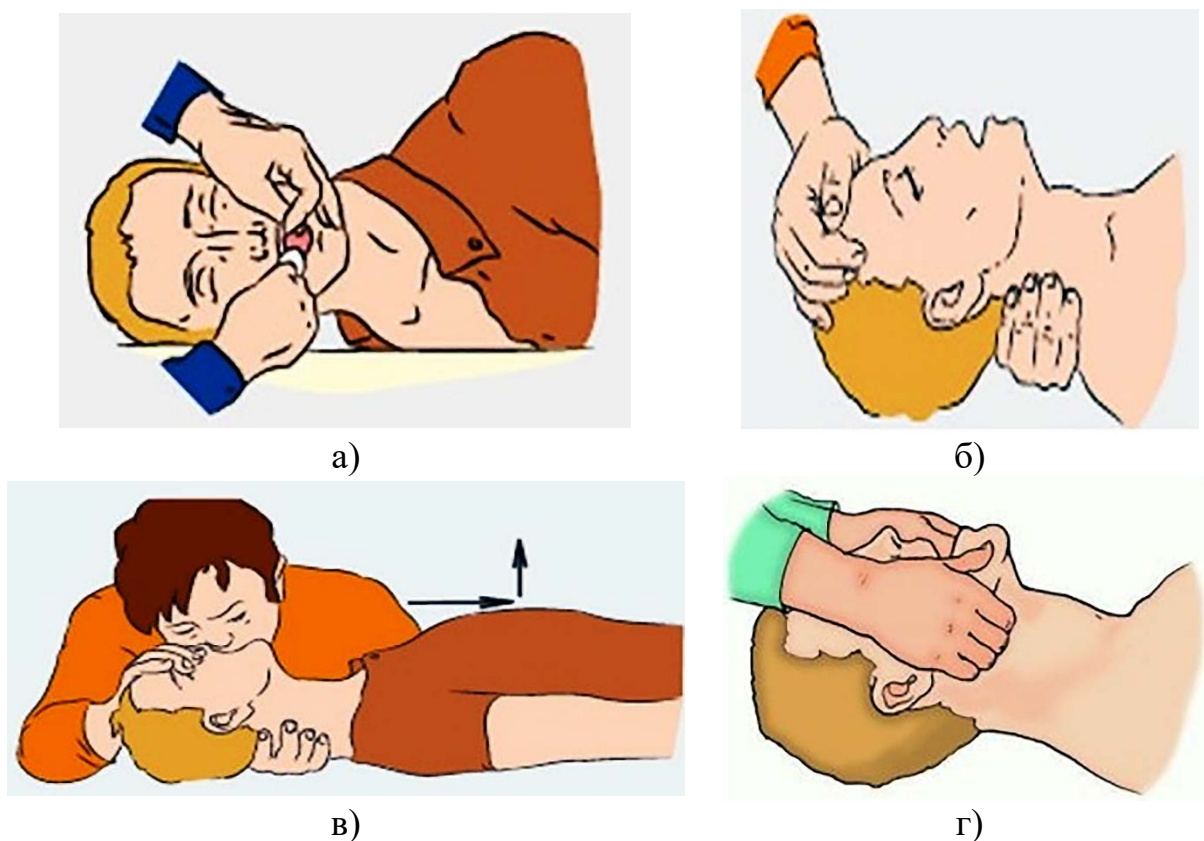
Пульс на сонной артерии прощупывают подушечками второго, третьего и четвертого пальцев руки, располагая их вдоль шеи между кадыком (адамово яблоко) и кивательной мышцей, слегка прижимая к позвоночнику. Приемы определения пульса на сонной артерии очень легко отработать на себе или своих близких.

Ширину зрачков при закрытых глазах определяют следующим образом: подушечки указательных пальцев кладут на верхние веки обоих глаз и, слегка придавливая их к главному яблоку, поднимают вверх. При этом глазная щель открывается и на белом фоне видна округлая радужка, а в ее центре – черные зрачки, состояние которых (узкие или широкие) оценивают по тому, какую

площадь радужки они занимают.

Как правило, степень нарушения сознания, цвет кожных покровов и состояние дыхания оценивают одновременно с прощупыванием пульса за время не более одной минуты. Осмотр зрачков проводят за 1–3 секунды.

Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, но у него прощупывается пульс, необходимо сразу же начать делать искусственное дыхание. Не обязательно, чтобы при проведении искусственного дыхания пострадавший находился в горизонтальном положении (рис. 9.4, 9.5).



- а) – очищение рта и глотки; б) – положение головы при проведении искусственного дыхания; в) – проведение искусственного дыхания по способу «изо рта в рот»; г) – выдвижение нижней челюсти двумя руками

**Рисунок 9.4 – Порядок оказания первой помощи пострадавшему**

Приступив к реанимации, нужно позаботиться о вызове врача или скорой медицинской помощи. Это должен сделать кто-либо другой, не оказывающий помощь, который не может прервать ее оказание.

Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку из одежды; расстегнуть одежду, стесняющую дыхание. Необходимо создать приток свежего воздуха; согреть тело, если холодно; обеспечить прохладу, если жарко; создать полный покой, непрерывно наблюдая за пульсом и дыханием; удалить лишних людей.



- а) – проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца одним лицом;  
б) – проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца двумя лицами

### Рисунок 9.5 – Порядок проведения реанимационных мероприятий

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, необходимо наблюдать за его дыханием и в случае нарушения дыхания из-за западания языка выдвинуть нижнюю челюсть вперед, взявшись пальцами за его углы, и поддерживать ее в таком положении, пока не прекратится западание языка.

При возникновении у пострадавшего рвоты необходимо повернуть его голову и плечи налево для удаления рвотных масс. Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, так как отсутствие видимых тяжелых повреждений от электрического тока или других причин (падения и т. д.) еще не исключает возможности последующего ухудшения его состояния. Только врач может решить вопрос о состоянии здоровья пострадавшего.

Переносить пострадавшего в другое место следует только в тех случаях,

когда ему продолжает угрожать опасность или когда оказание помощи на месте невозможно (например, на высоте). Ни в коем случае нельзя зарывать пострадавшего в землю, так как это принесет только вред и приведет к потерям дорогих для его спасения минут.

При поражении молнией оказывается та же помощь, что и при поражении электрическим током.

В случае невозможности вызова врача на место происшествия необходимо обеспечить транспортировку пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Перевозить пострадавшего можно только при удовлетворительном дыхании и устойчивом пульсе. Если состояние пострадавшего не позволяет его транспортировать, необходимо продолжать оказывать помощь.

### **Контрольные вопросы**

1. Приведите правила обработки термических ожогов без нарушения и с нарушением целостности ожоговых пузырей.
2. Что является признаком комы?
3. Что следует делать с пострадавшим в случае перелома костей конечностей?
4. Как определяется отсутствие сознания у пострадавшего?
5. Что следует делать в случаях падения работника с высоты при сохранении сознания?
6. Когда следует немедленно наложить кровоостанавливающий жгут и какое допустимое время наложения жгута на конечность?
7. Что является признаком внезапной смерти?
8. В течении какого времени рекомендуется проводить искусственное дыхание и непрямой массаж сердца? Какова частота нажатия на грудину при прямом массаже сердца?

9. Когда требуется немедленно нанести удар кулаком по груди и приступить к сердечно-легочной реанимации?

10. Каков порядок освобождения пострадавшего от действия электрического тока напряжением до 1 000 В?

11. Каков порядок освобождения пострадавшего от действия электрического тока напряжением свыше 1 000 В?

12. Каков порядок оказания первой помощи от действия электрического тока, если нет сознания и нет пульса на сонной артерии?

### **Тестовые вопросы**

**1. Что следует сделать лицу, оказывающему первую помощь, для проверки дыхания пострадавшего, если пострадавший находится без сознания в положении лежа на животе?**

- а) придать пострадавшему положение сидя или полусидя;
- б) установить соответствие между травмами (состояниями) и оптимальными при них положениями тела пострадавшего;
- в) придать пострадавшему положение лежа на спине;
- г) не перемещать пострадавшего;
- д) придать пострадавшему боковое положение.

**2. Каким должно быть соотношение непрямого массажа сердца (количество надавливаний) и искусственного дыхания (количество вдохов) при проведении сердечно-легочной реанимации?**

- а) 15:2;
- б) 15:1;
- в) 60:4;
- г) 30:2.

**3. В каком из перечисленных случаев допускается прекратить проведение сердечно-легочной реанимации?**

- а) только в случае появления у пострадавшего явных признаков жизни;
- б) только в случае прибытия бригады скорой помощи;
- в) только в случае невозможности продолжения сердечно-легочной реанимации ввиду физической усталости;
- г) во всех перечисленных случаях.

**4. Как следует приближаться к пострадавшему, если он лежит в зоне шагового напряжения или касается электрического провода?**

- а) широкими шагами;
- б) обычным шагом;
- в) только в диэлектрических ботах или «гусиным шагом» (без отрыва ступней ног от земли и без создания разрыва между стопами);
- г) приближаться к пострадавшему нельзя до снятия напряжения.

**5. Укажите последовательность оказания первой помощи при электротравме? а) доставить в лечебное учреждение; б) прекратить действие электрического тока; в) при отсутствии дыхания и сердечной деятельности – искусственная вентиляция легких и непрямой массаж сердца; г) при наличии ожогов – наложить стерильную повязку:**

- а) б) → в) → г) → а);
- б) б) → г) → в) → а);
- в) б) → г) → а) → в);
- г) в) → г) → а) → б).

**6. Поражение электрическим током выше 50 В вызывает?**

- а) тепловой эффект;
- б) электролитический эффект.
- в) тепловой и электролитический эффект.

**7. К общим симптомам электротравмы относятся? а) судорожное сокращение мышц; б) нарушение слуха, зрения; в) головная боль и общая слабость; г) изменения тканей, сходные с термическим ожогом; д) легкое**

**головокружение, проходящее через несколько минут:**

а) а) + б) + в);

б) а) + в) + г);

в) в) + г) + д).

**8. Какая помощь должна быть оказана пострадавшему при поражении электрическим током?**

а) провести реанимационные мероприятия при отсутствии дыхания и кровообращения;

б) доставить в лечебное учреждение для проведения реанимационных мероприятий при отсутствии дыхания и сердцебиения; при наличии ожогов наложить стерильную повязку;

в) при отсутствии дыхания и сердечной деятельности провести реанимационные мероприятия; наложить стерильную повязку, если имеются ожоги; доставить в лечебное учреждение.

**9. Основные правила выполнения искусственного дыхания, если помощь оказывает один спасатель:**

а) два вдоха искусственного дыхания после пяти надавливаний на грудину; приподнять ноги пострадавшего; реанимацию проводить до прибытия медперсонала;

б) два вдоха искусственного дыхания после 15 надавливаний на грудину; приподнять ноги пострадавшего; приложить холод к голове; реанимацию проводить до прибытия медперсонала;

в) два вдоха искусственного дыхания после 10 надавливаний на грудину; приподнять ноги пострадавшего; приложить холод к голове; реанимацию проводить до прибытия медперсонала.

**10. Правила освобождения от действия электрического тока:**

а) надеть диэлектрические перчатки, боты; замкнуть провода ВЛ 6-20 кВ

накоротко методом наброса; сбросить изолирующей штангой провод с пострадавшего; оттащить пострадавшего за одежду не менее чем на 10 метров от места касания провода и приступить к оказанию помощи;

б) надеть диэлектрические перчатки, боты; замкнуть провода ВЛ 6-20 кВ накоротко методом наброса; оттащить пострадавшего за одежду не менее чем на 15 метров от места касания провода и приступить к оказанию помощи.

---

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.030–81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200289> (дата обращения: 10.08.2022).
2. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения: 10.08.2022).
3. ГОСТ Р 50462–2009. Базовые принципы и принципы безопасности для интерфейса «человек – машина», выполнение и идентификация. Идентификация проводников посредством цветов и буквенно-цифровых обозначений // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200075956> (дата обращения: 10.08.2022).
4. Долин, П. А. Основы техники безопасности в электроустановках : учебное пособие / П. А. Долин. – М. : Энергия, 1979. – 408 с.
5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций (СО–153–34.21.122–2003). – М. : Издательство Московского энергетического института, 2004. – 57 с.
6. Карякин, Р. Н. Заземляющие устройства электроустановок : справочник / Р. Н. Карякин. – М. : Энергосервис, 2006. – 519 с.
7. Карякин, Р. Н. Справочник по молниезащите / Р. Н. Карякин. – М. : Энергосервис, 2005. – 880 с.
8. Князевский, Б. А. Охрана труда в электроустановках / Б. А. Князевский, Т. П. Марусова. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.
9. Межотраслевая инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве. – М : Изд-во НЦ ЭНАС, 2010. – 80 с.

10. Найфельд, М. Р. Заземление, защитные меры электробезопасности / М. Р. Найфельд. – М. : Энергия, 1971. – 312 с.

11. Сидоров, В. В. Расчет молниезащитных зон зданий и сооружений / В. В. Сидоров, И. Н. Фетисов. – Екатеринбург : Уральский государственный технический университет, 2002. – 28 с.

12. СНиП 12–03–99. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003966> (дата обращения: 10.08.2022).

13. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 10.08.2022).

14. Таранов, М. А. Электробезопасность сельских электроустановок : учебное пособие / М. А. Таранов, В. Я. Хорольский, Е. Е. Привалов. – Ставрополь : Агрус, 2006.

---

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

**ЗНАЧЕНИЯ УДЕЛЬНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ГРУНТОВ**

Таблица А.1 – Значения удельных сопротивлений грунтов

Номер грунта	Название грунта	Удельное сопротивление, $\rho_{уд.}$ , Ом·м
1	Торф	20
2	Чернозем	20
3	Глина	40
4	Садовая земля	40
5	Суглинок	100
6	Супесок	300
7	Грунт скалистый	500
8	Песок	700

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### ПРИЗНАКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН

### И ЗНАЧЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА

Таблица Б.1 – Признаки климатических зон и значения климатического коэффициента  $\phi$

Данные, характеризующие климатические зоны и тип применяемых электродов	Признаки климатических зон			
	1	2	3	4
1. Климатические признаки зон: средняя многолетняя низшая температура (январь), °С	от -15 до -20	от -10 до -14	от 0 до -10	от 0 до +5
средняя многолетняя высшая температура (июль), °С	от 16 до 18	от 18 до 22	от 22 до 24	от 24 до 26
продолжительность замерзания вод, дней	170–190	~150	~100	0
2. Значения коэффициента $\phi$ : при применении вертикальных электродов длиной до 5 метров;	1,65	1,45	1,3	1,1
то же при длине электродов 5 и более метров;	1,35	1,25	1,15	1,1
то же при применении горизонтальных электродов длиной до 50 метров;	5,5	3,5	2,5	1,5
то же при длине 50 и более метров	4,5	3,0	2,0	1,4

Приложение В  
Исходные данные для расчета

Таблица В.1 – Исходные данные для расчета

Параметры	Варианты																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Размещение электродов: в ряд – Р, по контуру – К	Р	К	Р	К	Р	К	Р	К	Р	Р	Р	К	Р	К	Р	К	Р	К	Р	К	Р	Р	К	К	Р
Вид вертикального заземлителя: труба – Т, прутки – П, уголкового заземлителя – У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т	П	У	Т
Размеры вертикального заземлителя: диаметр (полка), мм; длина а, м	40	10	45*	60	20	80	50	15	110	45	25	60	55	12	90	64	10	80**	58	12	90	80	14	80	42
Отношение А/а	3	8	3,5	2,5	6	2	3,5	5	3	2,5	4	2,5	4	6,5	3	3	10	4	3,5	8	3,5	5	6	4,5	6
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1

Продолжение таблицы В.1

Параметры	Варианты																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Номер грунта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Номер климатической зоны	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	4	2	3	4	1	4	3	4	1
Глубина траншеи, м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тип электрической сети	A1	Г	В	Г	A2	B2	В	Г	A2	B1	В	Г	A1	B2	B1	Г	A1	B1	Г	Г	A3	B2	Г	A2	A1
Вид и размер горизонтального электрода: прутки																									
диаметром d1, мм	20	-	45	-	20	-	50	-	35	-	25	-	30	-	40	-	20	-	40	-	30	-	25	-	45
полоса шириной, мм	-	40	-	60	-	80	-	50	-	90	-	40	-	30	-	40	-	30	-	50	-	45	-	35	-

\* Размер «полка» 45 мм для уголковой стали обозначает сечение уголка 45×45 мм.

\*\* Размер «полка» 80 мм для уголковой стали обозначает сечение уголка 80×80 мм.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

**ДОПУСТИМЫЕ (НОРМАТИВНЫЕ) ЗНАЧЕНИЯ  
СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ  
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

**Таблица Г.1 – Допустимые (нормативные) значения сопротивления защитного заземления в электрических сетях**

Тип сети	Напряжение сети	Режим нейтрали	Усл. обозн. сети	Допустимое значение сопротивления $R_3$ , Ом
ТТ	до 1 000 В	глухо заземленная	А1	$\leq 2$ (для линейного $U = 660$ В)
			А2	$\leq 4$ (для линейного $U = 380$ В)
			А3	$\leq 8$ (для линейного $U = 220$ В)*
IT	до 1 000 В	изолированная	Б1	$\leq 4$
			Б2	$\leq 10$ (при мощности генератора, трансформатора $\leq 100$ кВА)
IN	выше 1 000 В	изолированная	В	$\leq 10$
TN	выше 1 000 В	глухо заземленная	Г	$\leq 0,5$

\* Линейные напряжения 660, 380 и 220 В приведены для трехфазного электрического тока. Такие же значения сопротивления  $R_3$  установлены для линейных напряжений соответственно 380, 220 и 127 В однофазного электрического тока.

---

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ**  
**ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ**

Таблица Д.1 – Значения коэффициентов использования горизонтальных электродов  $\eta_r$

Соотношение расстояний между электродами А к их длине $\alpha$	Число вертикальных заземлителей							
	2	4	6	10	20	40	60	100
<b>Размещение в ряд</b>								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	–	–	–
2	0,94	0,84	0,80	0,75	0,56	–	–	–
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	–	–	–
<b>Размещение по контуру</b>								
1	–	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	–	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	–	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**

**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ**

**Таблица Е.1 – Значения коэффициентов использования вертикальных электродов  $\eta_v$**

Число заземлителей $n$ , шт.	Отношение расстояния между электродами $A$ к их длине $a$					
	1	2	3	1	2	3
	размещение в ряд			размещение по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	–	–	–
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	–	–	–	0,41	0,58	0,66
60	–	–	–	0,39	0,55	0,64
100	–	–	–	0,36	0,52	0,62

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**  
**КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ**  
**ПО КАТЕГОРИЯМ МОЛНИЕЗАЩИТЫ**

**Таблица Ж.1 – Классификация объектов по категориям молниезащиты**

<b>Здания и сооружения</b>	<b>Местоположение молниезащиты</b>	<b>Категория</b>	<b>Тип зоны защиты</b>
Здания и сооружения, которые согласно Правилам устройства электроустановок относятся к зонам классов В-I и В-II	на всей территории России	I	зона А
Наружные установки, создающие, согласно ПУЭ, зону класса В-Iг	на всей территории России	II	зона Б
Здания и сооружения, относящиеся, согласно ПУЭ, к зонам классов В-Iа, В-Iб, В-IIа.	в местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч/год и более	II	при ожидаемом количестве поражений в год: при $N > 1$ – зона А; при $N < 1$ – зона Б
Дымовые трубы, башни и вышки всех назначений высотой 15 м и более	то же	III	–
Здания и сооружения, относящиеся, согласно ПУЭ, к зонам классов П-I, П-II, П-IIIа	то же	III	для зданий и сооружений I и II степени огнестойкости при $0,1 < N < 2$ и для III-V степеней огнестойкости при $0,2 < N < 2$ зона Б, при $N > 2$ зона А
Наружные установки и открытые склады, создающие, согласно ПУЭ, зону класса П-III	то же	III	при $0,1 < N < 2$ – зона Б; при $N > 2$ – зона А
Здания и сооружения III, IIIа, IIIб, IV, V степеней огнестойкости, в которых отсутствуют помещения, относимые ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	то же	III	при $0,1 < N < 2$ – зона Б; при $N > 2$ – зона А
Здания вычислительных центров	то же	II	зона Б
Общественные здания различных назначений (медицинские, учебные и т.д.) III-V степеней огнестойкости	то же	III	зона Б

---

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ И ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОН

**Зона класса В-I.** Помещения, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси паров и газов с воздухом при нормальных условиях работы. Например, помещения, в которых производится слив легко воспламеняющих жидкостей в открытые сосуды.

**Зона класса В-Iа.** Помещения, в которых взрывоопасные смеси не образуются при нормальных условиях эксплуатации оборудования, но могут образовываться при авариях или неисправностях.

**Зона класса В-Iб.** Помещения, в которых могут содержаться горючие пары и газы с высоким нижним пределом воспламенения (15 % и более), обладающие резким запахом (например, помещения аммиачных компрессоров); помещения, в которых возможно образование лишь локальных взрывоопасных смесей в объеме 5 % от объема помещения.

**Зона класса В-Iг.** Наружные установки, в которых находятся взрывоопасные газы, пары и легко воспламеняющиеся жидкости (например, газгольдеры, сливоналивные эстакады и т. д.).

**Зона класса В-II.** Помещения, в которых производится обработка горючих пыли и волокон, способных образовывать взрывоопасные смеси с воздухом при нормальных режимах работы (например, открытая загрузка и выгрузка из оборудования мелкодисперсных горючих материалов).

**Зона класса В-IIа.** Помещения, в которых взрывоопасные паровоздушные и пылевоздушные смеси могут образовываться только в результате неисправностей и аварий (например, разгерметизация пневмотранспортирующего оборудования с применением азота).

*Помещения и установки, в которых содержатся горючие жидкости и*

*горючие пыли, нижний концентрационный предел воспламенения которых выше  $65 \text{ г/м}^3$ , относят к пожароопасным и классифицируют следующим образом:*

**Зона класса П-I.** Помещения, в которых содержатся горючие жидкости (например, минеральные масла).

**Зона класса П-II.** Помещения, в которых содержатся горючие пыли с нижним концентрационным пределом воспламенения выше  $65 \text{ г/м}^3$ .

**Зона класса П-IIIa.** Помещения, в которых содержатся твердые горючие вещества, не способные переходить во взвешенное состояние.

**Установки (зона) класса П-III.** Наружные установки, в которых содержатся горючие жидкости (с температурой вспышки выше  $61 \text{ }^\circ\text{C}$ ) или твердые горючие вещества.

## ПРИЛОЖЕНИЕ И

### ПРИМЕРНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ИХ ОГНЕСТОЙКОСТИ

Таблица И.1 – Примерные конструктивные характеристики зданий в зависимости от степени их огнестойкости

Степень огнестойкости	Конструктивные характеристики
I	здания с несущими и ограждающими конструкциями из естественных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона с применением листовых и плитных негорючих материалов
II	то же; в покрытиях зданий допускается применять незащищенные стальные конструкции
III	здания с несущими и ограждающими конструкциями из естественных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона; для перекрытий допускается применение деревянных конструкций, защищенных штукатуркой или трудногорючими плитными материалами; к элементам покрытий не предъявляются требования по пределам огнестойкости и пределам распространения огня; при этом элементы чердачного покрытия подвергаются огнезащитной обработке
IIIa	здания преимущественно с каркасной конструктивной схемой; элементы каркаса – из стальных незащищенных конструкций; ограждающие конструкции из стальных профилированных листов или других негорючих листовых материалов с трудногорючим утеплителем
IIIб	здания преимущественно одноэтажные с каркасной конструктивной схемой; элементы каркаса – из цельной или клееной древесины, подвергнутой огнезащитной обработке, обеспечивающей требуемый предел распространения огня; ограждающие конструкции – из панелей или поэлементной сборки, выполненные с применением древесины или материалов на ее основе; древесина и другие горючие материалы ограждающих конструкций должны быть подвергнуты огнезащитной обработке или защищены от воздействия огня или высоких температур таким образом, чтобы обеспечить требуемый предел распространения огня
IV	здания с несущими и ограждающими конструкциями из цельной или клееной древесины и других горючих или трудногорючих материалов, защищенных от воздействия огня и высоких температур штукатуркой или другими листовыми или плитными материалами; к элементам покрытий не предъявляются требования по пределам огнестойкости и пределам распространения огня, при этом элементы чердачного покрытия из древесины подвергаются огнезащитной обработке
IVa	здания преимущественно одноэтажные с каркасной конструктивной схемой; элементы каркаса – из стальных незащищенных конструкций; ограждающие конструкции – из стальных профилированных листов или других негорючих материалов с горючим утеплителем
V	здания, к несущим и ограждающим конструкциям которых не предъявляются требования по пределам огнестойкости и пределам распространения огня

## ПРИЛОЖЕНИЕ К

### ДАННЫЕ ПО РАСЧЕТУ ЗОНЫ ЗАЩИТЫ МОЛНИЕОТВОДА

Таблица К.1 – Данные по расчету зоны защиты молниеотвода

Вариант задания		
Место расположения объекта		
Размеры объекта, м	длина, $L$	
	ширина, $S$	
	высота, $H$	
	диаметр верхней части объекта, $D_{\text{верх}}$	
	диаметр наземной части объекта, $D_{\text{назем}}$	
Удельное сопротивление грунта, $\rho$ , Ом·м		
Зона класса взрыво-, пожароопасности и ее характеристика		
Категория молниезащиты		
Тип зоны защиты		
Степень огнестойкости здания		
Удельная плотность ударов молнии в землю, п/км <sup>2</sup> ·год		
Количество поражений объекта молнией, раз/год		
Расстояние от объекта до молниеотвода, $S_B$ , м		
Радиус зоны защиты $r_x$ на высоте сооружения $h_x$ , м		
Высота молниеотвода, $h$ , м		
Радиус зоны стягивания, $r_{x0}$ , м		

**ПРИЛОЖЕНИЕ Л**

**ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА  
ОДИНОЧНОГО СТЕРЖНЕВОГО МОЛНИЕОТВОДА**

**Таблица Л.1 – Варианты задания для расчета одиночного стержневого молниеотвода**

Номер варианта	Место расположения объекта	Характеристика защищаемого объекта		Размеры объекта, м				Удельное электрическое сопротивление грунта, $\rho$ , Ом · м
		зона класса взрыво-, пожароопасности	тип здания	L	S	H	$D_{\text{верх}}/ D_{\text{назем}}$	
1	Киров	П-III	жилой дом	6	4	4	–	250
2	Уфа	В-III	цех	16	8	6	–	150
3	Брянск	В-I	цех	20	8	6	–	120
4	Смоленск	П-II	цех	18	6	6	–	150
5	Ростов-на-Дону	П-II	столовая	24	8	8	–	220
6	Норильск	П-III	водонапорная башня	–	–	12	2/4	180
7	Южно-Сахалинск	В-II	цех	80	24	15	–	180
8	Волгоград	П-III	дымовая труба	–	–	60	1,2/4	180
9	Кемерово	П-II	дымовая труба	–	–	50	1,3/4	180
10	Краснодар	В-IIб	цех	60	50	18	–	220

**ПРИЛОЖЕНИЕ М**  
**ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА**  
**ОДИНОЧНОГО ТРОСОВОГО МОЛНИЕОТВОДА**

Таблица М. 1 – Варианты задания для расчета одиночного тросового молниеотвода

Номер варианта	Место расположения объекта	Характеристика защищаемого объекта		Размеры объекта, м			Марка троса	Скорость ветра, в, м/с	$\rho$ , Ом · м
		зона класса взрыво-, пожаро-опасности	тип здания	L	S	H			
1	Архангельск	В-I	цех	70	6	6	С-35	20	300
2	Астрахань	В-I	цех	120	12	12	С-50	20	500
3	Казань	В-II	цех	110	20	12	С-25	30	1 000
4	Петрозаводск	В-I	цех	72	12	12	С-25	20	800
5	Москва	В-I	цех	120	12	8	С-25	25	350
6	Екатеринбург	П-III	цех	100	12	12	С-50	30	150
7	Псков	П-III	жилой дом	80	10	8	С-50	25	800
8	Брянск	П-III	цех	150	12	12	С-35	30	1 000
9	Орел	П-III	цех	120	18	10	С-70	20	1 000
10	Магадан	П-III	цех	140	18	8	С-70	25	300
11	Иркутск	П-III	цех	60	12	10	С-50	20	240
12	Самара	П-III	цех	140	12	6	С-50	20	220
13	Новосибирск	П-III	цех	100	18	12	С-35	25	300
14	Курск	П-II	цех	120	12	10	С-70	25	500
15	Краснодар	В-I	цех	90	12	6	С-35	30	180

---

**ПРИЛОЖЕНИЕ Н**  
**УНИВЕРСАЛЬНАЯ СХЕМА ОКАЗАНИЯ**  
**ПЕРВОЙ ПОМОЩИ НА МЕСТЕ ПРОИСШЕСТВИЯ**

1. Если нет сознания и нет пульса на сонной артерии – приступить к реанимации.
2. Если нет сознания, но есть пульс на сонной артерии – повернуть на живот и очистить ротовую полость.
3. При артериальном кровотечении – наложить жгут.
4. При наличии ран – наложить повязки.
5. Если есть признаки переломов костей конечностей – наложить транспортные шины.

*Учебное издание*

*Шевченко Максим Валерьевич,  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Проценко Палина Павловна, доцент  
Дубкова Елена Сергеевна,  
кандидат сельскохозяйственных наук*

## **ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ**

Учебное пособие

Подписано в печать 25.01.2023 г.  
Формат 60х90/16. Уч.-изд. л – 5,88. Усл. печ. л. –  
10,98. Тираж по требованию. Заказ 6.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

---

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии  
Дальневосточного государственного  
аграрного университета  
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

