

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Охрана труда и окружающей среды

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой ОТ и ОС
Приходько Н. Г. д.т.н. проф.
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
Приходько «10» 06 2014 г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Анализ и выбор мероприятий по улучшению безопасности в энергосекторе

Специальность 59073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

Выполнил (а) Минарбекова Т.А. ББМ-10-1
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Абдишуратов Н.С. доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Амишжанова Д.М. к.т.н., доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Амиш «08» 06 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Абдишуратов Н.С.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Абдиш «08» 06 2014 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

Абдишуратов Н.С.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Абдиш «08» 06 2014 г.
(подпись)

(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Такимжанов Т.Е. д.т.н. профессор
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Таким «10» 06 2014 г.
(подпись)

Рецензент: Касенов К.М. д.т.н. проф.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
Касенов «09» 06 2014 г.
(подпись)

Алматы 2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Электроэнергетики
Специальность 5В073100 – Безопасность жизнедеятельности и
защита окружающей среды
Кафедра Охрана труда и окружающей среды

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студентка Минарбекова Гаухар Армановна
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Анализ и выбор мероприятий по улучшению безопасности в энергообъектах

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.

Срок сдачи законченной работы «__» июля 2014 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

1. Общая характеристика воздушных линий электропередачи

2. Характеристики опасных и вредных факторов связанных с эксплуатацией электрооборудования

3. Основные акустические характеристики шрипов, создаваемые электроустановками

4. Статистические данные по электротравматизации

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта воспроизвели краткое содержание дипломного проекта:

1. Анализ и оценка безопасности в электрических сетях Казахстана

2. Оценка электробезопасности на энергообъектах

3. Акустические шрипы, создаваемые электроустановками

4. Анализ методов и методов управления охраной труда с целью снижения травматизма

5. Безопасность жизнедеятельности

6. Экономическая часть

7. Заключение

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Сравнения используемых ресурсов в энерго-производстве.
2. Оценка протекционности ЛЭП напряжением 35-110 кВ.
3. Таблица значений коэффициентов, характеризующих составные элементы правшагазия.
4. Таблица несчастных случаев по числу происшествий.
5. Смертельный электро травматизм в электрических сетях.
6. Таблица несчастных случаев из-за поражения электротоком.

Рекомендуемая основная литература

1. Безопасность деятельности: Учеб. пособ.-М.ИИФРА-М, 2003 и 2008. Раздорожный А.А.
2. Безопасность жизнедеятельности: учебн пособие для студ высш. С.В. Бонев М Высшая школа, 2009-348.
3. Козлов В.И. Методологии охраны труда в химических-технологических системах. Рига "Зинкоте", 1998-183.
4. Александров Г.Н. Установки сверхвысокого напряжения и охраны окружающей среды. 1983 - 360.
5. ГОСТ 12.2.021-87 ССБТ. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Эколог. отчет	Андреева Л.Н.	07.06.2014	Андреева
Нормоконтроль:	Талиманов Т.С.	09.06.2014	Талиманов
БЖД	Абдулмурадов Н.С.	09.06.2014	Абдулмурадов
Техн. вычисления	Абдулмурадов Н.С.	09.06.2014	Абдулмурадов
Рецензент	Кобенов К.М.		

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1.	Состояние энергетического ресурса и общие характеристики воздушных линий. э. до	17. 03. 2014.	
2.	Действие электрического тока на организм человека	18. 03. 2014.	
3.	Вероятность молнии на изоляцию	19. 03. 2014.	
4.	Основные акустические характеристики шума и его источники.	21. 03. 2014.	
5.	Шум, создаваемый воздушной линией электропередачи	22. 03. 2014.	
6.	Основные причины и последствия антропогенного воздействия	24. 04. 2014.	
7.	Безопасность жизнедеятельности.	05. 05. 2014.	
8.	Расчет уровней шума, создаваемого ВЛЭП.	10. 05. 2014.	
9.	Рем. ур-в шума, созд. транс-м на открытой территории	15. 05. 2014.	
10.	Жанровые части	18. 05. 2014.	
11.	Расчет технико-экон-х показателей подстанции.	22. 05. 2014.	
12.	Показатели финансово-экон-х характеристик инвести-ции.	25. 05. 2014.	

Дата выдачи задания «20» января 2014 г.

Заведующий кафедрой _____ Приходька Н.Т.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Абулмурадов М.С.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____ Межарбекова Т.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аннотация

В данном дипломном проекте были описаны опасные и вредные факторы, связанные с эксплуатацией воздушных линий электропередачи и вопросы по обеспечению электробезопасности в электрических сетях, а также защитные меры от поражения электрическим током.

Проведены основные причины и методы анализа производственного травматизма и сбор статистических данных по электротравматизму в электрических сетях.

Также рассмотрены вопросы экономической целесообразности и безопасности жизнедеятельности.

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада электр жеткізу желілерін пайдалануға байланысты қауіпті және зиянды факторлар жазылып көрсетілген және электр тораптарында электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша сұрақтары, сонымен бірге электр тоғынан зақымдалудан қорғану шаралары қарастырылған.

Өндірістік травматизмнің негізгі себептері және оны талдау әдістері, сонымен бірге электр тораптарындағы электр травматизмі бойынша статистикалық деректер жиі анықталып көрсетілген.

Сонымен бірге, дипломдық жобада экономикалық және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі бөлімдеріне сұрақтар қарастырылған.

Содержание

	Введение	3
1	Анализ и оценка безопасности в электрических сетях Казахстана	4
1.1	Состояние энергетического ресурса и общая характеристика воздушных линий электропередачи	4
1.2	Опасные и вредные факторы, связанные с эксплуатацией воздушных линий электропередачи	11
2	Обеспечение электробезопасности на энергообъектах	17
2.1	Действие электрического тока на организм человека	17
2.2	Вероятностная модель полного сопротивления тела человека	29
2.3	Защитные меры от поражения электрическим током	35
3	Акустические шумы, создаваемые электроустановками	37
3.1	Основные акустические характеристики шума и его источников	37
3.2	Действие шума на человека и их нормирование	40
3.3	Шум, создаваемый трансформаторами	41
3.3.1	Расчёт уровней шума, создаваемый трансформаторами на открытой территории	42
3.3.2	Мероприятия по защите от шума, создаваемого ТМ	44
3.4	Шум, создаваемый воздушной линией электропередачи	45
3.4.1	Расчёт уровней шума, создаваемого ВЛЭП	47
4	Анализ методов и методик управления охраной труда с целью снижения травматизма	54
4.1	Основные причины и методы анализа производственного травматизма	54
4.2	Статистика травматизма	60
4.3	Комплексные показатели травмоопасности	71
4.4	Применение теории надежности для оценки безопасности технических систем	74
5	Безопасность жизнедеятельности	
6	Экономическая часть	81
	Список литератур	93

Введение

Рост мирового валового продукта был бы невозможен без широкомасштабного внедрения передовых технологий и роста энерговооруженности промышленных предприятий и социально-бытовой сферы. В свою очередь, рост энергопотребления, обусловленный, в том числе, внедрением современных систем автоматизации технологических процессов, телекоммуникационных систем, энерговооруженности социальной сферы и др. требует от энергопроизводителей совершенствования системы управления охраной труда, направленной на снижение уровня травматизма.

Даже в промышленно развитых странах тяжесть травм и их частота при несчастных случаях на предприятиях энергетики являются одними из самых высоких среди всех видов производств, связанных с угрозой травмирования или гибели персонала. В энергетике это обусловлено содержанием производственной деятельности работников энергопредприятий и значительным уровнем производственных опасностей вследствие использования такого оборудования, элементы которого характеризуются высокими значениями электрического напряжения, давления и температур газовых и жидких сред. Среди факторов, сопровождающих деятельность персонала в электроэнергетике, наиболее опасными являются электрический ток и электрическая дуга и шум.

Успешная реализация задачи по снижению травматизма на предприятиях электроэнергетики во многом зависит от общей методологии оценки причин травмоопасности и путей устранения этих причин, которая позволяет решать большинство задач безопасности и охраны труда. Следовательно, проблема, прежде всего, состоит в правильном выборе метода для анализа и описания, конкретных травмоопасных процессов, создания математической модели алгоритма расчета травмоопасных ситуаций, формализации основных закономерностей, и также поиск путей повышения уровня безопасности.

Целью исследования является совершенствование существующих методов и методик анализа травматизма и разработка ряда эффективных подходов по созданию математических моделей анализа травматизма и управления производственными процессами с целью снижения травматизма.

Объектом исследования является травматизм и профессиональные заболевания на предприятиях электроэнергетики, методы и средства анализа причин возникновения травмоопасных ситуаций и травм, позволяющие объективно характеризовать уровень безопасности труда, моделировать условия труда и вырабатывать алгоритмы и методы, реализующие основной принцип охраны труда - предупреждение травматизма и обеспечение безопасности человека в энергопредприятиях.

1 Анализ и оценка безопасности в электрических сетях Казахстана

1.1 Состояние энергетического ресурсаи общая характеристика воздушныхлиний электропередачи

Казахстан обладает крупными запасами энергетических ресурсов (нефть, газ, уголь, уран) и является энергетической державой. В настоящий момент Казахстан является нетто-экспортёром электроэнергии (Север Казахстана экспортирует электроэнергию в Россию, а юг покупает её у Киргизии и Узбекистана).

Суммарная установочная мощность всех электростанций Казахстана составляет 18 331 МВт электроэнергии. Основу электроэнергии в Казахстане вырабатывают 37 тепловых электростанций, работающих на углях Экибастузского, Майкубинского, Тургайского и Карагандинского бассейнов. Крупнейшая из построенных в Казахстане Экибастузские ГРЭС-1 и ГРЭС-2. Наибольшую выработку электроэнергии осуществляет Аксусская (Ермаковская) ГРЭС, эта станция вырабатает до 14% всей электроэнергии, произведённой в Казахстане. В данное время планируется строительство Балхашской ТЭС.

Единственная атомная электростанция в Казахстане находится в городе Актау с реактором на быстрых нейтронах с мощностью в 350 МВт. АЭС работала в 1973—1999 годах. В настоящий момент атомная энергия в Казахстане не используется, несмотря на то, что запасы урана в стране оценены в 469 тысяч тонн. Основные залежи находятся на западе в Мангыстау, на востоке Казахстана и между реками Чу и Сырдарья.

В Казахстане имеются значительные гидроресурсы, теоретически мощность всех гидроресурсов страны составляют 170 млрдкВт·ч в год. Основные реки: Иртыш, Или и Сырдарья. Экономически эффективные гидроресурсы сосредоточены в основном на востоке (горный Алтай) и на юге страны. Крупнейшие ГЭС: Бухтарминская, Шульбинская, Усть-Каменогорская (на реке Иртыш) и Капчагайская (на реке Или) обеспечивающие 10 % потребностей страны. В Казахстане планируется увеличение использования гидроресурсов в среднесрочном периоде. В стадии завершения строительства находится Мойнакская ГЭС (300 МВт).

Удельный вес возобновляемых энергоресурсов не более 0,2 % суммарной выработки электроэнергии.

Ветровая энергетика в Казахстане не развита, есть хорошие возможности, особенно в районе Джунгарских ворот и Чиликского коридора, где средняя скорость ветра составляет от 5 до 9 м/с.

Использование солнечной энергии в Казахстане также незначительно,

при этом, что годовая длительность солнечного света составляет 2200—3000 часов в год, а оцениваемая мощность 1300—1800 кВт на 1 м² в год.

Около 70 % электроэнергии в Казахстане вырабатывается из угля, 14 % - из гидроресурсов, 11 % - из газа и 5 % - из нефти. Соотношения используемых ресурсов в энергопроизводстве показаны на рисунке 1.1.

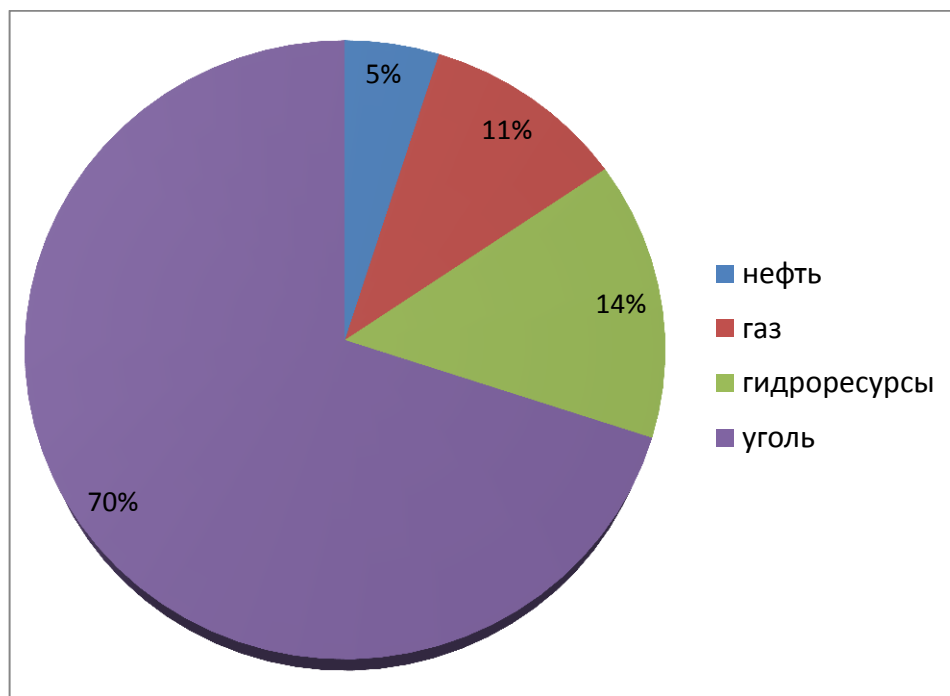


Рисунок 1.1 - Соотношения используемых ресурсов в энергопроизводстве

По уровню номинального напряжения воздушные линии делятся на две группы: линии напряжением до 1кВ и линии напряжением выше 1кВ. Для каждой группы установлены технические требования их устройства.

В зависимости от режима нейтрали источника электроэнергии электрические сети делят на четыре группы: с незаземленной, резонанснозаземленной, эффективнозаземленной и глухозаземленной нейтралью. К первой и второй группам относятся сети напряжением 3–35кВ, в которых нейтрали трансформаторов или генераторов изолированы от земли или заземлены через дугогасящие реакторы; к третьей группе – сети 110кВ и выше, нейтрали источников которых соединены с землей непосредственно или через резистор с небольшим активным сопротивлением; к четвертой группе - сети 380/220 В.

Электрические сети делят также на системообразующие - электрические сети высших классов напряжений, обеспечивающие устойчивость и надежность энергосистем как единого объекта,

межсистемные – линии электропередачи, непосредственно соединяющие разные энергосистемы, и распределительные, –обеспечивающие распределение электрической энергии между пунктами потребления внутри энергосистемы.

Электрические сети с напряжением от 500кВ и выше являются системообразующими или межсистемными. Сети 220кВ выполняют в основном распределительные, но в ряде случаев и системообразующие функции. Сети 110кВ применяются во всех энергосистемах страны в основном как распределительные.

Наиболее распространенными во всех энергосистемах страны являются распределительные сети напряжениями 10 и 0,4кВ. Их протяженность составляет более 75% общей протяженности ВЛ. Линии электропередачи распределительных сетей 0,4 – 10кВ имеют большое количество ответвлений (отпаек) к потребителям.

Общая протяженность линий электропередачи напряжением 35-1150 кВ составляет 23321,967 км (по цепям), она показаны на рисунке 1.2.

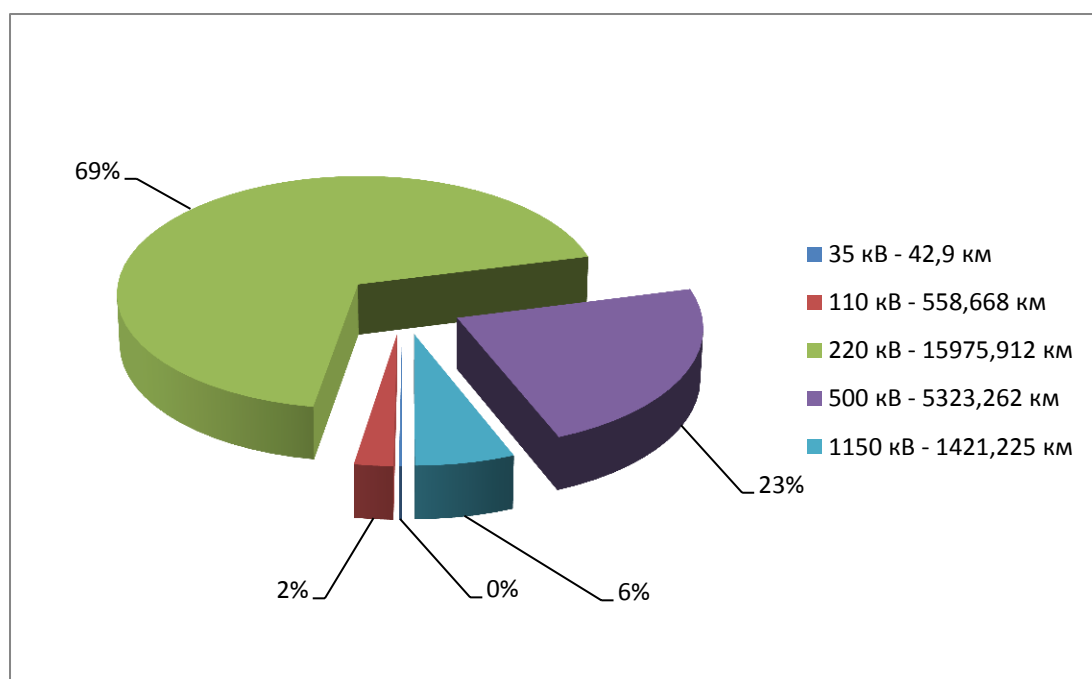


Рисунок 1.2 - Общая протяженность ЛЭП напряжением 35-1150 кВ

На балансе филиалов МЭС находится 74 электрических подстанций напряжением 35 - 1150 кВ с установленной мощностью трансформаторов 32209,05 МВА (рисунок 1.3).

Подавляющее большинство линий электропередачи как во всем мире, так и в нашей стране (95 % от общей протяженности линий электропередачи)

составляют воздушные линии, что объясняется их относительной простотой и дешевизной.

В зависимости от доступности для людей, транспорта и сельскохозяйственных машин местность, по которой проходит ВЛ, делится на три категории: *населенная*, *ненаселенная*, *труднодоступная*.

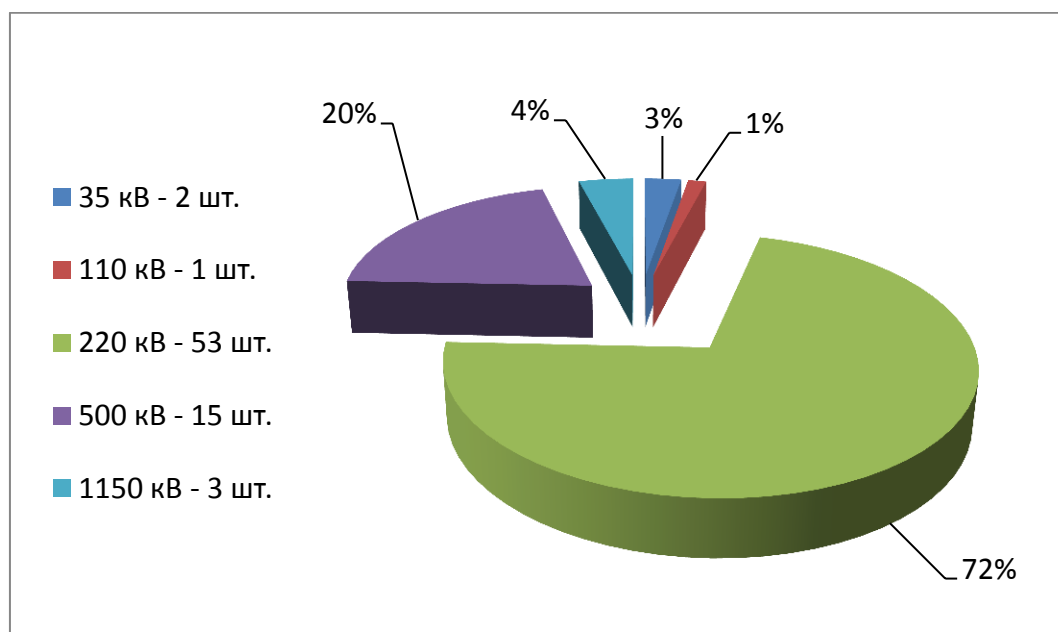


Рисунок 1.3 – Количество подстанции филиалов МЭС напряжением 35-1150 кВ

К населенной относят территорию городов с учетом границ их развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, а также территорию поселков городского типа и сельских населенных пунктов в пределах поселковой черты. *К ненаселенной* – незастроенную территорию, частично посещаемую людьми и доступную для транспорта и сельскохозяйственных машин. *Ненаселенной* местностью считают также огороды, сады и местности с отдельными, редко стоящими строениями и временными сооружениями. *К труднодоступной* – территорию, недоступную для транспорта и сельскохозяйственных машин.

Основными конструктивными элементами ВЛ являются опоры, провода, изоляторы и арматура. Опоры предназначаются для закрепления проводов и тросов воздушных линий электропередачи на необходимом расстоянии от поверхности земли, проводов других линий, крупных зданий и т.п. Они должны быть механически прочными при воздействии различных метеорологических условий (ветер, гололед).

Опоры классифицируются по назначению, по конструктивному исполнению и по материалу, из которого изготовлены. По способу

закрепления в грунте опоры подразделяют на устанавливаемые непосредственно в грунт и на фундаменты.

В зависимости от назначения различаются:

- промежуточные опоры, предназначенные для свободной подвески проводов на штыревых изоляторах или подвесных гирляндах изоляторов; эти опоры в нормальном режиме работы линий не воспринимают усилий, направленных вдоль линии;

- анкерные опоры, предназначенные для закрепления на них проводов и тросов через натяжные гирлянды изоляторов или штыревые изоляторы; эти опоры воспринимают полное натяжение проводов и тросов;

- угловые опоры, обеспечивающие возможность изменения направления воздушной линии в определенных точках трассы; угловые опоры могут быть как анкерные, так и промежуточные;

- концевые опоры, ограничивающие линию электропередачи у порталов подстанций; это анкерные опоры, рассчитанные на одностороннее натяжение проводов и тросов;

- специальные опоры - это анкерные или промежуточные опоры, установленные на определенных участках (переходные, транспозиционные, отпаечные и т. п.).

В зависимости от конструктивного исполнения различаются:

- по расположению проводов - опоры с вертикальным, горизонтальным и треугольным (смешанным) расположением проводов одной цепи;

- по количеству цепей на опоре - одноцепные, двухцепные, трехцепные и т. д.;

- по конструкции опоры - одностоечные, порталные, опоры с оттяжками и т. д.

В зависимости от того, из какого материала выполнены основные элементы опоры, их подразделяют на деревянные, металлические и железобетонные.

Деревянные опоры применяют в основном на линиях 0,38 - 10кВ, железобетонные - практически на линиях всех классов напряжений распределительных сетей, металлические - на линиях выше 35кВ.

Во время эксплуатации опоры подвергаются воздействию внешних нагрузок. Нагрузки, действующие на опоры, подразделяются на нагрузки нормального, аварийного и монтажного режимов. Работа линии при необорванных проводах и тросах называется нормальным режимом работы линии. Аварийным режимом называется работа линии при обрыве проводов и тросов, т. е. при воздействии особых нагрузок. Монтажным режимом называется работа конструкций в условиях монтажа опор, проводов и тросов.

Каждая опора рассчитывается с определенным запасом прочности в

зависимости от назначения опоры, материала, из которого она изготовлена, и характера воздействия нагрузок: для деревянных опор коэффициент запаса $K_3 = 1,4 - 3,5$; для металлических $K_3 = 1,1 - 1,5$; для железобетонных $K_3 = 1,8 - 2,4$.

У воздушных линий напряжением 500кВ и выше на стальных опорах применяется горизонтальное расположение проводов, обеспечивающее наибольшую надежность линии в эксплуатации.

Деревянные опоры изготавливаются из пропитанных антисептиками бревен сосны. Допускается применение ели и пихты для неответственных деталей ВЛ35кВ и меньшего напряжения.

Основными преимуществами деревянных опор, наиболее распространенных на ВЛ0,4 – 10кВ, являются:

- дешевизна дерева, как строительного материала при высокой механической прочности;
- конструктивность дерева как строительного материала и его хорошая обрабатываемость;
- возможность создания простых и удобных в эксплуатации конструкций опор;
- изоляционные качества дерева;
- высокая надежность деревянных опор, обладающих большой перегрузочной способностью.

Вместе с тем деревянные опоры имеют недостатки: небольшой срок службы древесины, если она плохо предохранена от загнивания; сокращение пролетов по сравнению с линиями на металлических опорах из-за ограниченной длины деревянных столбов.

Железобетонные опоры обладают высокой механической прочностью и долговечностью. Их недостатком является большая масса. Основной причиной повреждаемости железобетонных опор является сильная зависимость их несущей способности от качества заделки в грунте, а также воздействие го-лоледа и ветра, дефекты изготовления. Работы по эксплуатации железобетонных опор заключаются преимущественно в выправке, заделке сколов и обнажений арматуры, в отдельных случаях – в усилении ослабленных сечений, заделке трещин.

Металлические опоры, изготовленные из стали, имеют преимущество перед деревянными и железобетонными. Они позволяют создавать конструкции, рассчитанные на большие нагрузки и любые климатические условия. Однако они существенно дороже деревянных и железобетонных опор. Недостатком стальных опор является также то, что они подвержены коррозии, для предупреждения которой необходима оцинковка при изготовлении или периодическая покраска при эксплуатации.

При расстановке опор по трассе ВЛ и в процессе эксплуатации учитываются и контролируются установленные наименьшие допускаемые расстоя-

ния(в метрах) от проводов воздушной линии до земли и пересекаемых объектов, часть из которых приведена в таблице 1.1.

При вертикальном расположении проводов ВЛ напряжением до 1000 В и расположении их с небольшим горизонтальным смещением расстояние по вертикали между проводами на опоре и в пролете при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 0,4 м. При напряжениях выше 1кВ это расстояние составляет от 0,6 м до нескольких метров.

На воздушных линиях электропередачи применяются, как правило,провода алюминиевые,сталеалюминиевые или из сплавов алюминия.Наименьшие допустимые поперечные сечения алюминиевых проводов (токоведущей части) на ВЛ0,38кВ не должны быть меньше 16 мм²,сталеалюминиевых–10 мм². Провода для ВЛ применяются многопроволочные, так как они обладают большей механической прочностью и гибкостью, чем однопроволочные.

Таблица 1.1 - Установленные наименьшие допустимые расстояния от проводов воздушных ЛЭП до земли и пересекаемых объектов

Район прохождения линии или пересекаемые объекты	Номинальное напряжение ВЛ, кВ				
	До 1	6-10	35-110	220	500
До земли в ненаселенной местности, м	0,6	6,0	6,0	7,0	8,0
До земли в населенной местности, на территории промышленных предприятий, м	1,25	4,9	5,0	6,0	7,0
До полотна автомобильных дорог, м	7,0	7,0	7,0	8,0	9,0
Железные дороги общего пользования: - от провода до троса подвески или контактного провода электрифицированной железной дороги, м	1,0	2-2,5	3-5	4-7	5-8

Молниезащита ВЛ имеет целью уменьшение числа грозовых отключений линии. Молниезащитные тросы применяются на ВЛ с металлическими и железобетонными опорами при напряжении 35кВ только на подходах к подстанциям, при 110кВ и выше – по всей длине линии. Линии до 10кВ на деревянных опорах, имеющие достаточную грозоупорность, как правило, молниезащитными тросами не защищаются.

1.2 Опасные и вредные факторы, связанные с эксплуатацией воздушных линий электропередачи

Эксплуатация ВЛ заключается в проведении технического обслуживания и капитального ремонта ВЛ, направленных на обеспечение их надежной работы. При техническом обслуживании должны выполняться осмотры, проверки, измерения, отдельные виды работ. Устранение неисправностей, а также повреждений непредвиденного характера должно производиться при очередном капитальном ремонте, техническом обслуживании. Повреждения, которые могут привести к аварии, должны устраняться немедленно.

Техническое обслуживание и капитальный ремонт ВЛ в зависимости от вида работ, наличия соответствующих приспособлений, подготовки персонала и других условий могут выполняться со снятием напряжения, без снятия напряжения на токопроводящих частях или под напряжением на токопроводящих частях.

Электротравмы и заболевания при обслуживании ВЛ происходят от воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля. Опасность травматизма возрастает при расположении рабочего места на высоте.

Общая характеристика опасных и вредных факторов, связанных с эксплуатацией ВЛ, представлена на рисунке 1.4.

Двухфазное прикосновение. В этой ситуации человек двумя частями тела одновременно касается двух токопроводящих частей, разность потенциалов которых равна рабочему напряжению. Случаи двухфазного прикосновения довольно редки. Они возникают в электроустановках напряжением ниже 1000 В в процессе работ под напряжением с применением неисправных защитных средств, а также в результате небрежности при эксплуатации электрооборудования с не огражденными оголенными токопроводящими частями.

Однофазное прикосновение. В режиме однофазного прикосновения человек касается токопроводящих частей только одной точкой тела. Такая ситуация часто возникает, когда человек прикасается не к токопроводящим частям, а к корпусу электроустановки, в которой имеется замыкание токопроводящей части на корпус.

Наведенное напряжение. Наведенные напряжения на отключенных линиях, расположенных в зоне электромагнитного влияния действующих ВЛ 35 – 750 кВ, превышающие допустимое значение в 25 В, возникают в результате явлений электростатической и электромагнитной индукции. Появление на проводах отключенных линий высоких потенциалов

(относительно земли) увеличивает опасность ремонтных и профилактических работ, снижает производительность труда.

Остаточный заряд. Любая электрическая сеть обладает собственной емкостью проводов относительно земли и взаимной емкостью между проводами. Если сопротивление изоляции велико, то после снятия рабочего напряжения либо после измерения мегомметром потенциалы на токоведущих частях могут сохраняться довольно длительное время. В случае прикосновения человека токоведущей части возникает переходный процесс разряда емкостей через его тело.

Заряд статического электричества. Заряд статического электричества формируется при перемещении (трении) диэлектриков относительно других проводящих или непроводящих ток материалов. Человек в этом случае включается в цепь, прикасаясь к металлическому предмету, изолированному от земли, или к конструкции из изоляционного материала, несущими заряд статического электричества. Возможен также вариант прикосновения к заземленной металлической конструкции, когда человек сам несет заряд статического электричества.

Напряжение шага. Ток, проходящий через заземлитель в землю, встречает сопротивление, называемое сопротивлением заземления. Вблизи от заземлителя между точками на поверхности земли могут быть большие разности потенциалов, опасные для человека. Напряжением шага называют разность потенциалов между двумя точками на поверхности земли на расстоянии, равном 0,8 м, измеренную в направлении линии растекания тока.

Аналогичные явления имеют место в аварийных режимах в случае падения провода на землю или стекания тока при пробитых изоляторах через токопроводящую опору ВЛ.

Электрический пробой воздушного промежутка. Эта схема поражения характерна для цепей напряжением более 1000 В. В равномерном электрическом поле (например, между обкладками плоского конденсатора) электрическая прочность воздушного промежутка в зависимости от влажности воздуха равна $3 - 4$ кВ/мм.

Когда человек приближается к токоведущей части, в воздушном зазоре формируется неравномерное поле типа «игла – плоскость» или «игла – линия». Электрическая прочность воздушного промежутка в неравномерном поле существенно ниже, она может уменьшаться до значения $0,4$ кВ/мм.

Электрическая дуга. Тепловое воздействие электрической дуги (а также и других источников энергии) вызывает у человека ожоги, опасность которых в основном определяется интенсивностью такого воздействия. Тяжесть ожога зависит от глубины поражения тканей тела и размера пораженной поверхности, от возраста и состояния здоровья пострадавшего, от загрязнения пораженного участка тела и др. Степень ожога зависит от

температуры, до которой нагревается поверхность тела под воздействием теплового потока, создаваемого излучением электрической дуги. До некоторого предела защитные механизмы человеческого организма препятствуют повышению температуры поверхности тела. Однако с увеличением потока энергии терморегулирование нарушается и температура кожи перестает быть постоянной. По достижении температуры 45°C начинается поражение кожи и ощущается сильное жжение, при температуре 50°C скорость разрушения кожи увеличивается в 100 раз, а при температуре 75°C кожа разрушается практически мгновенно.

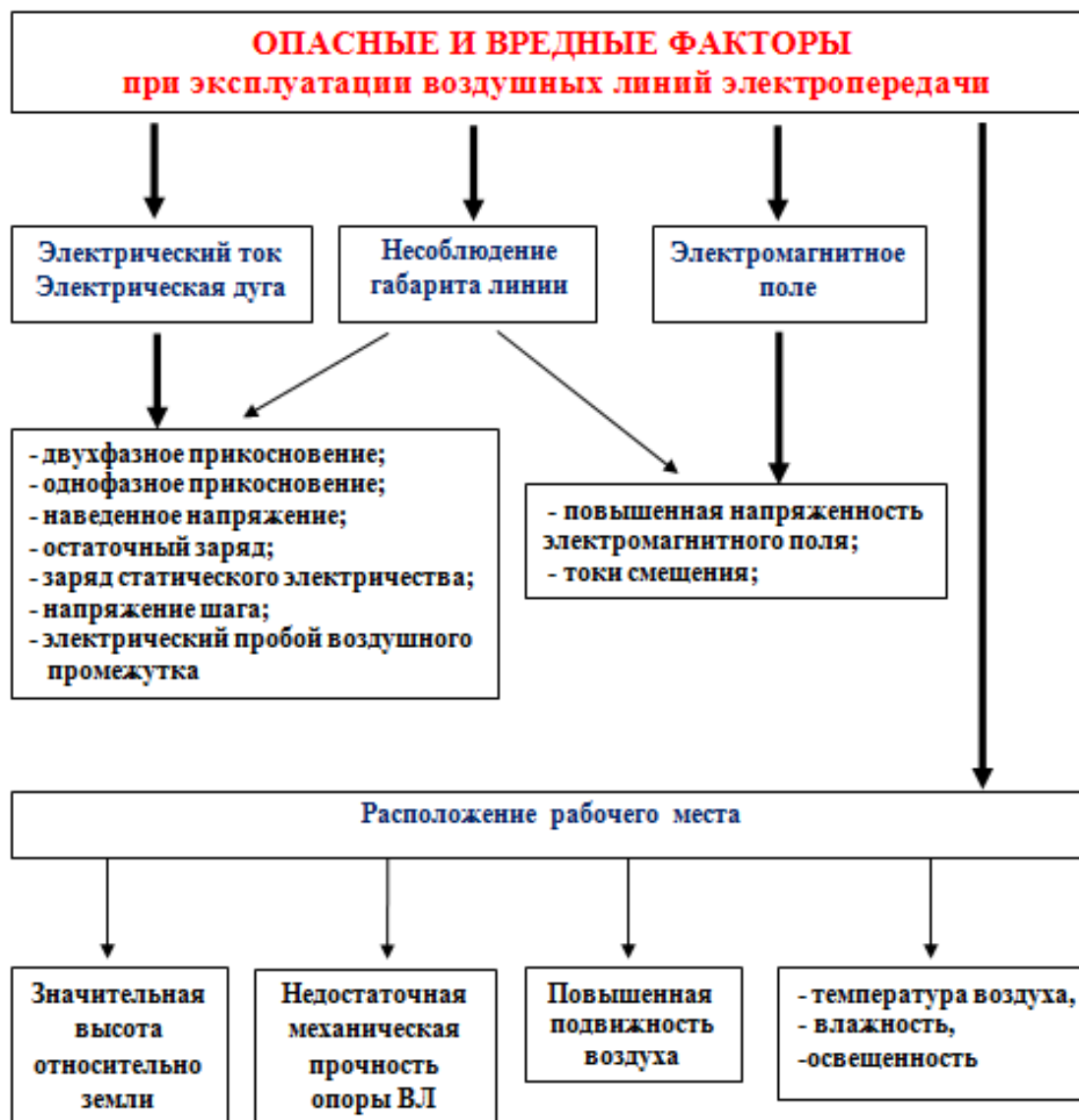


Рисунок 1.4 - Общая характеристика опасных и вредных факторов, связанных с эксплуатацией ВЛ

Электромагнитное поле. В связи с распространением ВЛ220кВ и вышеследует учитывать неблагоприятное воздействие, оказываемое этими линиями на организм человека.

К неблагоприятному воздействию, оказываемому ВЛ на обслуживающий персонал, следует отнести:

1) электрическое поле частотой 50 Гц высокой интенсивности, способное при длительном воздействии оказывать негативное влияние на организм человека;

2) электрические разряды, возникающие при соприкосновении человека с заземленными механизмами или оборудованием, находящимися вблизи ВЛ.

Одной из причин, приводящих к высокой интенсивности электрического поля, является расположение проводов ВЛ на расстоянии от земли меньше установленного.

В отмечается, что систематическое воздействие на человека электрического поля промышленной частоты с уровнями, превышающими устанавливаемые в качестве предельно допустимых, может приводить к развитию ряда сдвигов функционального состояния его иммунной, нервной и сердечно-сосудистой систем.

Магнитная составляющая поля ВЛ ввиду относительно небольшого тока, протекающего по проводам, и удаленности проводов от земли считается неслаженностью магнитного поля земли. Однако работы зарубежных ученых-медиков, выполненные в последние годы, заставляют также обратить внимание на роль магнитной составляющей поля ВЛ.

Расположение рабочего места. Работы с подъемом на опору относятся к верхолазным. Основным опасным производственным фактором при работе на высоте является расположение рабочего места относительно поверхности земли и связанное с этим возможное падение работника.

Причины падения работников с высоты:

1) технические – отсутствие ограждений, предохранительных поясов, недостаточная прочность и устойчивость опор ВЛ, люлек, лестниц;

2) психологические – потеря самообладания, нарушение координации движений, неосторожные действия, небрежное выполнение своей работы;

3) метеорологические – сильный ветер, низкая и высокая температура воздуха, дождь, снег, туман, гололед.

Верхолазные работы относятся к работам повышенной опасности и проводятся по наряду-допуску, в котором должны предусматриваться организационные и технические мероприятия по подготовке и безопасному выполнению этих работ.

Электрический пробой воздушного промежутка. Эта схема поражения

характерна для цепей напряжением более 1000 В. В равномерном электрическом поле (например, между обкладками плоского конденсатора) электрическая прочность воздушного промежутка в зависимости от влажности воздуха равна $3 - 4$ кВ/мм.

Когда человек приближается к токоведущей части, в воздушном зазоре формируется неравномерное поле типа «игла – плоскость» или «игла – линия». Электрическая прочность воздушного промежутка в неравномерном поле существенно ниже, она может уменьшаться до значения $0,4$ кВ/мм.

Электрическая дуга. Тепловое воздействие электрической дуги (а также и других источников энергии) вызывает у человека ожоги, опасность которых в основном определяется интенсивностью такого воздействия. Тяжесть ожога зависит от глубины поражения тканей тела и размера пораженной поверхности, от возраста и состояния здоровья пострадавшего, от загрязнения пораженного участка тела и др. Степень ожога зависит от температуры, до которой нагревается поверхность тела под воздействием теплового потока, создаваемого излучением электрической дуги. До некоторого предела защитные механизмы человеческого организма препятствуют повышению температуры поверхности тела. Однако с увеличением потока энергии терморегулирование нарушается и температура кожи перестает быть постоянной. По достижении температуры 45°C начинается поражение кожи и ощущается сильное жжение, при температуре 50°C скорость разрушения кожи увеличивается в 100 раз, а при температуре 75°C кожа разрушается практически мгновенно.

Электромагнитное поле. В связи с распространением ВЛ 220 кВ и выше следует учитывать неблагоприятное воздействие, оказываемое этими линиями на организм человека.

К неблагоприятному воздействию, оказываемому ВЛ на обслуживающий персонал, следует отнести:

1) электрическое поле частотой 50 Гц высокой интенсивности, способное при длительном воздействии оказывать негативное влияние на организм человека;

2) электрические разряды, возникающие при соприкосновении человека с заземленными механизмами или оборудованием, находящимися вблизи ВЛ.

Одной из причин, приводящих к высокой интенсивности электрического поля, является расположение проводов ВЛ на расстоянии от земли меньше установленного.

В отмечается, что систематическое воздействие на человека электрического поля промышленной частоты с уровнями, превышающими устанавливаемые в качестве предельно допустимых, может приводить к развитию ряда сдвигов функционального состояния его иммунной, нервной и

сердечно-сосудистой систем.

2 Обеспечение электробезопасности на энергообъектах

2.1 Действие электрического тока на организм человека

В общей массе травм на производстве с временной утратой трудоспособности вес электротравм незначителен - не более 2%. Однако среди травм с летальным исходом электротравмы занимают ведущее место - более 12%, то есть каждая седьмая смертельная травма вызвана электрическим током.

Основные причины массовости смертельного электротравматизма можно сформулировать следующим образом:

- физиологическая несовместимость электрического тока и биологических процессов в организме;
- отсутствие внешних признаков опасности оголенных токоведущих частей или металлических конструкций, случайно оказавшихся под напряжением (отсутствуют дым, свечение и другие устрашающие признаки);
- непонимание большинством работающих конкретной опасности контакта с токоведущими частями.

Проходя через организм человека, электрический ток производит разные воздействия (рисунок 2.1).

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, нервов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, в том числе и крови, что сопровождается значительными нарушениями их физико-химического состава.

Механическое (динамическое) действие тока выражается в расслоении, разрыве и других подобных повреждениях тканей организма, в том числе мышечной ткани, стенок кровеносных сосудов, сосудов легочной ткани и др., в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара от перегретой током тканевой жидкости и крови.

Биологическое действие тока проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, а также в нарушении внутренних биологических процессов.

Указанное многообразие действий электрического тока на организм приводит к различным электротравмам, которые можно свести к двум видам:

- местные электротравмы, когда возникает местное повреждение

организма;

- общие электротравмы (электрические удары), когда поражается весь организм. Эти травмы часто сопутствуют друг другу, но они различны и должны рассматриваться отдельно.

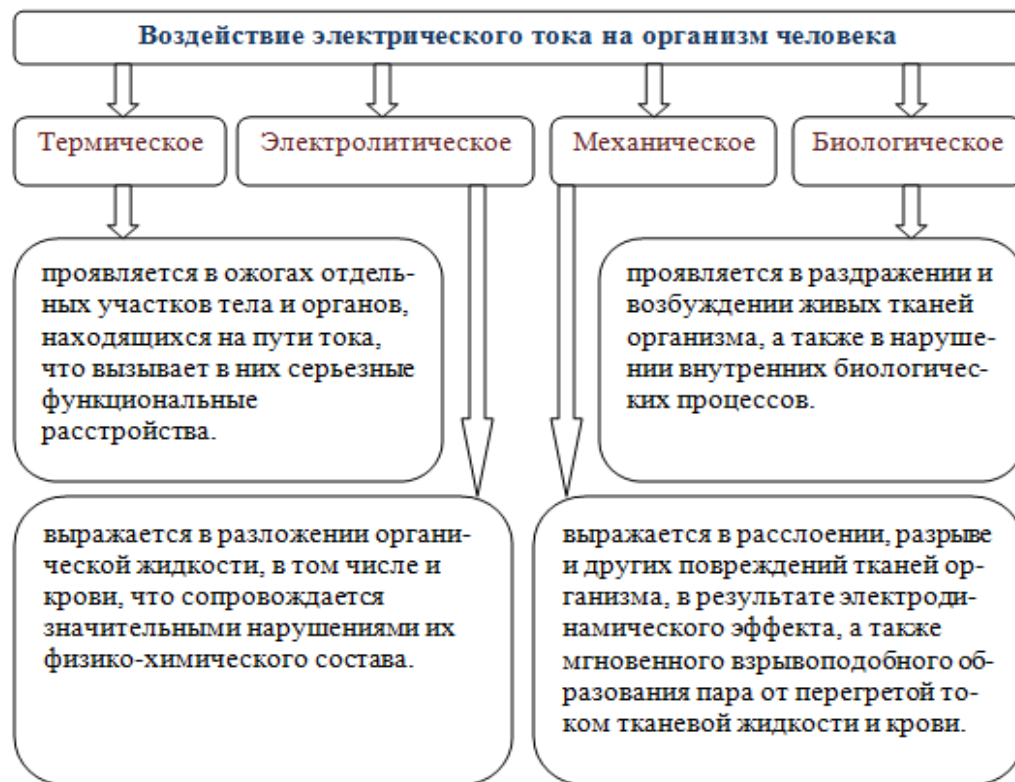


Рисунок 2.1 – Виды воздействия электрического тока

Местная электротравма - ярко выраженное местное нарушение целостности тканей тела. Чаще это поверхностные повреждения (кожа, иногда связок и костей).

Примерное распределение несчастных случаев от электрического тока показано на рисунке 2.2.

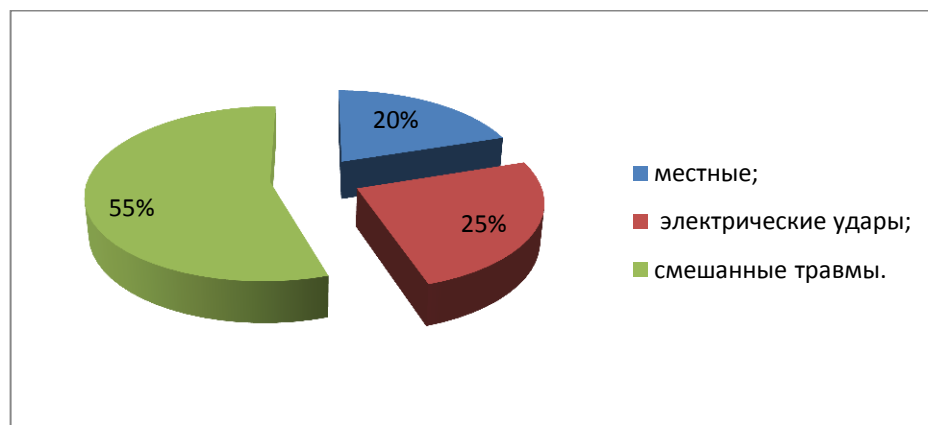


Рисунок 2.2 - Распределение несчастных случаев от электрического тока

Опасность местных травм зависит от места и степени повреждения тканей. Как правило, местные травмы излечиваются, работоспособность восстанавливается.

Характерные местные электротравмы - электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения и электроофтальмия. 75% случаев поражений электрическим током сопровождается местными электротравмами (рисунок 2.3).

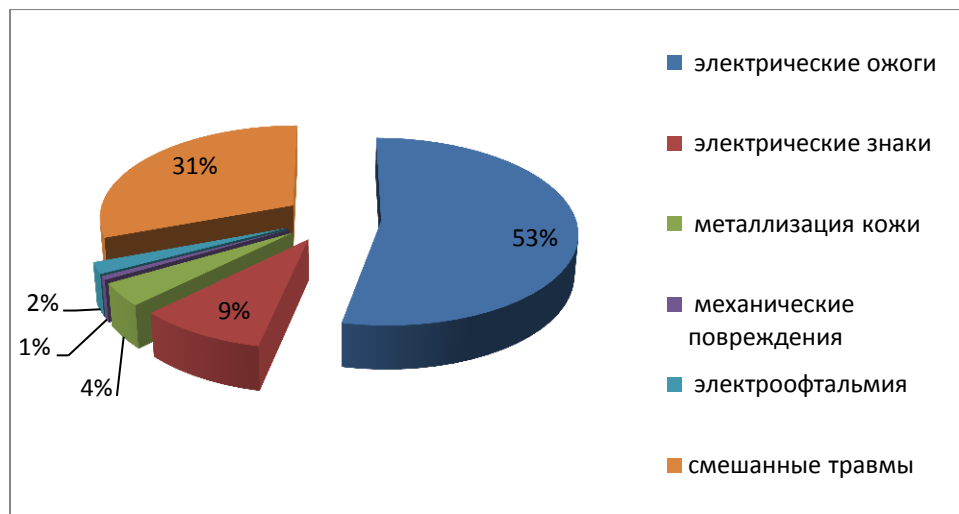


Рисунок 2.3 - Характерные местные электротравмы

Электрический ожог-это самая распространенная электротравма. В зависимости от условий возникновения различают два основных вида ожога (рисунок 2.4).

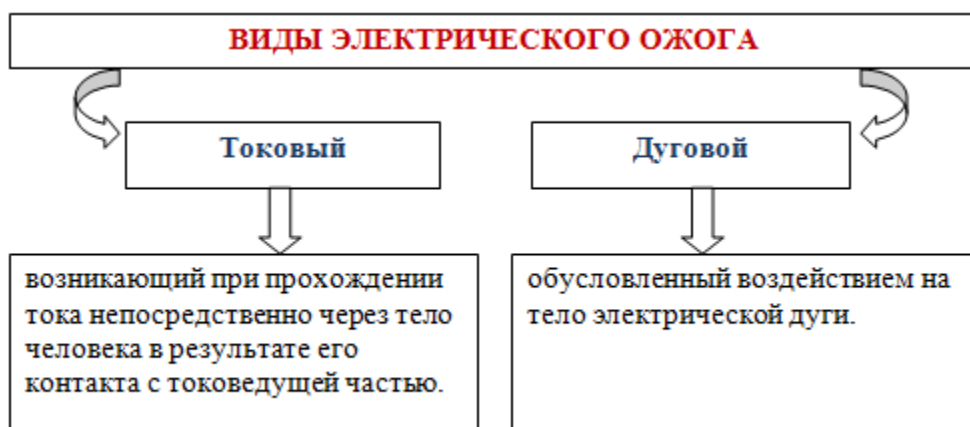


Рисунок 2.4 –Виды электрического ожога

Токовый ожог возникает в электроустановках напряжением не выше 2 кВ. При более высоких напряжениях образуется электрическая дуга. Ожог

тем опаснее, чем больше ток и время его прохождения. Сопротивление кожи больше чем сопротивление внутренних тканей, поэтому она и сгорает. (При токах высоких частот могут возникнуть ожоги внутренних тканей).

Дуговой ожог наблюдается в электроустановках различных напряжений. При этом в установках до 6кВ ожоги являются следствием случайных короткого замыкания. В установках более высоких напряжений дуга возникает при случайном приближении человека к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на расстояние при котором происходит пробой воздушного промежутка между ними; при повреждении изолирующих защитных средств.

Электрические знаки представляют собой резко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности тела человека, подвергнувшегося действию тока. Размер пятен 1-5 мм. Обычные электрические знаки безболезненны, лечатся легко.

Металлизация кожи - проникновение в верхние слои кожи мельчайших частиц металла, расплавившегося под действием электрической дуги, возникающей при КЗ. Мельчайшие брызги расплавленного металла под влиянием возникших динамических сил и теплового потока разлетаются во все стороны с большой скоростью.

Поражение глаз наиболее опасно. Поэтому работы, при которых возможно возникновение электрической дуги должны выполняться в защитных очках, одежда должна быть застегнута, ворот закрыт, рукава опущены.

Чаще всего это следствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием электрического тока. В результате могут произойти разрывы сухожилий, кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани; могут быть вывих суставов и даже переломы костей.

Механические повреждения происходят при работе в основном в электроустановках до 1000 В при относительно длительном воздействии тока.

Электроофтальмия- воспаление наружных оболочек глаз - роговицы и конъюнктивы(слизистой оболочки, покрывающей глазное яблоко), возникающие в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей. Такое облучение возможно при наличии электрической дуги, которая является источником излучения ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.

Предупреждение электроофтальмии обеспечивается применением защитных очков.

Электрический удар - это возбуждение живых тканей организма протекающим через него током, проявляющееся в непроизвольных судорожных сокращениях различных мышц тела. При этом нарушается работа всех органов - сердца, легких, центральной нервной системы.

На рисунке 2.5 показана степень электрических ударов. Исход воздействия тока зависит от многих факторов. На рисунке 2.6 показаны основные факторы воздействия электрического тока. Фибрилляция - хаотические одновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл) при которых сердце не в состоянии гнать кровь по сосудам. Фибрилляция сердца может наступить в результате прохождения через тело человека по пути рука-рука или рука-ноги переменного тока более 50 мА частотой 50 Гц в течение нескольких секунд. Токи меньше 50 мА и больше 5 А фибрилляции сердца у человека, как правило, не вызывают.

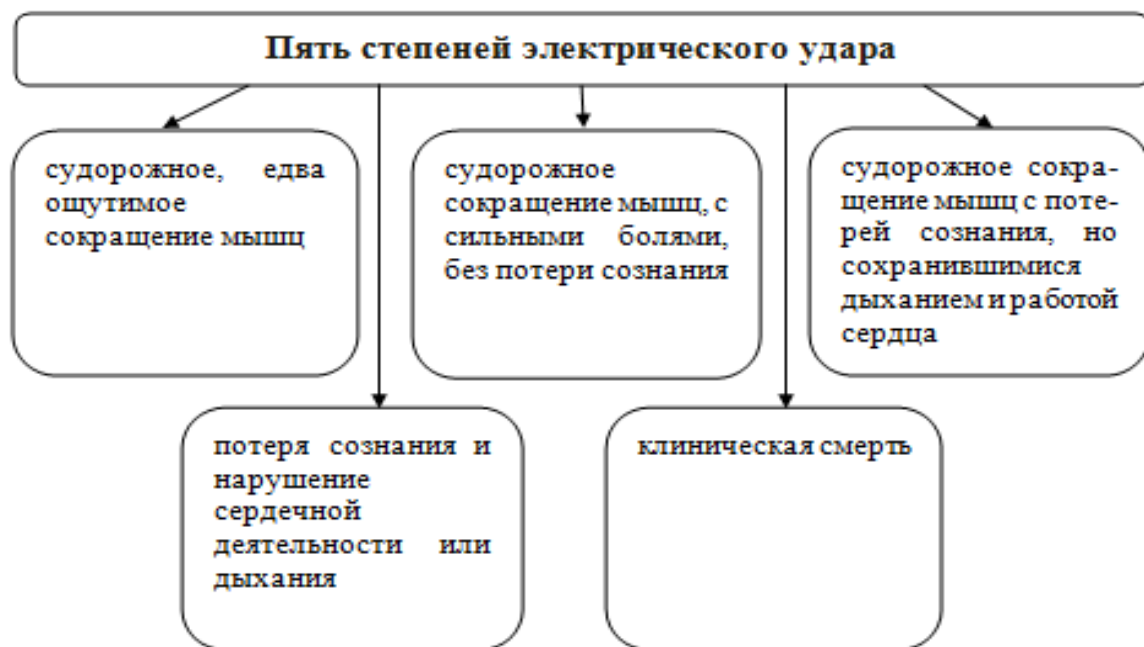


Рисунок 2.5 – Степень электрических ударов

Электрический шок это своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на чрезмерное раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т. п.

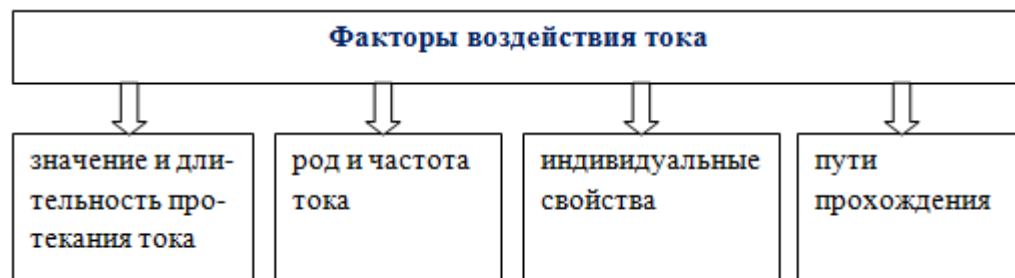


Рисунок 2.6 - Основные факторы воздействия электрического тока

2.2 Вероятностная модель полного сопротивления тела человека

Электрическое сопротивление тела человека влияет на эффективность действия электрозащиты, так как определяет значение тока, протекающего через него и обуславливающего вероятность возникновения электропоражения. Значение полного сопротивления тела человека имеет случайный характер и зависит от ряда факторов: напряжения прикосновения, рода, частоты, длительности протекания тока, температуры окружающей среды, площади соприкосновения электродов с телом, состояния кожи в месте приложения электродов, путей протекания тока. Однако в предлагаемых многими авторами, а также Международной электротехнической комиссией схемах замещения полного сопротивления эти факторы не учитываются, и до сих пор обычно применяются детерминистические модели этого сопротивления.

Схема замещения разработана на базе всестороннего анализа результатов исследований многих специалистов, в частности В.И.Щуцкого, Г. Бигельмейера, З. Терссяка, Г. Фрейбергера, А.П. Киселева, Н.П. Коренева, А.М. Цыбизова, В.К. Бузовкина, П. Осипки и Р. Гудерского.

В схеме замещения выделены полные сопротивления кожи Z_s и внутреннего участка тела Z_w человека.

На значение полного сопротивления тела человека в основном влияет сопротивление его кожи R_s , состоящей из разных слоев, главными из которых являются эпидермис и дерма. Удельное сопротивление рогового слоя эпидермиса (толщиной от 0,03 до 0,06 мм) составляет $10^4 - 10^6$ Ом. Эпидермис пронизан потовыми железами, характеризующимися хорошей электропроводностью. При напряжении выше напряжения прикосновения наблюдается изменение электрического сопротивления кожи. По мнению многих электрофизиологов, это происходит из-за выделения пота и увлажнения эпидермиса в результате раздражающего воздействия электрического тока на потовые железы.

Сопротивление кожи R_s представляет собой нелинейный элемент. Установлено, что его значение параметрически зависит от длительности воздействия тока и напряжения. Снижение значения этого сопротивления происходит в начальный период электропоражения и длится не более 0,5 с. Уровень, до которого снижается значение R_s , при длительном электропоражении, зависит от действующего значения напряжения прикосновения.

В схему замещения включены две составляющие сопротивления кожи:

линейная R_C и нелинейная R_n . Значение сопротивления R_C зависит от температуры окружающей среды, степени влажности кожи и эквивалентной площади прикосновения электродов к телу человека, которая определяется из формулы:

$$S = \frac{S_1 S_2}{S_1 + S_2} \quad (2.2)$$

где S_1, S_2 - площади прикосновения электродов к телу человека.

Значение сопротивления R_n зависит от напряжения прикосновения [2].

Емкость кожи C_s обусловлена роговым слоем эпидермиса толщиной около 0,01 мм, электрическая прочность которого находится в пределах 500 — 2000 В/мм. Значение емкости C_s прямо пропорционально зависит от эквивалентной площади прикосновения электродов к телу человека.

Схема замещения полного сопротивления внутреннего участка тела человека Z_w состоит из соответственно соединенных сопротивлений R'_w, R''_w, R'''_w и емкости Q_w включающей элементарные емкости внутренних органов, вплоть до клеточного уровня. Сопротивления внутреннего участка R'_w и R''_w , зависят от пути протекания тока через тело человека.

Аналитическое описание модели полного сопротивления тела человека. Для описания вероятностной модели полного сопротивления использовано логарифмическое нормальное распределение, которое достаточно хорошо описывает случайные значения параметров схемы замещения, а также активное, реактивное и полное сопротивления тела человека. Установлено, что можно достаточно точно отобразить влияние указанных факторов на случайное значение полного сопротивления, соответственно модифицируя медиальные значения параметров схемы. В таблице 2.1 и 2.2 приведены обобщенные (на основе результатов исследований многих специалистов) медиальные значения параметров и стандартные отклонения логарифмическую нормального распределения параметров полного сопротивления соответственно кожи (мужчины, $S = 40 \text{ см}^2$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$) и внутреннего участка тела в предлагаемой схеме замещения (см. рис. 2.11). Учтено влияние на эти медиальные значения таких факторов, как состояние кожи (см. табл. 2.1) и путь протекания тока через тело человека (см. табл. 2.2).

Таблица 2.1- Значения параметров сопротивление тело человека

Состояние кожи	Медиальные значения параметров		
	$R_{cm}(S_0)$, кОм	$r_n(S_0)$, кОм·В	$C_{sm}(S_0)$, мкФ

Сухая	4,70	190	0,52
Влажная	2,70	190	0,52
Мокрая (NaCl)	0,80	190	0,52
Стандартные отклонения: $\sigma_{\ln R_c} = 0,45; \sigma_{\ln C_z} = 0,45$			

Таблица 2.2 – Медиальные значения параметров сопротивление

Параметры логарифмического нормального распределения	Путь протекания тока через тело человека	Медиальные значения параметров				
		R'_{wvK} Ом	R''_w нвкОм	R'_{wvK} Ом	R'''_w нвкОм	C_w , нФ
Медианы	р-р,	0,40	0,40	0,80	0,13	4,30
	р-н,	0,30	0,30	0,60	0,13	4,30
	н-н рр-н рр-нн	0,20	0,20	0,40	0,13	4,30
Стандартные отклонения		0,10	0,10	0,10	0,10	0

Примечание: Буквы “р” и “н” обозначают соответственно рука и нога.

Влияние остальных факторов на медиальные значения параметров разработанной схемы замещения учитывается путем аппроксимации следующих зависимостей этих параметров:

а) от площади электродов

$$R_{cm}(S) = R_{cm}(S_0) \frac{S_0}{S} \quad (2.3)$$

$$C_{cm}(S) = C_{cm}(S_0) \frac{S_0}{S} \quad (2.4)$$

где $R_{cm}(S)$ и $C_{cm}(S)$ медиальные значения линейной составляющей сопротивления R_S и емкости C_S кожи; S и S_0 - эквивалентные площади прикосновения электродов, определяемые по формуле (2.3), и тела человека; базовое значение $S_0 = 40 \text{ см}^2$;

б) от температуры окружающей среды

$$R_{cm}(S, T) = R_{cmm}(S) + [R_{cam}(S) - R_{cmm}(S)] \exp\left(\frac{20 - T}{T_0}\right) \quad (2.5)$$

где $R_{cmm}(S)$ и $R_{cam}(S)$ медиальные значения линейной составляющей сопротивления кожи R_c для мокрого и реального (мокрого, влажного или сухого) состояния кожи при данной площади прикосновения электродов и температуре окружающей среды $20 \text{ }^\circ\text{C}$; T и T_0 - температура окружающей

среды и базовая температура (принята равной 12 °С);
 в) от напряжения прикосновения

$$R_{cm}(S, T, U) = \frac{r_n(S)R_{cm}(S, T)}{r_n(S) + UR_{cm}(S, T)} \quad (2.6)$$

где коэффициент $r_n(S)$ определяющий зависимость значения нелинейной составляющей сопротивления кожи R_n от напряжения прикосновения U вычисляется по формуле

$$r_n(S) = r_n(S_0) \left\{ 1 + \left(\frac{S_0}{S} - 1 \right) \exp \left[- \left(\frac{U}{100} \right)^2 \right] \right\} \quad (2.7)$$

$R_{sm}(S, T, U)$ медиальные значения сопротивления кожи при условиях длительного электропоражения, фиксированных площади электродов, температуре окружающей среды и напряжении прикосновения; $r_n(S_0)$ - постоянный коэффициент (см. табл. 2.1);

г) от длительности воздействия тока

$$R_{sm}(S, T, U, t) = R_{sm}(S, T, U) + [R_{sm}(S, T) - R_{sm}(S, T, U)] \exp \{ - [R_{cm}(S, T) - R_{sm}(S, T, U)] k, t \} \quad (2.8)$$

где $k = 30 \text{кОм}^{-1}$ - постоянный коэффициент;

t - длительность воздействия тока, с.

На основе медиан параметров схемы замещения (см. рис. 2.11) достаточно точно вычисляются медиальные значения всех составляющих, а также значения модуля и аргумента полного сопротивления благодаря малым значениям коэффициентов изменчивости рассматриваемых случайных величин.

Медиальное значение модуля полного сопротивления тела человека для напряжения прикосновения при частоте ниже 10 кГц достаточно точно вычисляется по упрощенной формуле

$$Z_m(S, T, U, \omega, t) = \sqrt{R_{om}^2 + \frac{2R_{om}R_{sm}(S, T, U, t) + R_{sm}^2(S, T, U, t)}{1 + R_{sm}^2(S, T, U, t)\omega^2 c_{sm}^2(S)}} \quad (2.9)$$

где $R_{om} = R'_{wm} + R''_{wm}$ - медиальное значение активной составляющей полного сопротивления внутреннего участка тела человека при частоте ниже 10 кГц (см. табл. 2.2).

Стандартные отклонения логарифмического нормального распределения числовых значений составляющих и полного сопротивления тела человека определяются по формулам:

для активной $R_{Zs}(S, T, U, \omega, t)$ и реактивной $X_{zv}(S, T, U, \omega, t)$ составляющих, а также полного сопротивления кожи $Z_z(S, T, U, \omega, t)$

$$\sigma_{\ln Rzs} = \sigma_{\ln Zzs} = \sigma_{\ln Zz} \quad (2.10)$$

для активной $R_w(\omega)$ и реактивной $X_w(\omega)$ составляющих и полного сопротивления внутреннего участка тела человека $Z_w(\omega)$

$$\sigma_{\ln Rw} = \sigma_{\ln Zw} = \sigma_{\ln Zw} \quad (2.11)$$

для активной составляющей полного сопротивления тела

$$\sigma_{\ln Rz} = \sqrt{\frac{[R_{zsm}(S, T, U, \omega, t)\sigma \ln Rs]^2 + [R_{zwm}(S, T, \omega, t)\sigma \ln Rw]^2}{[R_{zm}(S, T, U, \omega, t)]}} \quad (2.12)$$

Для реактивной составляющей полного сопротивления тела

$$\sigma_{\ln Xz} = \sqrt{\frac{[X_{zsm}(S, T, U, \omega, t)\sigma \ln Rs]^2 + [X_{zwm}(S, T, \omega, t)\sigma \ln Rw]^2}{[X_{zm}(S, T, U, \omega, t)]}} \quad (2.13)$$

для полного сопротивления тела $Z_z(S, T, U, \omega, t)$

$$\sigma_{\ln Zz} = \sqrt{\frac{[R_{zsm}(S, T, U, \omega, t)\sigma \ln Rz]^2 + [X_{zwm}(S, T, \omega, t)\sigma \ln Xw]^2}{[Z_{zm}(S, T, U, \omega, t)]}} \quad (2.14)$$

Разработаны методы вычисления параметров логарифмического нормального распределения, которые основаны на возможности приближенную описания рассматриваемых случайных величин логарифмическим нормальным или нормальным распределением.

2.4 Защитные меры от поражения электрическим током

Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к проводам с поврежденным изоляционным покрытием, к корпусу неисправного электрооборудования, оказавшегося под напряжением к выводам и токоведущим частям при ремонте и осмотрах

электрооборудования, замене электроламп, при использовании осветительных и других электроприборов и инструментов, не удовлетворяющих требованиям электробезопасности, а также неисправных основных и дополнительных средств защиты от поражения электрическим током. Нередко причина несчастных случаев – пренебрежение требованиями правил технической эксплуатации и электробезопасности.

К обслуживанию электрооборудования допускаются лица не моложе 18 лет, годные по состоянию здоровья, имеющие определенную квалификационную группу по безопасности для выполнения работ с электрооборудованием, прошедшие стажировку в течение нескольких смен с опытным работником и проверку знаний по безопасности труда для данной квалификационной группы. При каждом переводе на новую работу обязателен внеплановый инструктаж. Работы с электрооборудованием выполняют с полностью снятым, частично снятым или не снятым напряжением. В последнем случае эти работы наиболее опасны и к их выполнению допускают лиц высокой квалификации под обязательным наблюдением работника с квалификацией не ниже 3 группы, который хорошо знает правила первой помощи при поражении электрическим током.

До начала любой работы при действующих установках должны быть проведены мероприятия для предупреждения несчастных случаев (технические и организационные).

Основные технические мероприятия при работах с электрооборудованием:

- отключение электроустановки и обеспечение условий, не допускающих ошибочных включений;
- установка ограждений, предупредительных знаков и плакатов;
- проверка отсутствия напряжения в местах выполнения работы;
- установка переносных заземлений с предписывающими знаками и плакатам.

Общие организационные мероприятия предусматривают:

- соответствующее оформление задания на работу;
- оформление допуска бригады к работе с поименным указанием лиц, направляемых на работу;
- обеспечение надзора за безопасностью во время работы;
- оформление окончания работы и снятия технических ограничений, проверка отсутствия на линии обслуживающего персонала, закрытие наряда и включение установки в работу.

Все электрические установки должны иметь защитные средства, обеспечивающие безопасное техническое обслуживание.

Защитные средства подразделяются на основные и дополнительные. К основным относят защитные средства, выдерживающие рабочее напряжение

установки, используя которые, можно прикасаться к частям установки, находящимся под напряжением. Дополнительные средства защиты без применения основных не исключают возможности поражения электрическим током.

Диэлектрические свойства основных и дополнительных защитных средств следует проверять в установленные сроки, испытанием на повышенное напряжение. На защитных средствах, выдержавших испытание, ставится клеймо с указанием организации, выполнявшей испытание, даты испытания, напряжения, на которое испытывалось защитное средство, и напряжения, для которого оно предназначено. Диэлектрические средства необходимо осматривать перед каждой работой и хранить на постоянных местах.

Электроизмерительные приборы должны быть исправны. При несоответствии показаний приборов их следует ремонтировать. Обслуживающему персоналу не разрешается вскрывать и ремонтировать электроизмерительные приборы. Проверку приборов выполняют в установленные сроки, а также при сомнении в правильности их показаний.

3 Акустические шумы, создаваемые электроустановками

3.1 Основные акустические характеристики шума и его источников

Классификация шумов, воздействующих на человека: По характеру спектра шума выделяют:

- широкополосный шум с непрерывным спектром шириной более 1 октавы;

- тональный шум, в спектре которого имеются выраженные тоны. Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением в 1/3 октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шума выделяют:

- постоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно»;

- непостоянный шум, уровень которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену или во время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно».

Непостоянные шумы подразделяются на:

- колеблющийся во времени шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;

- прерывистый шум, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1с и более;

- импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1с, при этом уровни звука в дБА и дБА, измеренные соответственно на временных характеристиках «импульс» и «медленно», отличаются не менее чем на 7 дБ.

Классификация шумов по природе происхождения:

- шум механического происхождения - шум, возникающий вследствие вибрации поверхностей машин и оборудования, а также одиночных или периодических ударов в сочленениях деталей, сборочных единиц или конструкций в целом;

- шум аэродинамического происхождения - шум, возникающий вследствие стационарных или нестационарных процессов в газах (истечение

сжатого воздуха или газа из отверстий; пульсация давления при движении потоков воздуха или газа в трубах или при движении в воздухе тел с большими скоростями, горение жидкого и распыленного топлива в форсунках и др.);

- шум электромагнитного происхождения - шум, возникающий вследствие колебаний элементов электромеханических устройств под влиянием переменных магнитных сил (колебания статора и ротора электрических машин, сердечника трансформатора и др.);

- шум гидродинамического происхождения - шум, возникающий вследствие стационарных и нестационарных процессов в жидкостях (гидравлические удары, турбулентность потока, кавитация и др.).

Воздушный шум - шум, распространяющийся в воздушной среде от источника возникновения до места наблюдения.

Структурный шум - шум, излучаемый поверхностями колеблющихся конструкций стен, перекрытий, перегородок зданий в звуковом диапазоне частот.

Акустические характеристики шума. Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, определяемые по формуле:

$$L = 20 \lg P / P_0 \quad (3.1)$$

где P - среднеквадратичная величина звукового давления, Па;
 P_0 - исходное значение звукового давления в воздухе равно $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для октавных полос значения частоты верхней границы f_n в два раза больше, чем значение частоты f_{n-1} для нижней границы: $f_2=2f_1$; $f_3=2f_2$; ..., $f_n=2f_{n-1}$ (см. рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – К пояснению понятия “Октавная полоса”

Для характеристики октавной полосы в практике используют не ее нижнюю и верхнюю частоты, а среднегеометрическую частоту:

$$f_{cr} = \sqrt{f_{n-1} \cdot f_n} = f_{n-1} \cdot \sqrt{2}, \text{ Гц} \quad (3.2)$$

Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука в дБА,

измеренный на временной характеристике «медленно» шумомера, определяемый по формуле:

$$L_A = 20 \lg P_A / P_0 \quad (3.3)$$

где P_A - среднеквадратичная величина звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па.

Уровень звука представляет собой результирующий уровень звукового давления во всем слышимом диапазоне частот (20 – 20000 Гц) с поправкой в соответствии с характеристикой А:

$$L_A = 10 \lg \sum_{i=1}^m 10^{0.1 L_{piA}}, \text{дБА} \quad (3.4)$$

$$L_{p,iA} = L_{pi} + K_{iA}, \text{дБА} \quad (3.5)$$

где K_{iA} – корректирующая поправка, дБ (см. таблицу);
 L_{pi} – уровень звукового давления i -ой октавной полосе, дБ.

Индекс А в формуле показывает, что введена коррекция в соответствии с характеристикой А.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА:

$$L_{A_{\text{эзз}}} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right), \text{дБА} \quad (3.6)$$

где $P_A(t)$ – текущее значение среднеквадратического звукового давления, Па;

P_0 – пороговое значение ($2 \cdot 10^{-5}$ Па);

T – время действия шума.

Максимальные уровни звука $L_{A_{\text{макс}}}$, дБА.

Таблица 3.1 – Нижние и верхние границы частот, среднегеометрические частоты октавных полос, корректирующие поправки K_{iA}

ОКТАВА			
Нижняя граница f_H , Гц	Верхняя граница f_B , Гц	Среднегеометрическая частота $f_{\text{сг}}$, Гц	Корректирующая поправка K_{iA} , дБ
22	44	31,5	-42,0
44	88	63	-26,3
88	177	135	-16,1
177	355	250	-8,6

355	710	500	-3,288
710	1420	1000	0
1420	2840	2000	+1,2
2840	5680	4000	+1,0
5680	11360	8000	-1,1
11360		16000	-6,6

Акустические характеристики источника шума

1. Уровень звуковой мощности:

$$L_w = 10 \lg \frac{W}{W_0}, \text{дБ} \quad (3.7)$$

где W – звуковая мощность, Вт;

W_0 – пороговое значение звуковой мощности, Вт ($W_0=10^{-12}$ Вт).

2. Корректированные уровни звуковой мощности моделей ручных машин L_{WA} :

$$L_{WA} = 10 \lg \sum_{i=1}^m 10^{0,1L_{w,iA}}, \text{дБА} \quad (3.8)$$

$$L_{w,iA} = L_{w,i} + K_{iA}, \text{дБ}, \quad (3.9)$$

где K_{iA} – корректирующая поправка, дБ (см. таблицу);

L_{wi} – уровень звуковой мощности i -ой октавной полосе, дБ.

3. Фактор направленности или коэффициент направленности Φ :

$$\Phi = \frac{\rho_r^2}{\rho_{cp}^2}, \text{дБА} \quad (3.10)$$

где ρ_r - звуковое давление на фиксированном расстоянии r от источника шума в данном направлении, Па;

ρ_{cp} - звуковое давление, усредненное по всем возможным направлениям излучения притом же фиксированном расстоянии r , Па.

Этот коэффициент характеризует неравномерность излучения. Для ненаправленного источника шума $\Phi=1$.

3.2 Действие шума на человека и их нормирование

При воздействии шума на окружающую среду выделяют следующие аспекты:

1) Медицинский – шум приводит к ухудшению его функционального

состояния.

Функциональные расстройства нервной системы наступают раньше, чем снижение слуховой чувствительности.

Медики отмечают следующие симптомы, обусловленные шумовым воздействием:

- Снижение слуховой чувствительности;
- Изменение функции пищеварения;
- сердечно-сосудистая недостаточность;
- нейроэндокринные расстройства.

При этом специалисты отмечают, что за счет повышения шума заболеваемость в городах увеличивается на 30 %, уменьшается продолжительность жизни на 8-10 лет, трудоспособность снижается минимум на 10 %, а эффективность отдыха – почти в два раза.

2) Социальный (около 60 % населения крупных городов проживает в условиях чрезмерного шума).

3) Экономический (шум влияет на производительность труда). Увеличение звука на 1-2 дБА приводит к снижению производительности труда на 1 % (при уровнях звука больше 80 дБА).

Нормативным правовым актом в области нормирования уровней шума являются СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.

Нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления $L_{дБ}$ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Для ориентировочной оценки допускается использовать уровни звука L_A , дБА.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума являются эквивалентные (по энергии) уровни звука $L_{Aэкв}$, дБА, и максимальные уровни звука $L_{Aмакс}$, дБА.

Оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням должна проводиться одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. Превышение одного из показателей должно рассматриваться как несоответствие настоящим санитарным нормам.

Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот, эквивалентных и максимальных уровней звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки следует принимать по ГОСТу.

3.3 Шум, создаваемый трансформаторами

В соответствии со СНиП «Защита от шума» ТМ являются на

территории жилой зоны характерным источником шума. ТМ состоит из обмоток и сердечника. ТМ бывают повышающие, понижающие и разделяющие. В зависимости от типовой мощности и класса напряжения в ТМ применяются следующие системы охлаждения:

- с естественной циркуляцией воздуха и масла (система охлаждения вида М);
- с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла (система охлаждения вида Д);
- с принудительной циркуляцией воздуха и масла (системы охлаждения видов ДЦ и НДЦ);
- с принудительной циркуляцией воды и масла (системы охлаждения видов Ц, НЦ, МЦ и НМЦ).

Шумы, характерные для трансформаторов:

- электромагнитный шум. Воспринимается ухом человека как низкое гудение. Спектр частот акустических колебаний до 800 Гц и включает частоты, кратные 50 Гц.

- аэродинамический шум. Спектр частот акустических колебаний зависит от многих факторов, например, типа двигателей, конструкции крыльчатки вентилятора и т.п. характерен для трансформаторов с воздушным охлаждением.

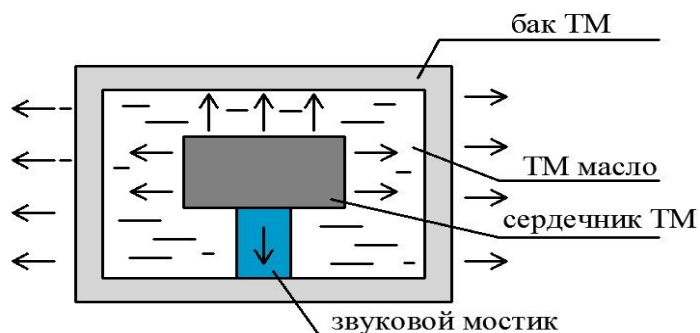


Рисунок 3.2 – Распространение звука, возникающего в сердечнике ТМ

Причины возникновения шумов в трансформаторе:

- магнестрикционный эффект – вызван периодически меняющимся магнитным потоком через сердечник, что приводит к изменению длины сердечника;

- милы, действующие на витки обмотки ТМ в магнитном поле;

- милы Максвелла, возникающие в стыках и шиповых соединениях сердечника ТМ.

- вызван движением потока воздуха, который создается системой механической вентиляции.

3.3.1 Мероприятия по защите от шума, создаваемого ТМ

Экранирование. Принцип действия экранов основан на отражении, поглощении или рассеивании падающих на них звуковых волн. Эффективность экранов зависит от их размеров, материала, из которого они изготавливаются и частотного спектра шума, на пути которого они устанавливаются.

Если $L_A > ПДУ_{LA}$, то требуемое снижение уровня шума определяется по формуле:

$$\Delta L_{Ann} = L_A - ДУ_{L_A}, (3.11)$$

где L_A – расчетное значение.

Например, если для снижения шума применяются и зеленые насаждения и экран, то общее снижение уровня шума определим по формуле

$$\Delta L_{ATp} = \Delta L_{Aэк} - \Delta L_{Azел}, (3.12)$$

где $\Delta L_{Aэк}$ - снижение уровня звука экранами;

$\Delta L_{Azел}$ - снижение уровня звука зелеными насаждениями.

Классификация экранов:

- искусственные (зелёные насаждения, железобетонные и металлические экраны)
- естественные (насыпи, рельеф местности и т.п.).

Например, зеленые насаждения представляют собой искусственные экраны, которые позволяют снизить уровень шума, создаваемый источником шума.

При посадке полос зеленых насаждений должно быть обеспечено плотное примыкание крон деревьев между собой и заполнения пространства под кронами до поверхности земли кустарником.

Полосы зеленых насаждений должны предусматриваться из пород быстрорастущих деревьев и кустарников, устойчивых к условиям воздушной среды в городах и других населенных пунктах и произрастающих в соответствующей зоне. Высота деревьев должна быть 5 – 8 м.

Таблица 3.2 – Снижение уровня звука полосами зеленых насаждений

Полоса зеленных насаждений	Ширина полосы зеленых насаждений, м	Снижение уровня звука, ΔL_{Azze} , дБА
Однорядная полоса при шахматной посадке деревьев внутри полосы	10-15	4-5
	16-20	5-8

Двухрядная полоса при расстоянии между рядами 3-5 м	21-25	8-10

Зеленые насаждения позволяют снизить уровень шума до 12 дБА.

3.3.2 Шум, создаваемый воздушной линией электропередачи

Коронный разряд, является причиной того, что ВЛЭП источник акустических шумов.

Коронный разряд (или корона) – это самостоятельный разряд, возникающий в резко неоднородных полях, в которых ионизационные процессы могут происходить только в узкой области вблизи электродов. Такого рода полям относятся и электрическое поле проводов ВЛЭП.

Начальная напряженность коронного разряда определяется для провода радиусом r (см) по формуле

$$E_n = 24,5m\delta\left(1 + \frac{0,65}{(\delta r)^{0,38}}\right), \text{кВ/см} \quad (3.13)$$

где m – коэффициент гладкости провода.

Коэффициент гладкости провода учитывает форму поверхности витого провода и для различных марок находится в пределах $m=0,82-0,94$.

При коронном разряде в результате ионизации воздуха у поверхности провода образуется объемный заряд того же знака что и полярность напряжения на проводе.

Виды коронного разряда:

1. При больших диаметрах проводов $D > 1$ см напряженность электрического поля в окрестности провода уменьшается значительно медленнее, чем вблизи проводов малого диаметра. Поэтому зона ионизации – “чехол” короны – имеет большие размеры, и даже при начальном напряжении лавины могут достигать критической длины. Корона возникает в этом случае сразу в стримерной форме. Структура зоны ионизации дискретна, светятся многочисленные стримерные каналы.

2. На проводах малых диаметров $D < 1$ см корона возникает в лавинной форме. Зона ионизации достаточно однородна, свечение сосредоточено в узком чехле.

Причины акустического шума, создаваемого коронным разрядом:

1. В зоне коронного разряда происходит ионизация воздуха. Движение объемного заряда от проводов к земле и создает акустический шум. Спектр частот такого шума кратен 100 Гц и воспринимается ухом человека как шипение.

2. В зоне коронного разряда воздух нагревается до температуры более 2000 °С. В связи с этим вокруг стримера возникают вихревые потоки, скорость воздуха в которых достигает сотен метров в секунду, что приводит к возникновению акустических шумов (см. рис. 3.3).

На характеристики коронного разряда значительное влияние оказывают погодные условия. Атмосферные осадки усиливают напряженность электрического поля у провода, образуя на его поверхности водяные капли или ледяные выступы и острия. Начальное напряжение короны при этом резко снижается. Для оценки начальной напряженности коронного разряда в (3.18) коэффициент гладкости провода при инее, гололеде и изморози $m=0,6$. В условиях дождя или снега $m=0,57-0,73$.

В таблице 3.3 приведены зависимость уровня шума для ВЛЭП от класса напряжения и погодных условий.

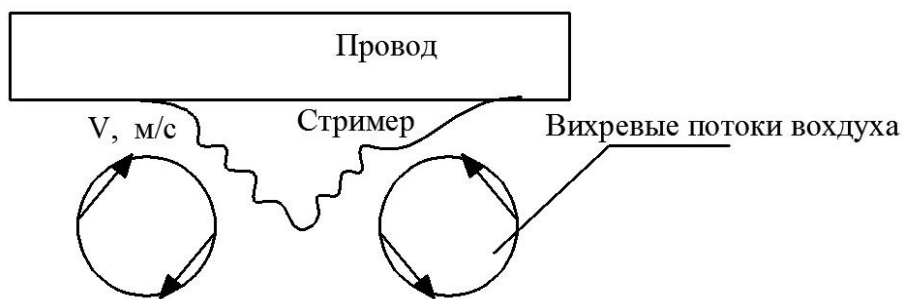


Рисунок 3.3 – Образование вихревых потоков в зоне стримерной короны

Таблица 3.3 – Зависимость уровня шума для ВЛЭП от класса напряжения и погодных условий при $r=100$ м

Класс напряжения ВЛЭП, кВ	220	500	750	1150
Уровень шума, создаваемый ВЛЭП:				
-при дожде, дБА	40	49	51-57	55-62
-при тумане, дБА	34	40	45	53

4 Анализ методов и методик управления охраной труда с целью снижения травматизма

4.1 Основные причины и методы анализа производственного травматизма

Производственная травма - это внезапное повреждение организма человека и потеря им трудоспособности, вызванные несчастным случаем на производстве. Под несчастными случаями понимаются профессиональные заболевания, профессиональные отравления и, в исключительных случаях, общие заболевания. В свою очередь, повторение несчастных случаев, связанных с производством, считается производственным травматизмом.

Выделяют следующие виды несчастных случаев:

- 1) по количеству пострадавших: одиночные и групповые;
- 2) по тяжести: легкие, тяжелые и с летальным исходом;
- 3) в зависимости от обстоятельств: связанные с производством, не связанные с производством, но связанные с работой, и несчастные случаи в быту.

В случае производственного несчастного случая руководитель участка, где произошел этот несчастный случай, обязан сделать следующее:

- организовать меры доврачебной помощи пострадавшему и госпитализировать его;
- принять необходимые меры по предупреждению повторения подобного несчастного случая;
- срочно сообщить о происшедшем руководителю предприятия и в профсоюзный комитет;
 - совместно со старшим общественным инспектором по охране и инженером по технике безопасности расследовать несчастный случай в течение 3 суток;
 - составить акт о несчастном случае по установленной форме Н-1 в количестве двух экземпляров и направить их руководителю предприятия, который должен утвердить данный акт и заверить оба экземпляра печатью организации. При этом один экземпляр выдается пострадавшему, а второй (вместе с материалами расследования) хранится в течение 45 лет в архивах предприятия.

Если произошел групповой, смертельный или тяжелый случай, то руководитель предприятия обязан незамедлительно сообщить об этом техническому инспектору обслуживающему данное предприятие профсоюза, вышестоящему хозяйственному органу, в прокуратуру по месту нахождения предприятия, Госгортехнадзору или Энергонадзору по подконтрольным им объектам. При этом каждый подобный случай подлежит обязательному

специальному расследованию техническим инспектором профсоюза с участием представителей администрации, профсоюзного комитета, вышестоящего хозяйственного органа, а при необходимости – при участии Госгортехнадзора или Энергонадзора в срок не более 7 дней.

За несчастные случаи, связанные с производством, администрация предприятия несет ответственность, при этом пострадавшему выплачивается пособие по временной нетрудоспособности в размере среднего заработка за счет средств самого предприятия. В случае инвалидности, которая возникла в результате увечья, или иного повреждения здоровья, пострадавшему назначается пенсия, помимо этого ему обязаны возместить материальный ущерб из-за потери трудоспособности в размере разницы между утраченным среднемесячным заработком и пенсией по инвалидности.

Одним из важнейших условий борьбы с производственным травматизмом является систематический анализ причин его возникновения, которые делятся на технические и организационные. Первый вид причин производственного травматизма проявляется в большинстве случаев как результат конструктивных недостатков оборудования, недостаточности освещения, неисправности защитных средств, оградительных устройств. Ко второму виду причин относят несоблюдение правил техники безопасности из-за неподготовленности самих работников, низкая трудовая и производственная дисциплина, неправильная организация работы, отсутствие на предприятии надлежащего контроля за производственным процессом.

Что касается результатов анализа травматизма, то в значительной степени они зависят от достоверности и тщательности оформления актов о несчастных случаях на производстве, особенно, что касается формулировки причины несчастного случая. Целью проведения анализа причин несчастных случаев на производстве является выработка мероприятий по устранению и предупреждению несчастных случаев. При проведении подобного анализа применяют *монографический, топографический и статистический методы.*

Монографический метод предусматривает многосторонний анализ причин травматизма непосредственно на рабочих местах. При этом изучают организацию и условия труда, состояние оборудования, инвентаря, инструментов. Такой метод эффективен в совокупности со статистическим анализом состояния охраны труда.

Топографический метод позволяет установить место наиболее частых случаев травматизма, для чего на плане-схеме предприятия, на которой обозначены рабочие места и оборудование, отмечают количество несчастных случаев за анализируемый период. В результате появляется возможность уделить больше внимания улучшению условий труда именно на тех рабочих местах, где чаще всего происходят несчастные случаи.

Статистический метод основан на изучении количественных показателей данных отчетов о несчастных случаях на предприятии. При этом используются в основном коэффициенты частоты, тяжести травматизма и нетрудоспособности.

Результаты расследования несчастных случаев рассматриваются работодателями в целях разработки и реализации мер по их предупреждению, решения вопросов о возмещении вреда пострадавшим (членам их семей), предоставления им компенсаций и льгот.

Анализ причин несчастных случаев на производстве представляет собой одну из важнейших задач предприятия, обеспечивающих такие его экономические показатели, как производительность труда и качество выпускаемой продукции.

Процесс предупреждения производственного травматизма, являющийся весьма важной производственной задачей, неразрывно связан с постоянным совершенствованием системы учета и анализа причин несчастных случаев на производстве.

Целью анализа причин несчастных случаев на производстве является разработка конкретных мероприятий по их устранению. В результате анализа устанавливаются причинные связи несчастных случаев с конструктивными недостатками производственного оборудования, с недостатками организации выполнения производственных процессов и обучения работающих безопасным приемам и методам труда. Анализу несчастных случаев на производстве предшествует их расследование и учет, так как от качества расследования зависит правильность установления причин, достоверность анализа и эффективность профилактических мероприятий, поскольку причины должны вытекать из обстоятельств несчастного случая, а профилактические меры, в свою очередь, должны тесно увязываться с причинами.

Главная трудность при анализе производственного травматизма заключается в однозначном определении основных причин несчастных случаев, анализ которых должен включать в себя следующие этапы:

1. выявление всех причин несчастного случая, которые привели к травме;
2. установление взаимосвязи тех причин, которые непосредственно привели к несчастному случаю;
3. определение основной причины несчастного случая (желательно технической), вызвавшей травмирование пострадавшего.

На основе анализа причин несчастных случаев и заболеваний на производстве администрация предприятия и профсоюзный комитет составляют план мероприятий по охране труда, который включается в раздел "Охрана труда" коллективного договора или в прилагаемое к данному

договору соглашение по охране труда. После одобрения проекта коллективного договора на общем собрании работников предприятия администрация заключает договор с профсоюзным комитетом не позднее февраля текущего года. Администрация предприятия и профком должны регулярно отчитываться перед коллективом рабочих и служащих о выполнении ими обязательств по коллективному договору

К эффективным мероприятиям относятся квалифицированное проведение вводного, на рабочем месте, периодического (повторного), внепланового и текущего инструктажей работников по технике безопасности.

Вводный инструктаж должны проходить работники, впервые поступившие на предприятие, и учащиеся, направленные для производственной практики. Вводный инструктаж знакомит с правилами по технике безопасности, внутреннего распорядка предприятия, основными причинами несчастных случаев и порядком оказания первой медицинской помощи при несчастном случае.

Инструктаж на рабочем месте (первичный) должны пройти работники, вновь поступившие на предприятие или переведенные на другое место работы, и учащиеся, проходящие производственную практику. Этот инструктаж знакомит с правилами техники безопасности непосредственно на рабочем месте, а также с индивидуальными защитными средствами.

Инженерно-техническое решение вопросов безопасности труда складывается из автоматизации и механизации опасных,тяжелых и трудоемких процессов; создания безопасных в эксплуатации механизмов, оборудования, аппаратов, приспособлений; дистанционного управления производственными процессами; установления нормируемых безопасных расстояний между оборудованием, разрывов и габаритов безопасности; безопасного размещения оборудования; ограждения опасных зон; сигнализации об опасности; блокировочной защиты; тормозной и удерживающей техники; средств индивидуальной защиты от вредного воздействия внешней среды и опасностей производства, возникающих при несовершенстве технологических процессов, а также из разработки таких нормативных документов, как стандарты, технические условия по охране труда.

Исследование и анализ причин несчастных случаев являются исходными данными для разработки методов и средств борьбы с травматизмом. На основании обобщений можно назвать следующие основные причины производственного травматизма:

1) Организационные. Значительная доля травм происходит из-за неправильной организации труда и рабочего места, недостаточного надзора за соблюдением инструкций и правил.

2) Технические. К числу технических причин травм можно отнести несовершенство оборудования или технологических процессов, неисправность инструмента, неисправность или отсутствие технических средств безопасного ведения труда (например, плохое состояние изоляции или отсутствие защитного заземления, ограждения, блокировки) и другие причины.

3) Санитарно-гигиенические. Например, несоблюдение санитарных норм освещения и микроклимата, содержание вредных и взрывоопасных веществ в производственной среде, наличие шума, вибраций, высокочастотных и радиоактивных излучений.

Производственная травма может произойти и в результате сочетания нескольких причин. На современном этапе главной мерой борьбы с травматизмом и профзаболеваниями на производстве является механизация и автоматизация производственных процессов, применение промышленных роботов, совершенствование условий труда.

Основные показатели, по которым принято характеризовать уровень травматизма на производстве:

$K_{\text{ч}}$ —коэффициент частоты несчастных случаев—показатель уровня общего травматизма, рассчитываемый как число травмированных работников, приходящееся на 1000 работающих:

$$K_{\text{ч}} = \frac{N_0}{N_{\Sigma}/1000}, \quad (4.1)$$

где N_0 —общее число травмированных работников за определенный период времени;

N_{Σ} —общее (суммарное) число работников, работавших в этот период;

$K_{\text{чс}}$ —коэффициент частоты несчастных случаев со смертельным исходом — показатель смертельного травматизма, рассчитываемый аналогично $K_{\text{ч}}$ (вместо общего числа травмированных работников берется число $N_{\text{с}}$ погибших от травм):

$$K_{\text{чс}} = \frac{N_{\text{с}}}{N_{\Sigma}/1000}, \quad (4.2)$$

$K_{\text{т}}$ —коэффициент тяжести травматизма—среднее время нетрудоспособности пострадавших, приходящееся на одну производственную травму:

$$K_{\text{т}} = \frac{T_{\text{н}\Sigma}}{N_0}, \quad (4.3)$$

Где $T_{H\Sigma}$ суммарное количество дней нетрудоспособности всех пострадавших от производственных травм за рассматриваемый период.

Уровень смертельного травматизма на производстве иногда также характеризуют с помощью коэффициента смертности K_C [7]—отношения числа работников, погибших в результате несчастных случаев, к общему числу травмированных.

Его обычно выражают в процентах:

$$K_C = \frac{N_C}{N_0} \cdot 100, \quad (4.4)$$

Следует отметить, что коэффициент K_C представляет собой не что иное, как вероятность летального исхода для пострадавшего при производственной травме.

Именно с помощью коэффициента тяжести можно характеризовать степень травмоопасности производства, но при его использовании нередко возникают разночтения, практикуются разные подходы к определению числа дней нетрудоспособности при несчастном случае со смертельным исходом.

Принято при таком несчастном случае число дней нетрудоспособности считать от дня травмы до дня смерти травмированного. Но чаще всего смерть наступает в день травмы и возникает парадокс: произошел несчастный случай со смертельным исходом, а общее число дней нетрудоспособности не увеличилось. В то же время данный случай учитывается наравне с другими, и таким образом число дней нетрудоспособности, приходящееся на одну травму, т.е. коэффициент тяжести травматизма K_T , понижается.

В некоторых странах время нетрудоспособности при несчастных случаях со смертельным исходом оценивается либо фиксированной величиной,

либо в определенных частных случаях — временем, которое мог бы отработать погибший до достижения им пенсионного возраста. Поскольку такие оценки времени на несколько порядков превышают обычное время нетрудо-способности пострадавших, оставшихся в живых, величина K_T становится малоинформативной и фактически не отражает степень опасности производства. Поэтому для сопоставления уровня травматизма в различных производствах чаще пользуются коэффициентом частоты несчастных случаев со смертельным исходом $K_{ЧС}$.

Из выражений (4.1), (4.2) и (4.4) следует, что между коэффициентами K_q , $K_{ЧС}$ и K_C существует очевидная взаимосвязь:

$$K_C = \frac{K_{ЧС}}{K_q} \cdot 100, \quad (4.5)$$

Для достаточно полной оценки травмоопасности необходимо пользоваться по меньшей мере двумя показателями – K_C и $K_{ч}$ либо $K_{сч}$, поскольку K_C , $K_{ч}$ и $K_{сч}$ взаимосвязаны соотношением (4.5).

Рассматриваемые показатели отражают влияние важнейших факторов опасности, присущих тому или иному конкретному виду производственной деятельности. В электроэнергетике такие факторы весьма многообразны: наличие оборудования с высоким напряжением, электрического тока, оборудования, работающего под высоким давлением, при высоких температурах и больших механических напряжениях; большая концентрация опасного оборудования и высокая численность персонала на относительно малых производственных площадях (например, на электростанциях) или, наоборот, рассредоточенность тех же опасностей на больших территориях при относительно малой численности обслуживающего персонала.

4.2 Статистика травматизма

Представленные ниже материалы собраны и обобщены автором из ежегодных отчетов по травматизму энергосистем, из статей и отчетов, опубликованных в обычных и электронных изданиях, а также в сети Internet.

На рисунках А.1 и А.2 представлены данные о травматизме в электроэнергетике за 1993 – 2003 гг.

При прогрессивной динамике уровень травматизма остается недопустимо высоким. За 11 последних лет получили травмы 12 921 человек, погибло 1124 квалифицированных специалистов, в том числе от электротравм – 517 (46 % от общего количества). Уровень электротравматизма в западных странах из расчета на 1 млн. жителей примерно в 25 раз ниже, чем у нас.

Таблица 4.1 Значения коэффициентов, характеризующих состояние и тяжесть травматизма

Годы	$K_{ч}$	$K_{сч}$	K_C
1993	2,59	0,24	9,27
1994	3,10	0,24	7,74
1995	3,67	0,24	6,12
1996	3,02	0,20	6,48
1997	1,98	0,20	7,44
1998	1,84	0,16	8,65
1999	1,56	0,15	9,70
2000	1,49	0,14	9,30
2001	1,30	0,138	10,64

2002	1,13	0,105	7,73
2003	1,11	0,15	7,3

Анализируя данные таблицы 4.1, можно отметить достаточно четкое различие средних значений K_C за следующие периоды: с 1993 -2003гг. За последний период среднее значение коэффициента смертности на 20 % ниже, чем в предшествующем периоде.

На рисунках А.4 и А.5 показано распределение несчастных случаев в электроэнергетике по месту происшествия, где прочие: автотракторные, ремонтные, монтажные, проектные предприятия, опытные заводы.

Данные из рисунка А.4 показывают, что основным очагом травматизма являются электрические сети. Процент несчастных случаев в электрических сетях в течение 14 лет постоянно является наибольшим (от 51,9 % до 72,7 %) от общего количества несчастных случаев, причем численность работающих в электрических сетях составляет менее 30 % от числа работающих.

На рисунке А.5 показано соотношение смертельного электротравматизма и в электрических сетях, и в электроэнергетике в целом. Например, в 2000 году из 34 смертельных случаев 32 (94%) произошли в электрических сетях, два – на электростанциях. Наиболее травмоопасным в электрических сетях является оборудование класса напряжения 6 – 10кВ. Из 32 человек 24 (75%) погибли вследствие поражения электротоком в сетях 6 – 10кВ, 8 человек погибли в электросетях 110кВ. На электроустановках 220кВ и выше в 2000 г. не погибло ни одного человека. На рисунке А.6 показано распределение смертельного травматизма по различным классам воздушной линий.

На рисунке А.7 представлены распределение электрооборудования по убыванию травмоопасности при определении его уровня по среднегодовому значению смертельных травм за период 1990 – 1999 гг.

По другой системе подсчета наиболее травмоопасными являются прово-да ВЛ. Среднегодовое значение смертельных травм на них – 24,9. Далее следуют: разъединители – 15,1; опоры ВЛ– 8,3; выключатели – 4,8; комплектные трансформаторные подстанции (КТП) – 4,3 и т. д.

Преобладание количеств травм на ВЛ10кВ и ВЛ0,4кВ объясняется их наибольшей протяженностью.

Долголетняя статистика производственного травматизма в электроэнергетике дает стабильное соотношение между числом смертельных травм и общим травматизмом. Так, в случаях механического травмирования человека смертельным исходом заканчивается приблизительно один случай из тридцати. Но при рассмотрении последствий

попадания человека под напряжение картина резко меняется. Здесь смертельным исходом оканчивается практически каждый второй случай электротравматизма.

Высокие проценты смертельного электротравматизма объясняются:

- физиологической несовместимостью электрического тока и биологических процессов в организме человека;
- внешних признаков опасности оголенных токоведущих частей или металлических конструкций, случайно оказавшихся под напряжением (отсутствует дым, свечение, звук и другие устрашающие признаки).

Основными причинами электротравматизма, дающими наибольшее число трагических исходов, являются:

- недостаточный уровень производственной дисциплины;
- расширение рабочего задания;
- работа без разрешения дежурного персонала;
- ошибочные действия персонала;
- нарушение безопасных расстояний;
- отказ от проверки отсутствия напряжения;
- неприменение средств индивидуальной защиты;
- работа без установки защитного заземления.

Статистика показала, что ежегодно более 80% всех электротравм происходит вследствие сознательного отказа работника от проверки отсутствия напряжения и установки защитного заземления на месте работы. Дело здесь не только в дисциплине. Нарушение правил и инструкций связано с тем, что бригады экипированы морально устаревшими средствами защиты, требующими для проверки отсутствия напряжения и установки защитного заземления многократного подъема на опору на высоту 6 м и более на когтях-лазах в полной экипировке.

Например, рассмотрение материалов несчастных случаев показало, что в девяти случаях в 2000 г. и в десяти случаях в 2001 г. можно было бы предотвратить смертельные травмы при наличии у пострадавшего индивидуального сигнализатора напряжения.

На рисунке А.8 показано, как распределяется травматизм, в том числе смертельный, в электроустановках до 1000В и выше за 1993 – 1999 гг.

Более подробно по видам происшествий динамика смертельных несчастных случаев из-за поражения электрическим током представлена в на рисунке А.9.

Данные указывают на необходимость регулярной проверки состояния опор воздушных линий электропередачи и обязательного раскрепления опор при подъеме на них. Следует учитывать, что, по грубым подсчетам, более 50% опор в отрасли выработали свой ресурс и опасны в эксплуатации. Имеются случаи падения опор самих по себе, без приложения к ним каких –

либо усилий.

Значительное число травм и аварий связано также с нарушением вертикального габарита ВЛ.

Из общего числа пострадавших около 90% постоянно составляют рабочие. Это, в основном, электромонтеры и электрослесари. Больше всего их гибнет в электрических сетях.

Проведенная классификация пострадавших в электроэнергетике по возрасту, стажу работы, разрядам, квалификационным группам по технике безопасности позволила определить наиболее распространенный тип пострадавшего. Это – мужчины старше 30 лет, со стажем работы в энергетике более пяти лет, имеющие высокую квалификацию (четвертый – пятый разряды), четвертую квалификационную группу по технике безопасности, т. е. люди с высокой квалификацией и опытом работы. К сожалению, часть из них чаще других пренебрегала соблюдением требований техники безопасности и инструкций по охране труда. Указанный персонал в большинстве случаев являлся инициатором самовольных действий, расширения объема полученных заданий и т.п.

Аналогичные результаты дал анализ статистики по несчастным случаям в электрических сетях АО «ВК РЭК».

В качестве объекта исследования для проведения работы были выбраны экологически неблагоприятные районы при эксплуатации высоковольтной изоляции и выполнено обследование технического состояния электрических сетей классом напряжения 35 кВ и выше.

Выявлено, что средний срок эксплуатации большинства ПС 35-110-220 кВ составляет 30 и более лет. Около 45% подстанций введены в эксплуатацию в 60-70-е годы прошлого столетия. Схемы выполнены еще по старым нормам и не соответствуют действующим нормам; оборудование физически и морально устарело.

На 10 подстанциях 35-110 кВ трансформаторы в ремонтных режимах перегружены сверх нормы (норма – это 140% на трансформатор). С 1990 г. по настоящее время эти нагрузки выросли на 20%, а трансформаторная мощность не увеличивалась. Как следствие – частые отключения электроэнергии. Из-за большой нагрузки трансформаторы невозможно вывести в ремонт, в итоге они выходят из строя. И все эти подстанции, практически расположены в центре города.

Статистика несчастных случаев со смертельным исходом на электроустановках промышленных потребителей, электрических станций и сетей в АО «ВК РЭК» в период с 1999 по 2011 гг. приведен в таблице 4.2.

График и распределение несчастных случаев со смертельным исходом в электрических сетях АО «ВК РЭК» в период с 1999 по 2011 гг. приведены на рисунке 4.10.

На предприятиях и объектах электроэнергетической отрасли Республики Казахстан состояние аварийности характеризуется статистикой, образующейся в результате расследования и учета технологических нарушений, выполняемых в соответствии с Инструкцией по расследованию и учету технологических нарушений в работе энергосистем, электростанций, котельных, электрических, тепловых сетей (РД 153-34.20.801-2000) [13].

Существенным недостатком является и то, что оперативная информация по аварийности в системе государственного энергетического надзора на объектах энергетики и энергоустановках энергопотребителей в настоящее время предоставляется только по технологическим нарушениям, имеющим признаки аварии и социально значимые последствия, что является явно недостаточным для информированности служб и построения эффективной системы оперативного реагирования в профилактике аварийности на подконтрольных энергообъектах.

Обобщая анализ основных причин несчастных случаев можно отметить:

- недостаточную подготовленность персонала к выполнению мероприятий, влияющих на безопасность работ;
- низкую надежность технических устройств энергоустановок, влияющих на безопасность проводимых работ;
- неэффективность мероприятий подготовки персонала по вопросам безопасности;
- неэффективность мероприятий поддержания энергоустановки в безопасном состоянии;
- неэффективность мероприятий, обеспечивающих безопасность предстоящих работ на энергоустановке;
- недостаточный контроль за эффективностью мероприятий безопасности при эксплуатации энергоустановок.

Снижение общего уровня травматизма и его тяжести в электроэнергетической отрасли обусловлено определенной активизацией работы в сфере охраны труда и техники безопасности. Главную роль здесь, по-видимому, сыграли организационные мероприятия, поскольку известные финансовые трудности в рассматриваемом периоде препятствовали проведению достаточно масштабных технических мероприятий.

Вместе с тем мало изменяющееся на протяжении целого ряда лет значение отношения количества смертельных травм к общему числу травм говорит о том, что использованные (и используемые сегодня) меры по профилактике травматизма исчерпали себя и не способны в дальнейшем

дать существенное улучшение ситуации.

Снижению уровней травматизма можно добиться по трем направлениям:

1) тотальная замена существующих оборудования и технологий на более травмобезопасные. Это направление требует наибольших затрат средств и ресурсов, в частности нужны огромные капиталовложения. Поэтому для его реализации в достаточных масштабах потребуется несколько десятилетий.

2) коренной пересмотр подхода к человеческому фактору в системе “человек- машина”, ориентированный на повышение надежности профессиональной деятельности персонала. Для этого нужны значительно меньшие затраты по сравнению с первым направлением, но требуются радикальные изменения в организации работы с персоналом.

3) внедрение новейших средств индивидуальной и коллективной защиты работающих. Это наименее затратное направление, но, как показывает опыт, оно позволяет добиться существенного уменьшения тяжести травматизма.

Разумеется, средства защиты никогда не смогут заменить безопасные методы работы, но они снижают степень риска, дают выигрыш времени для аварийной эвакуации при несчастном случае, повышают шансы пострадавшего на выживание.

Таблица 4.2 - Статистика несчастных случаев в АО «ВК РЭК»

Годы	Количествоотключений	в т.ч. со смертельным исходом
1999	12	1
2000	10	0
2001	8	0
2002	6	1
2003	11	2
2004	8	1
2005	7	1
2006	2	0
2007	2	0
2008	1	1
2009	3	1
2010	1	1
2011	6	3

4.3 Комплексные показатели травмоопасности

Любая травмоопасная ситуация, возникающие в результате сложного переплетения человеческого и машинно-производственного факторов, представляют собой случайное во времени событие. Поэтому широкое распространение, например, вероятностных математических моделей с целью анализа таких ситуаций вполне обосновано.

В подобной постановке задачи не возникает проблемы информационного обеспечения, так как существующая система учета производственного травматизма, несмотря на определенные недостатки, позволяет получить статистические данные для построения и реализации вероятностных моделей, отражающих изменения в условиях труда. Такие модели и поиск универсальных критериев оценки ситуации основываются на исследованиях характера информационных потоков случаев травматизма в конкретных системах.

Следует отметить, что используемые в настоящее время критерии оценки (коэффициенты частоты, тяжести и другие) не позволяют с уверенностью дифференцировать человеко-машинные системы по уровню безопасности труда. Они не дают ясной картины динамики травматизма. Кроме этого критерии имеют низкую прогностическую ценность. Предлагаемые различными авторами критерии оценки на основе определения вероятностей отказа элементов системы, расчета суммарного экономического ущерба и др. либо пригодны для отдельных человеко-машинных систем, либо не имеют достаточной и доступной информационной базы.

При отсутствии представительной статистики травматизма исследование и оценка безопасности труда должны проводиться на иной информационной основе, которая и определяет подход к формированию критериев оценки.

В качестве наиболее перспективных направлений исследования в современных условиях следует считать два направления:

1) оценка производится с учетом результатов инструментальных и социологических исследований параметров рабочей среды. Обработка полученных таким образом информационных массивов, как правило, осуществляется с помощью методов математической статистики. При этом алгоритм должен учитывать возможность исследования отдельных факторов, а также возможность получения комплексного критерия оценки.

Использование социологических анкет и методов экспертных оценок дает возможность установить травмоопасные виды оборудования и технологические операции, опасные зоны, специфические внешние условия, влияющие на выполнение работы, и другие параметры без инструментальных исследований.

2) требует наличия достаточной статистики травматизма, при этом системы оцениваются с помощью вероятностной модели процессов травматизма.

Комплексная оценка человеко-машинных систем является первым этапом в решении проблемы повышения безопасности труда. Вторым этапом является выявление всех связей в системе «человек-машина-среда» между факторами среды, машин, личными качествами работающих и производственным травматизмом.

Изучение природы производственного травматизма показывает, что возникновение травмоопасной ситуации зависит от большого количества факторов (более ста).

Следует заметить, что несмотря на то, что существует большое количество исследований, тем не менее, до настоящего времени не выявлены основные сочетания факторов, являющиеся определяющими в процессе возникновения травм.

Следовательно, производственную травму необходимо рассматривать как результат совместного действия множества различных организационно-технических причин в сочетании с человеческим фактором, включающим антропологические, психофизиологические и физические особенности человека.

Наиболее перспективным в этом плане, как показывает анализ работ, является метод перебора конъюнкций признаков (ПКП), предложенный М. Бонгардом [15]. Используя данный метод при разработке модифицированных алгоритмов альтернативной диагностики, можно решить задачу выявления связей между некоторыми факторами рабочей среды, личностными качествами работающих и производственным травматизмом.

Результатами расчета по этим алгоритмам являются конкретные решающие наборы признаков (параметров, факторов), определяющие причины возникновения несчастных случаев на производстве и указывающие пути их предотвращения. В подавляющем большинстве научно-исследовательские работы, посвященные анализу производственных процессов с точки зрения охраны труда, построены на основании общепринятой структуры человеко-машинной системы (рисунок 4.11), которая неразрывно связана с окружающей средой [16].

Такой подход является вполне обоснованным, так как наиболее типичная причинно-следственная или просто причинная цепь событий-предпосылок, в результате которой происходит травмирование персонала, выглядит следующим образом:

1) ошибка персонала и (или) отказ оборудования, задействованного в технологическом процессе, и (или) недопустимое внешнее воздействие;

2) формирование (появление) опасного фактора в неожиданном месте и (или) в неожиданное время;

3) неисправность или отсутствие средств защиты и (или) неадекватные действия, работающих или посторонних для конкретной ситуации лиц;

4) воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов на людей, на элементы технологического оборудования, на окружающую производственную среду.

Следует заметить, что перечисленные факторы не всегда приводят к возникновению травмоопасных ситуаций, но они в значительной степени усложняют условия выполнения работ, так как связаны с жесткой регламентацией технологического процесса и с необходимостью соблюдения многочисленных мероприятий по обеспечению безопасности труда, что в свою очередь вызывает рост напряженности труда и связанных с этим ошибок.

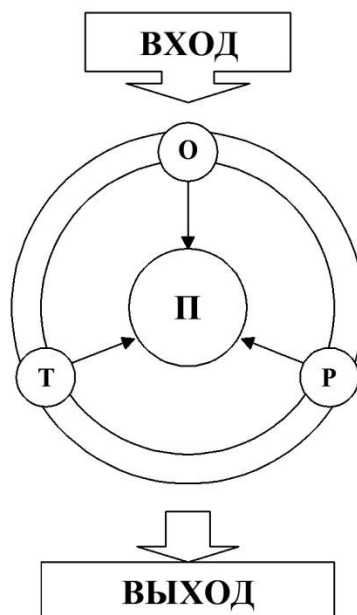


Рисунок 4.11 - Модель системы «человек-машина-среда» («персонал-оборудование - рабочая среда». П-персонал; Р - рабочая среда; О - оборудование; Т- технология (совокупность методов и приемов выполнения работ)).

Актуальность проблемы, связанной с оценкой безопасности труда в человеко-машинных системах в настоящее время не считается, т.к. постоянно происходит совершенствование технологических процессов. Количественные показатели обеспечения безопасности и охраны труда необходимы для автоматизированного контроля и целенаправленного воздействия на систему в целом.

Однако, классификация соответствующих критериев оценки условий труда и соответствующих методик применения этих критериев носит условный характер, в то время как задача обеспечения безопасности труда должна решаться как комплексная и, следовательно, сам критерий должен быть комплексным, охватывающим все элементы человеко-машинной системы.

4.4 Применение теории надежности для оценки безопасности технических систем

Обеспечение безопасности оборудования - составная часть проблемы надежности. Под безопасностью понимаем надежность по отношению к жизни и здоровью людей, состоянию окружающей среды.

Вероятностно-статистические методы и теория надежности начали широко использоваться при расчете особо ответственных объектов, при анализе крупных аварий.

Основным базовым показателем надежности и безопасности технических систем может служить вероятность безотказной работы $P(t)$ - вероятность проведения производственных процессов без происшествий в течение некоторого времени t , т. е. того, что в заданном интервале времени $t = T$ не возникнет отказа этого объекта.

Значение $P(t)$, как всякой вероятности, может находиться в пределах $0 \leq P(t) \leq 1$. Вероятность безотказной работы $P(t)$ и вероятность отказа $R(t)$ образуют полную группу событий, поэтому

$$P(t) + R(t) = 1 \quad (4.6)$$

Допустимое значение $P(t)$ выбирается в зависимости от степени опасности отказа объекта. Например, для ответственных изделий авиационной техники допустимые значения $P(t) = 0,9999$ и выше, т.е. практически равны единице.

При высоких требованиях к надежности объекта задаются допустимым значением $P(t) = \gamma\%$ ($\gamma\%$ - вероятность безотказной работы объекта в %) и определяют время работы объекта $t = T_\gamma$, соответствующее данной регламентированной вероятности безотказной работы. Значение T_γ называется «гамма-процентным ресурсом» и по его значению судят о большей или меньшей безотказности и безопасности объектов.

Пусть $R(t)$ - вероятность возникновения аварийной ситуации на

отрезке времени $[0, t]$. Эта вероятность должна удовлетворять условию

$$R(T_*) \leq R_* \quad (4.7)$$

где R_* - предельно допустимое (нормативное) значение риска возникновения аварийной ситуации.

Используем нормативное значение вероятности безотказной, т. е. безопасной, работы P_* , которая весьма близка к единице (например, P_*).

Функция риска на отрезке времени $[0, t]$ дополняет функцию безопасности $P(t)$ до единицы:

$$R(t) = 1 - P(t) \quad (4.8)$$

Интенсивность риска аварийной ситуации (удельный риск) аналогична интенсивности отказов:

$$r(t) = -P'(t) / P(t) = R'(t) / [1 - R(t)] \quad (4.9)$$

Поскольку уровень безопасности должен быть высоким, то можно принять

$$1 - R(t) = P(t) \approx 1 \quad (4.10)$$

Тогда интенсивность риска аварийной ситуации будет

$$r(t) \approx R'(t) = -P'(t) \quad (4.11)$$

$$R'(t) = dR / dt \quad (4.12)$$

Поскольку время t при оценке риска аварии исчисляются в годах, то $r(t)$ имеет смысл годового риска возникновения аварийной ситуации.

Средний годовой риск аварии:

$$r_{cs}(T) = R(t) / T \quad (4.13)$$

Пусть, например, $r_{cs} = const = 10^{-3} \text{ год}^{-1}$; $T = 50 \text{ лет}$

Тогда

$$R(t) = r_{cp} \cdot T = 10^{-3} \cdot 50 = 5 \cdot 10^{-4} \quad (4.14)$$

$$P(T) = 1 - R(T) = 1 - 5 \cdot 10^{-4} = 0.9995 \quad (4.15)$$

Такие показатели риска аварийной ситуации широко используют в гражданской авиации, а в последние годы их начали применять при нормировании безопасности оборудования атомных электростанций.

Для парка одинаковых технических объектов функция безопасности:

$$P_n(t) = P^n(t) \quad (4.16)$$

где n - численность парка одинаковых объектов.

В этом случае функция риска

$$R_n(t) = P^n(t) \quad (4.17)$$

при условии $nR(t) \ll 1$

Аналогично для удельного риска:

$$r_n(t) \approx nr(t) \text{ и } r_{n.cп} \approx nr_{cп}(t) \quad (4.18)$$

Инженерные расчеты инженерных конструкций на безопасность основаны на концепции коэффициентов запаса.

В этом случае расчетное условие имеет вид

$$F \leq S / m \quad (4.19)$$

где F - параметр воздействия;

S - параметр сопротивления;

m - коэффициент безопасности ($m > 1$)

4.4.1 Показатели безопасности систем «человек - машина» (СЧМ)

Надежность характеризует безошибочность (правильность) решения стоящих перед СЧМ задач. Оценивается вероятностью правильного решения задач, которая, по статистическим данным, определяется соотношением

$$R_{nz} = 1 - \frac{m_{от}}{N} \quad (4.20)$$

где $m_{от}$ и N - соответственно число ошибочно решенных и общее число решаемых задач.

Точность работы оператора - степень отклонения некоторого параметра, измеряемого, устанавливаемого или регулируемого оператором, от своего истинного, заданного, или номинального значения. Количественно точность работы оператора оценивается величиной погрешности, с которой оператор измеряет, устанавливает или регулирует данный параметр:

$$\gamma = I_H - I_{оп} \quad (4.21)$$

где I_H - истинное или номинальное значения параметра;

$I_{ОП}$ - фактически измеряемое или регулируемое оператором значение этого параметра.

Не всякая погрешность является ошибкой, до тех пор, пока величина погрешности не выходит за допустимые пределы.

В работе оператора следует различать случайную и систематическую погрешности. Случайная погрешность оператора оценивается величиной среднеквадратической погрешности, систематическая погрешность - величиной математического ожидания отдельных погрешностей.

Своевременность решения задачи СЧМ оценивается вероятностью того, что стоящая перед СЧМ задача будет решена за время, не превышающее допустимое:

$$P_{CB} = P\{T_{Ц} \leq T_{ДОП}\} = \int_0^{T_{ДОП}} \varphi(T) \cdot dT \quad (4.22)$$

где $\varphi(T)$ - функция плотности времени решения задачи системой «человек-машина».

Эта вероятность по статистическим данным

$$P_{CB} = 1 - \frac{m_{НС}}{N} \quad (4.23)$$

где $m_{НС}$ - число несвоевременно решенных СЧМ задач.

В качестве общего показателя надежности используется вероятность правильного ($P_{ПР}$) и своевременного (P_{CB}) решения задачи:

$$P_{СЧ} = P_{ПР} \cdot P_{CB} \quad (4.24)$$

Безопасность труда человека в СЧМ оценивается вероятностью безопасной работы:

$$P_{BT} = 1 - \sum_{i=1}^n P_{воз.i} \cdot P_{ом.i} \quad (4.25)$$

где $P_{воз.i}$ - вероятность возникновения опасной или вредной для человека производственной ситуации i -го типа;

$P_{ом.i}$ - вероятность неправильных действий оператора в i -й ситуации; - число возможных травмоопасных ситуаций.

Степень автоматизации СЧМ характеризует относительное количество информации, перерабатываемой автоматическими устройствами:

$$K_a = 1 - \frac{H_{оп}}{H_{счм}} \quad (4.26)$$

где $H_{оп}$ - количество информации, перерабатываемой оператором;
 $H_{счм}$ - общее количество информации, циркулирующей в системе «человек-машина».

Экономический показатель характеризует полные затраты на систему «человек- машина». В общем случае эти затраты складываются из затрат на создание (изготовление) системы $C_{и}$, затрат на подготовку операторов $C_{оп}$ эксплуатационных расходов $C_{э}$:

$$W_{счм} = E_H (C_{и} + C_{оп}) + C_{э}, \quad (4.27)$$

где E_H - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных затрат ($C_{и} + C_{оп}$).

Эргономические показатели учитывают совокупность специфических свойств СЧМ и представляют иерархическую структуру, включающую в себя ценностную эргономическую характеристику (эргономичность СЧМ), комплексные (управляемость, обслуживаемость, усвояемость и обитаемость СЧМ), групповые (социально-психологические, психологические, физиологические, антропометрические, гигиенические) и единичные показатели.

Надежность оператора - свойство качественно выполнять трудовую деятельность в течение, определенного времени при заданных условиях.

Ошибками оператора являются: невыполнение требуемого или выполнение лишнего (несанкционированного) действия, нарушение последовательности выполнения действий, неправильное или несвоевременное выполнение требуемого действия.

В зависимости от последствий ошибки могут быть аварийными и неаварийными.

Надежность оператора характеризуется показателями безошибочности, готовности, восстанавливаемости и своевременности.

Показателем безошибочности является вероятность безошибочной работы. Для типовых, часто повторяющихся операций в качестве показателя безошибочности может использоваться интенсивность ошибок

$$P_j = \frac{N_j - n_j}{N_j}; \quad (4.28)$$

$$\lambda_j = \frac{n_j}{N_j \cdot T_j}, \quad (4.29)$$

где P_j - вероятность безошибочного выполнения операций j -го типа;
 λ_j - интенсивность ошибок j -го вида;

N_j, n_j - общее число выполненных операций j -го вида и допущенное при этом число ошибок;

T_j - среднее время выполнения операций j -го вида.

Для участка устойчивой работоспособности оператора можно найти вероятность безошибочного выполнения операций:

$$P_{оп} = \prod_{j=1}^r P_j^{k_j} = e^{-\sum_{j=1}^r (1-P_j)k_j} = e^{-\sum_{j=1}^r \lambda_j T_j \cdot k_j} \quad (4.30)$$

где k_j - число выполненных операций j -го вида;

r - число различных типов операций ($j = 1, 2, \dots, r$).

Коэффициент готовности оператора представляет собой вероятность включения оператора в работу в любой произвольный момент времени:

$$K_{оп} = 1 - \frac{T_0}{T}, \quad (4.31)$$

где T_0 - время, в течение которого оператор по тем или иным причинам не находится на рабочем месте;

T - общее время работы оператора.

Показатель восстанавливаемости - возможность самоконтроля оператором своих действий и исправления допущенных ошибок, т.е. представляет вероятность исправления оператором допущенной ошибки:

$$P_{исп} = P_K \cdot P_{об} \cdot P_{И}, \quad (4.32)$$

где P_K - вероятность выдачи сигнала системой контроля;

$P_{об}$ - вероятность обнаружения оператором сигнала контроля;

$P_{И}$ - вероятность исправления ошибочных действий при повторном выполнении операций.

Основным показателем своевременности является вероятность выполнения задачи в течение времени $t < T_d$:

$$P_{CB} = P\{\tau < t_{л}\} = \int_0^{t_{л}} f(\tau) \cdot d\tau \quad (4.33)$$

где $f(\tau)$ - функция распределения времени решения задачи оператором.

Надежность деятельности оператора не остается величиной постоянной, а меняется с течением времени. Это обусловлено как изменением условий деятельности, так и колебаниями состояния оператора.

Среднее значение вероятности безошибочной работы оператора

$$P_{OP} = \sum_{i=1}^m P_i - P_{OP/i}, \quad (4.34)$$

где P_i - вероятность наступления i -го состояния СЧМ;

$P_{OP/i}$ - условная вероятность безошибочной работы оператора в i -м состоянии;

m - число рассматриваемых состояний СЧМ.

Для систем непрерывного типа показателем надежности является вероятность безотказного, безошибочного и своевременного протекания производственного процесса в течение времени t :

$$P_{ч.м.1}(t) = P_T(t) + [1 - P_T(t)]K_{OP}[P_{OP} \cdot P_{CB} + (1 - P_{OP})P_{ИСП}(t_{л})], \quad (4.35)$$

где $P_T(t)$ - вероятность безотказной работы технических средств;

K_{OP} - коэффициент готовности оператора;

P_{CB} - вероятность своевременного выполнения оператором требуемых действий;

$P_{ИСП}$ - вероятность исправления ошибочных действий.

Для СЧМ дискретного типа:

$$P_{ч.м.2}(t) = K_G \cdot P_T \cdot P_{OP} \cdot P_{CB} + (1 - P_T \cdot K_G)P_{ВОС} \cdot P_{OP} \cdot P_{CB} + (1 - P_{OP})P_T \cdot P_{ИСП}, \quad (4.36)$$

где K_G - коэффициент готовности техники;

$P_{ВОС}$ - вероятность восстановления отказавшей техники.

Вероятность $P_{ч.м.1}$ используется в случаях:

- 1) технические средства работают исправно;
- 2) произошел отказ технических средств, но при этом:
 - а) оператор безошибочно и своевременно выполнил требуемые

действия по ликвидации аварийной обстановки;

б) оператор допустил ошибочные действия, но своевременно их исправил.

Показатель надежности $P_{ч.м.2}$ используется, если:

1) в требуемый момент времени техника находится в исправном состоянии, не отказала в течение времени выполнения задачи, действия оператора были безошибочными и своевременными;

2) неготовая или отказавшая техника была своевременно восстановлена, операторы при решении задачи не допускали ошибок;

3) при безотказной работе техники оператор допустил ошибку, но своевременно исправил ее.

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Расчёт уровней шума, создаваемый трансформаторами на открытой территории

Расчет шума, создаваемого ТМ может возникнуть в двух случаях:

1) При проектировании новой подстанции;

2) При реконструкции действующей подстанции.

При проектировании новой подстанции необходимо определить ее расположение относительно прилегаемых территорий.

При реконструкции действующей подстанции, когда увеличивается мощность силовых ТМ, необходимо определить уровень звука, создаваемый всеми источниками шума и сделать вывод о соответствии уровня шума санитарно-гигиеническим требованиям. Если есть превышение, то необходимо разработать мероприятия по уменьшению шума.

Рассмотрим порядок расчета на примере проектировании новой подстанции. Порядок расчета:

1. Определяем тип и количество источников шума на подстанции.

2. Определяем, как установлены трансформаторы в помещениях или на открытой территории.

3. Определяем акустические характеристики источника шума, согласно ГОСТ 12.1.024-87. СССБ. “Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы расчёта” (корректированные уровни звуковой мощности).

4. Определяем допустимые уровни звука для территории в соответствии с заданием. По СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 определяем допустимый уровень звука для соответствующей территории и времени суток.

5. Определяем минимальное расстояние от подстанции до границы

территории, при этом учитываем, что трансформатор является постоянным источником шума.

Из ГОСТ 12.1.024-87 известна формула, которая устанавливает связь между уровнем звука, который создает источник шума на расстоянии R , если имеет скорректированный уровень звуковой мощности равный L_{WA} , для случая $R > 30$ м (источник шума установлен на открытой территории), где $S_0 = 1 \text{ м}^2$, $S = 2\pi R^2$:

$$L_{WA} = L_A + 10 \lg \frac{S}{S_0}, \text{ дБА} \quad (5.1)$$

$$L_{WA} = L_A + 10 \lg 2\pi R^2, \text{ дБА} \quad (5.2)$$

Если источников более чем один то в связи с тем, что на подстанции они размещаются достаточно близко, а до границ прилегаемых территорий достаточно далеко, несколько источников шума можно заменить одним:

$$L_{WA\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{W,iA}}, \quad (5.3)$$

где $L_{W,iA}$ – скорректированный уровень звуковой мощности для i -го источника шума, дБА;

N – количество источников шума.

С учётом того, что на границы территории должно выполняться условие $L_A = DU_{LA}$ (допустимый уровень звука), последнее выражение перепишем в виде

$$L_{WA\Sigma} = L_A + 10 \lg 2\pi R^2, \text{ дБА} \quad (5.4)$$

Откуда минимальное расстояние определится по формуле

$$R_{\min} = \sqrt{\frac{10^{0.1(L_{WA\Sigma} - L_A)}}{2\pi}}. \quad (5.5)$$

5.2 Расчёт уровней шума, создаваемого ВЛЭП

Уровень шума одной из фаз на расстоянии r при неблагоприятных условиях определяется по формуле:

$$L_A = 16 + 1.14 E_{\max} + 9r_0 + 15 \lg n - 10 \lg r, \text{ дБА} \quad (5.6)$$

где E_{\max} – действующее значение максимальной напряженности электрического поля на поверхности провода, кВ/см;

r_0 —радиус провода, см;
 n — число составляющих проводов в фазе (для расщепленной фазы);
 r — расстояние от проекции крайней фазы на землю до расчетной точки, м.

Уровень шума, создаваемого ВЛЭП на расстоянии r от проекции крайней фазы на землю определяется по формуле:

$$L_{\Lambda\Sigma} = L_A + 10 \lg n_\phi, \text{ дБА} \quad (5.7)$$

где n_ϕ — количество фаз.

В формуле (5.4) неизвестной величиной является E_{max} , которая определяется по следующей формуле:

$$E_{max} = K_y E_{cp}, \quad (5.8)$$

где K_y — коэффициент, учитывающий усиление напряженности электрического поля, вследствие влияния зарядов на соседних проводах расщепленной фазы;

E_{cp} —средняя рабочая напряженность электрического поля на поверхности проводов расщепленной фазы, кВ/см.

Коэффициент, учитывающий усиление влияния напряженности электрического поля вследствие влияния зарядов соседних проводов расщепленной фазы определяется по формуле:

$$K_y = 1 + (n - 1) \frac{r_0}{r_p}, \quad (5.9)$$

где r_p — радиус расщепленной фазы, м.

Радиус расщепленной фазы зависит от конструкции фазы и шага расщепления, например, для ВЛЭП 500 кВ и $n=3$:

Приведем расчеты по шуму на территории подстанции «Западная» открыто установлены 2 трансформатора. Типовая мощность трансформатора 400 МВ·А, с напряжением 220 кВ. Трансформатор с принудительной циркуляцией воды и масла (системы охлаждения видов Ц, НЦ, МЦ, НМЦ). Территории, прилегающие и санаториев непосредственно к зданиям. Определяем минимальное расстояние от подстанции до территории, на которой выполняются санитарно-гигиенические требования по шуму, если известен тип трансформатора.

Уровень шума L_A , создаваемый источником шума с скорректированным уровнем звуковой мощности равным L_{pA} , на расстоянии R от источника определяется по формуле /5.5/:

$$L_A(R) = L_{PA} - 10 \lg(2 \cdot \pi \cdot R^2), \quad (5.10)$$

С учетом того, что трансформаторы располагаются по отношению друг к другу на небольшом расстоянии по сравнению с расстоянием R , то два источника шума можно рассматривать, как один с скорректированным уровнем звуковой мощности равны:

$$L_{PA\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1 \cdot L_{PAi}} \quad (5.11)$$

допустимый уровень звука $ДУ_{LA}$ для времени суток с 23^{00} до 7^{00} .

Если принять равным $ДУ_{LA} = L_A$, то $R = R_{\min}$.

Тогда с учетом вышесказанного формулу можно переписать в следующем виде:

$$ДУ_{LA} = L_{PA\Sigma} - 10 \lg(2 \cdot \pi \cdot R^2) \quad (5.12)$$

Из формулы (5.5) минимальное расстояние будет равно:

$$R_{\min} = \sqrt{\frac{10^{0.1(L_{PA\Sigma} - ДУ_{LA})}}{2 \cdot \pi}} \quad (5.13)$$

На рисунке 5.1 приведена схема размещения трансформаторной подстанции по отношению к рассматриваемой территории.

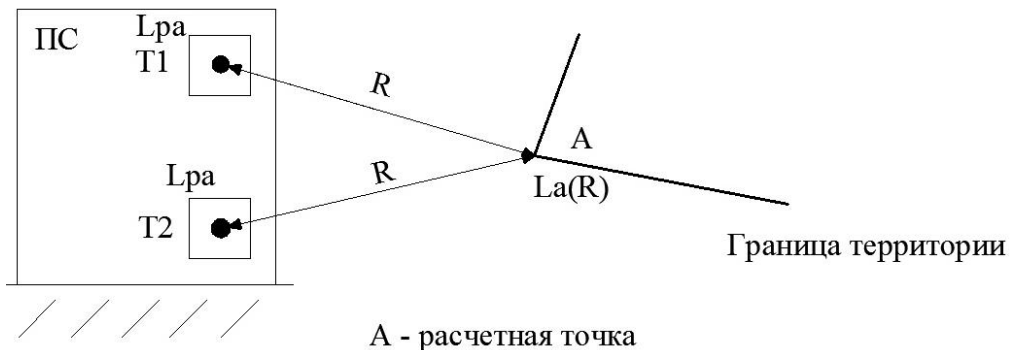


Рисунок 5.1 – Схема размещения трансформаторной подстанции по отношению к рассматриваемой территории

Для рассматриваемой территории в соответствии с /5.3/ определяем в соответствии с /4.5/ для трансформатора с $S_{\text{НОМ}} = 400 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, $U_{\text{н}} = 220 \text{ кВ}$ с принудительной циркуляцией воды и масла (системы охлаждения видов Ц, НЦ, МЦ, НМЦ) скорректированный уровень звуковой мощности $L_{PA} = 111 \text{ дБА}$. Скорректированный уровень звуковой мощности для двух трансформаторов

равен:

$$L_{PA\Sigma} = 10 \lg(2 \cdot 10^{0.1 \cdot 111}) = 114 \text{ дБА} \quad (5.14)$$

Согласно /27/ допустимый уровень звука для рассматриваемой территории в период времени с 23⁰⁰ до 7⁰⁰ составляет 35 дБА.

Подставляя полученные значения в формулу (5.13) определим минимальное расстояние от подстанции до территории:

$$R_{\min} = \sqrt{\frac{10^{0.1(114-35_A)}}{2 \cdot \pi}} = 3555,6 \text{ м} \quad (5.15)$$

Определяем уровни звука, создаваемые ВЛ 500 кВ по линии 5169 Шымкентские МЭС АО «КЕГОС» в соответствии с исходными данными, на разных расстояниях R от ее проекции крайней фазы на землю в середине пролета. Линия имеет горизонтальное расположение проводов с расстоянием между ними $D_0=10,5$ м. Фазы расщепленные, состоящие из трех проводов АС-330 радиусом $r_0=1,26$ см с шагом расщепления $a=76$ см. Высота подвеса проводов на опоре $H_{\text{п}}=22$ м, габарит линии $H_0=8,65$ м, средняя высота подвеса проводов над землей $H_{\text{ср}}=13,1$ м. Грозозащитные тросы изолированы от опор, т.е. влияние их на электрическое поле проводов не учитывается. Определить границу СЗЗ ВЛ по шуму для случая ее прохождения вблизи территории селитебной зоны. Сделать выводы.

Рассчитаем и построим зависимость максимальной напряженности электрического поля E_{\max} от a (от 10 см до 85 см). Определяем минимальное значение E_{\max} . Для этого значения определяем границу СЗЗ ВЛ по шуму для случая ее прохождения вблизи территории селитебной зоны. Сделаем выводы о влиянии шага расщепления на размер СЗЗ.

Уровень звука, создаваемый одной фазой ВЛ, определяется по формуле

$$L_A(R) = 16 + 1,4 \cdot E_{\max} + 9 \cdot r_0 + 15 \cdot \lg(n) - 10 \cdot \lg(R), \quad (5.16)$$

где E_{\max} – максимальная напряженность электрического поля на поверхности провода, кВ/см;

r_0 – радиус провода, см;

n – количество проводов в расщепленной фазе;

R – расстояние от проекции провода на землю до расчетной точки, м;

Уровень звука, создаваемый воздушной ЛЭП, определяется по формуле

$$L_{A\Sigma} = L_A(R) + 10 \cdot \lg n_{\phi}, \quad (5.17)$$

где n_{ϕ} – количество фаз линии.

Максимальная напряженность электрического поля на поверхности

провода равна

$$E_{\max} = K_y \cdot E_{CP}, (5.18)$$

где K_y – коэффициент, учитывающий усиление напряженности электрического поля вследствие влияния зарядов на составных проводах расщепленной фазы;

E_{CP} – средняя напряженность электрического поля на поверхности провода, кВ/см.

Коэффициент, учитывающий усиление напряженности электрического поля вследствие влияния зарядов на составных проводах расщепленной фазы рассчитывается по формуле

$$K_y = 1 + (n-1) \cdot \frac{r_0}{r_p} (5.19)$$

где r_p – радиус расщепленной фазы, см.

Для ВЛ 500 кВ провода в расщепленной фазе располагаются в вершине равностороннего треугольника с шагом расщепления равным a . Для этого случая радиус расщепленной фазы определяется по следующей формуле

$$r_p = \frac{a}{\sqrt{3}}, (5.20)$$

где a – шаг расщепления, см;

Средняя напряженность электрического поля на поверхности провода определяется по формуле

$$E_{cp} = \frac{U_{\phi}}{n \cdot r_0 \cdot \ln\left(\frac{S}{r_{\text{э}}}\right)}, (5.21)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети, кВ;

S – среднегеометрическое расстояние между фазами, см;

$r_{\text{э}}$ – эквивалентный радиус провода, см.

Эквивалентный радиус определяется по формуле

$$r_{\text{э}} = \sqrt[n]{n \cdot r_0 \cdot r_p^{n-1}} (5.22)$$

Среднегеометрическое расстояние между фазами:

$$S = \frac{\sqrt[3]{2} \cdot D_0}{\sqrt[3]{\left(1 + \left(\frac{D_0}{2H_0}\right)^2\right)} \cdot \sqrt{\left(1 + \left(\frac{D_0}{H_0}\right)^2\right)}}, (5.23)$$

где D_0 – расстояние между фазами, м;

H_0 – высота подвеса провода над поверхностью земли, м.

Для рассматриваемой территории в соответствии с /2/ определяем допустимый уровень звука DU_{LA} для времени суток с 23⁰⁰ до 7⁰⁰.

Если принять равным $DU_{LA}=L_A$, то $R=R_{min}$.

Тогда формулу (2) можно записать в следующем виде

$$DU_{LA} = L_A(R_{min}) + 10 \cdot \lg n_{\phi} \quad (5.24)$$

или

$$DU_{LA} = 16 + 1,14 \cdot E_{max} + 15 \cdot \lg n - 10 \lg R_{min} + 10 \cdot \lg n_{\phi} \quad (5.25)$$

Из формулы (10) минимальное расстояние, а соответственно размер санитарно-защитной зоны равен

$$R_{min} = 10^{0,1 \cdot (16 + 1,14 E_{max} + 15 \lg n + 10 \lg n_{\phi} - DU_{LA})} \quad (5.26)$$

Согласно /2/ для территорий жилой зоны допустимый уровень звука DU_{LA} в период с 23⁰⁰ до 7⁰⁰ составляет 45 дБА.

Подставляем исходные данные и решаем задачу числах. Фазное напряжение линии:

$$U_{\phi} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{500}{\sqrt{3}} = 288,68 \text{ кВ} \quad (5.27)$$

Радиусрасщепленной фазы:

$$r_p = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{76}{\sqrt{3}} = 43,88 \text{ см} \quad (5.28)$$

Коэффициент усиления:

$$K_y = 1 + (n - 1) \cdot \frac{r_0}{r_p} = 1 + (3 - 1) \cdot \frac{1,26}{43,88} = 1,0574 \quad (5.29)$$

Эквивалентный радиус провода:

$$r_s = \sqrt[n]{n \cdot r_0 \cdot r_p^{n-1}} = \sqrt[3]{3 \cdot 1,26 \cdot 43,88^{3-1}} = 19,38 \text{ см} \quad (5.30)$$

Среднегеометрическое расстояние между фазами:

$$S = \frac{\sqrt[3]{2} \cdot D_0}{\sqrt[3]{\left(1 + \left(\frac{D_0}{2H_0}\right)^2\right)} \cdot \sqrt{\left(1 + \left(\frac{D_0}{H_0}\right)^2\right)}} = \frac{\sqrt[3]{2} \cdot D_0}{\sqrt[3]{\left(1 + \left(\frac{10,5}{2 \cdot 8,65}\right)^2\right)} \cdot \sqrt{\left(1 + \left(\frac{10,5}{8,65}\right)^2\right)}} =$$

$$= 10,25 \text{ м} = 1025 \text{ см}$$

Средняя напряженность:

$$E_{cp} = \frac{U_\phi}{n \cdot r_0 \cdot \ln\left(\frac{S}{r_\Sigma}\right)} = \frac{288,68}{3 \cdot 1,26 \cdot \ln\left(\frac{1025}{19,38}\right)} = 19,25 \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$$

Максимальная напряженность электрического поля на поверхности провода:

$$E_{\max} = K_V \cdot E_{CP} = 1,0574 \cdot 19,25 = 20,35 \text{ кВ/см}$$

Минимальное расстояние от воздушной ЛЭП до территории жилой зоны, на котором выполняются санитарно-гигиенические требования по шуму:

$$R_{\min} = 10^{0,1 \cdot (16 + 1,14 \cdot E_{\max} + 9 \cdot r_0 + 15 \cdot \lg n + 10 \cdot \lg n_\phi - DV_{LA})} =$$

$$= 10^{0,1 \cdot (16 + 1,14 \cdot 20,35 + 9 \cdot 1,26 + 15 \cdot \lg 3 + 10 \cdot \lg 3 - 45)} = 55,81 \text{ см}$$

Определим размер санитарно-защитной зоны для оптимального шага расщепления. Для определения оптимального шага расщепления выразим максимальную напряженность электрического поля через шаг расщепления

$$E_{\max} = K_V \cdot E_{CP} = \left(1 + (n-1) \cdot \frac{r_0}{r_p}\right) \cdot \left(\frac{U_\phi}{n \cdot r_0 \cdot \ln\left(\frac{S}{r_\Sigma}\right)}\right) =$$

$$= \left(1 + (n-1) \cdot \frac{r_0 \cdot \sqrt{3}}{a}\right) \cdot \left(\frac{U_\phi}{n \cdot r_0 \cdot \ln\left(\frac{S}{\sqrt[n]{n \cdot r_0 \cdot r_p^{n-1}}}\right)}\right) =$$

$$= \left(1 + (3-1) \cdot \frac{r_0 \cdot \sqrt{3}}{a} \right) \cdot \left(\frac{U_\phi}{n \cdot r_0 \cdot \ln \left(\frac{S}{\sqrt[3]{3 \cdot r_0 \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{3}} \right)^2}} \right)} \right)$$

Подставляя найденные ранее значения, получим:

$$E_{\max}(a) = \left(1 + \frac{2,52 \cdot \sqrt{3}}{a} \right) \cdot \left(\frac{288,68}{3,78 \cdot \ln \left(\frac{1025}{\sqrt[3]{1,26 \cdot a^2}} \right)} \right)$$

Оптимальным значением шага расщепления $a_{\text{опт}}$ принимается такое, при котором максимальная напряженность электрического поля становится минимальной, в рассматриваемом случае получим:

$$\min(E_{\max}(a)) = 19,044 \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$$

при $a_{\text{опт}} = 25,856$ см

Определим границу санитарно-защитной зоны линии по шуму для найденного минимального значения E_{\max} :

$$R'_{\min} = 10^{0,1(16+1,1419044+91,26+1,51\lg 3+10\lg 3-45)} = 39,61 \text{ м}$$

Таким образом, принятие оптимального шага расщепления приводит к уменьшению границы санитарно-защитной зоны для воздушной линии по шуму на 29 %:

$$\Delta R = \frac{R_{\min} - R_{\max}}{R_{\min}} \cdot 100\% = \frac{55,81 - 39,61}{55,81} \cdot 100\% = 29\%$$

6 Экономическая часть

6.1 Расчет технико-экономических показателей подстанции

Определение капитальных вложений в строительство подстанции. Определение капитальных вложений в строительство, монтаж подстанции приводится в таблице 6.1

Таблица 6.1 - Составляющие стоимости строительных и монтажных работ, оборудования и прочих затрат по ПС (тыс. тенге.)

Объект	Напря- жение, кВ	Строительные работы	Монтаж	Обору- дование	Прочие затраты
Подстанции					
Открытого типа	110	47982	17593	84769	9596
Итого		159940			

Издержки производства подстанции и прилегающих сетей связаны с затратами на содержание подстанции, распределительных устройств и линий электропередач.

Кроме того, передача и распределение электроэнергии связаны с частичной потерей ее при транспортировке по линиям электропередач и трансформации. Поскольку такие потери связаны с процессом передачи, то их стоимость включается в состав ежегодных издержек:

$$I_{перед} = I_{экс} + I_{ном} \quad (6.1)$$

где $I_{экс}$ - суммарные затраты электросетевых хозяйств энергосистемы на ремонтно-эксплуатационное обслуживание сетей, тенге./год; $I_{ном}$ - суммарная стоимость потерь в сетях системы, тенге./год.

Расчет затрат электросетевых хозяйств на ремонтно-эксплуатационное обслуживание сетей определяется по укрупненным показателям

$$I_{экс} = I_{ам} + I_{об/рем} \quad (6.2)$$

где $I_{ам}$ - ежегодные издержки на амортизацию (реновацию), тенге/год.

$$I_{ам} = \frac{\alpha_{ам}}{100} \cdot K_{ЭС} \quad (6.3)$$

где $\alpha_{ам}$ - нормы отчислений на амортизацию, %/год; $I_{об/рем}$ - издержки на обслуживание и ремонты (капитальный и текущие), тенге/год; $K_{ЭС}$ - стоимость оборудования ПС, млн.тенге.

$$I_{ам} = \frac{6,5}{100} \cdot 84,769 = 5,51 \text{ млн.тенге/год.}$$

$$I_{об/рем} = \frac{\alpha_{об/рем}}{100} \cdot K_{ЭС}, \quad (6.4)$$

где $\alpha_{об/рем}$ - нормы отчислений на обслуживание электрических сетей и ремонты, %/год.

$$I_{об/рем} = \frac{3,3}{100} \cdot 84,769 = 2,797 \text{ млн.тенге/год.}$$

Расчет эксплуатационных издержек сводится в виде таблицы 6.2.

Таблица 6.2 – Эксплуатационные издержки распределения энергии

Элемент	Кап. вложения, млн.тенге	$\alpha_{ам}, \%$	$\alpha_{об}, \%$	$I_{ам},$ млн. тенге/го д	$I_{обсл},$ млн. тенге/год	$I_{экспл},$ млн. тенге/год
ПС 110/10кВ	159,940	6,5	3,3	5,51	2,797	8,307

Переменные потери определяются переменными потерями в трансформаторах подстанции и потерями в активном сопротивлении проводов и кабелей линий.

Значения переменных потерь в трансформаторах находятся по формулам:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{переменТР}} = n \cdot \Delta P_k \cdot \tau \cdot K_3^2 \quad (6.5)$$

где $\Delta P_k = 85$ кВт – потери короткого замыкания;

$K_3^2 = 0,69$ – коэффициент загрузки трансформатора;

τ - годовое время максимальных потерь.

Значения постоянных потерь в трансформаторах находятся по формулам:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{пост.тр-р}} = n \cdot \Delta P_{XX} \cdot 8760 \quad (6.6)$$

где n – количество трансформаторов или автотрансформаторов,

ΔP_{XX} – потери на холостой ход в трансформаторе или автотрансформаторе. Потери составляют 18 кВт.

Значения, полученные при расчете заносятся в таблицу 6.3.

$$I_{\text{пот}} = \Delta \mathcal{E} \cdot C_{\text{пот}} \cdot K_{\text{цен}}, \quad (6.7)$$

где $\Delta \mathcal{E}$ - величина потерь энергии;

$C_{\text{пот}}$ - стоимость 1 кВт-ч потерянной энергии.

Таблица 6.3 - Издержки, связанные с потерями при трансформации энергии

Элемент	Коэфф. загрузки	Переменные потери, МВт-ч	Постоянные потери, МВт-ч	И _{пот.} , млн. тенге/год	Суммарные издержки
Трансформатор	0,69	709,01	315,36	0,07	1024,37

Годовые потери энергии в ЛЭП:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta P_{кор} \cdot 8760 + \Delta P_{max} \cdot \tau, \quad (6.8)$$

где $\Delta P_{кор}$ - среднегодовые потери мощности на корону;
 ΔP_{max} - потери мощности при максимальной нагрузке;
 τ - годовое время максимальных потерь.

Потери мощности на корону определяются по выражению:

$$\Delta P_{кор} = \rho_{уд.кор} \cdot L, \quad (6.9)$$

где $\rho_{уд.кор}$ - потери мощности на корону на 1 км длины ЛЭП 110-500 кВ,
 L - длина ЛЭП.

Потери мощности при максимальной нагрузке определяются по выражению:

$$\Delta P_{max} = \frac{S_{max}^2}{U^2} \cdot \rho \cdot \alpha, \quad (6.10)$$

где S_{max} - мощность, передаваемая по ЛЭП при максимальной нагрузке;
 U - напряжение линии;
 ρ - удельное активное сопротивление линии 10-500 кВ;
 α - коэффициент, учитывающий изменение сопротивления линии при температуре, отличной от 20 С°;

$$I_{\Sigma} = I_{перем} + I_{пост} \quad (6.11)$$

Полная себестоимость передачи электроэнергии по сетям энергосистемы определяется суммарными издержками, связанными с передачей и распределением электроэнергии, и количеством энергии отпущенной потребителю. По структуре тарифа АО «АЖК» Алматинской области следует, что:

$$I_{\Sigma} = 0,251 \cdot 84,769 = 21,27 \text{ млн.тенге}$$

$$S_{перед} = \frac{I_{\Sigma}}{\mathcal{E}_{год}}, \quad (6.12)$$

где $\mathcal{E}_{год}$ – полный объем передаваемой за год электроэнергии при оказании услуг по передаче.

$$\mathcal{E}_{год} = n \cdot K_3 \cdot S_{ном.мп} \cdot \cos \varphi \cdot 5000, \quad (6.13)$$

где n – количество трансформаторов;
 $\cos \varphi$ – коэффициент мощности, принимается равным 0,8;
 $S_{ном.мп}$ – номинальная мощность одного трансформатора.

Как видно из таблицы 6.4 сумма на амортизацию и ремонт составит:
 $18,86 + 6,24 = 25,1 \%$.

Таблица 6.4 – Структура тарифа АО «АЖК»

№	Статьи расходов	Структура, %
I	Затраты на производство товаров и предоставление услуг, всего	88,36
1	Материальные затраты, всего в т.ч.:	4,13
1.1	Сырье, материалы	2,02
1.2	ГСМ	1,59
1.3	Электроэнергия на хоз. нужды	0,53
2	Затраты на оплату труда с отчислениями	22,64
3	Амортизация	18,86
4	Ремонт	6,24
5	Услуги сторонних организаций производственного характера	0,52
6	Прочие затраты	3,62
7	Стоимость потерь	32,35
II	Расходы периода, всего	8,41
8	Общие административные расходы	8,41
III	Всего зарплат	96,77
IV	Прибыль	3,23

$$\mathcal{E}_{год} = 2 \cdot 0,69 \cdot 16 \cdot 0,8 \cdot 5000 = 88,32 \text{ млн. кВт}\cdot\text{ч.}$$

Тогда себестоимость оказания услуг по передаче 1 кВт·ч электроэнергии через подстанцию равна:

$$S_{\text{ПЕРЕД}} = \frac{21,27}{88,32} = 0,241 \text{ тенге/кВт}\cdot\text{ч.}$$

Полная себестоимость передачи электроэнергии по сетям энергосистемы складывается из стоимости энергии энергопроизводящей

организации (4,99 тенге), тарифа на передачу по сетям НЭС (2 тенге), тарифа районной электросетевой компании (7 тенге) и себестоимости передачи энергии по сетям ТОО "Энергия"

$$T_{\text{ТОО "Энергия"}} = S_{\text{перед}} + 0,1 \cdot S_{\text{перед}}, \quad (6.14)$$

$$T_{\text{ТОО "Энергия"}} = 0,241 + 0,1 \cdot 0,241 = 0,265 \text{ тенге/кВт} \cdot \text{ч.}$$

Тариф на электроэнергию ТОО "Энергия" для предприятия:

$$T_3 = S_{\text{ЭО}} + T_{\text{НЭС}} + T_{\text{РЭК}} + T_{\text{ТОО "Энергия"}} = 4,99 + 2 + 7 + 0,265 = 14,255 \text{ тенге/кВт} \cdot \text{ч.}$$

Средний тариф на электроэнергию в Алматинской области составляет 14,75 тенге/кВт·ч. Тариф на электроэнергию ТОО "Энергия" принимается равным 14,255тенге/кВт·ч. Тогда разница составит $14,75 - 14,255 = 0,495$ тенге/кВт·ч.

При неравномерном поступлении доходов срок окупаемости определяют прямым подсчетом числа лет (месяцев), в течение которых доходы возместят инвестиционные затраты в проект, т.е. доходы сравниваются с расходами. Инвестиции в проект окупятся за 3,5года.

Таблица 6.5 – Прибыль от продаж электроэнергии

Год а	Коэфф. загрузки, %	$\mathcal{E}_{\text{год}}$, млн.кВт·ч	$S_{\text{перед}}$, тенге/кВт·ч	$T_{\text{ТОО "Энергия"}}$	Тариф	Разниц а	Чистая прибыль
1	0	0	0	0	0	0	0
2	69	88,32	0,241	0,265	14,255	0,495	48,486

Объем реализации (стоимость реализованной электроэнергии) возрастает ежегодно в соответствии с освоением нагрузки и определяется как:

$$O_{p,t} = C_{\text{ЭЭ}} \cdot (\gamma \cdot \mathcal{E}_t - \Delta \mathcal{E}_{\text{ном.т}}) \quad (6.18)$$

где $C_{\text{ЭЭ}}$ - цена на электроэнергию;

γ - коэффициент долевого участия;

\mathcal{E}_t - объем переданной ЭЭ, в зависимости от освоения нагрузки и имеет зависимость:

$$\mathcal{E}_t = k_{\text{осв.т}} \cdot \mathcal{E}; \quad (6.19)$$

$\Delta \mathcal{E}_{\text{ном.т}}$ – потери ЭЭ в рассматриваемой сети, в зависимости от освоения нагрузки имеет зависимость:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{ном.т}} = \Delta \mathcal{E}_{\text{ном.с}} + k_{\text{осв.т}}^2 \cdot \Delta \mathcal{E}_{\text{перем}}, \quad (6.20)$$

6.2 Показатели финансово-экономической эффективности инвестиций

В качестве основных показателей и критериев финансово-экономической эффективности инвестиций в условиях рыночных отношений используются простые показатели:

- простая норма прибыли - простая норма рентабельности инвестиций; сравнение расчетной величины с минимальным или средним уровнем доходности приводит к заключению о целесообразности дальнейшего анализа данного проекта;
- простой срок окупаемости капитальных вложений; представляет собой период времени, в течении которого сумма чистых доходов покрывает инвестиции, определяет период в течении которого объект будет работать на "себя", т.е. получаемый объем чистого дохода засчитывается как возврат первоначально инвестированного капитала;
- срок предельно-возможного полного возврата банковских кредитов и процентов по ним; определяет период в течении которого полностью возвращаются банковские ссуды за счет дохода от реализации продукции.

Интегральные показатели:

- чистый дисконтированный доход; расчет этого показателя производится дисконтированием чистого потока платежей; критерием финансовой эффективности инвестиций в сооружение объекта является условие: $\mathcal{E}_д > 0$, тогда доходность инвестиций превышает величину среднего норматива;
- внутренняя норма доходности; определяется значением нормы дисконтирования, при котором чистый дисконтированный доход становится равным нулю; критерием эффективности инвестиций в сооружение проектируемого объекта служит условие превышения внутренней нормы доходности над средней величиной норматива дисконтирования: $E_{\text{вн}} > E_{\text{ср}}$;
- срок окупаемости дисконтированных затрат; характеризует период, в течение которого полностью возмещаются дисконтированные капитальные вложения за счет чистого дохода, получаемого при эксплуатации объекта; критерием экономической эффективности инвестиций в сооружение объекта служит выражение $T_{\text{ок}} < T_{\text{р}}$.

Показатель чистого приведенного дохода (NetPresentValue, NPV) позволяет сопоставить величину капитальных вложений (InvestedCapital, IC) с общей суммой чистых денежных поступлений, генерируемых ими в течение прогнозного периода, и характеризует современную величину эффекта от будущей реализации инвестиционного проекта. Поскольку

приток денежных средств распределен во времени, он дисконтируется с помощью коэффициента r . Коэффициент r устанавливается, как правило, исходя из цены инвестированного капитала.

Чистая приведенная стоимость проекта является важнейшим критерием, по которому судят о целесообразности инвестирования в данный проект. Для определения чистого приведенного дохода необходимо спрогнозировать величину финансовых потоков в каждый год проекта, а затем привести их к общему знаменателю для возможности сравнения во времени. Чистая приведенная стоимость определяется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (6.21)$$

где I_0 – инвестиции в данный проект, млн. тг.,

CF_t – поток наличности, млн. тг.,

r – ставка дисконтирования,

t – время реализации проекта, год.

Расчет ведется до первого положительного значения NPV, т.е. до 4-го года. NPV больше нуля, следовательно, при данной ставке дисконтирования проект является выгодным для предприятия, поскольку генерируемые им приток дохода превышают норму доходности в настоящий момент времени.

Под внутренней нормой прибыли инвестиционного проекта (Internal Rate of Return, IRR) понимают значение коэффициента дисконтирования r , при котором NPV проекта равен нулю:

$$NPV = 0 \rightarrow npi \rightarrow IRR = r \quad (6.22)$$

Оценка ВНП (IRR) имеет следующие свойства:

- 1) не зависит от вида денежного потока;
- 2) нелинейная форма зависимости;
- 3) представляет собой убывающую функцию;
- 4) не обладает свойством аддитивности.

Экономический смысл критерия IRR заключается в следующем: IRR показывает максимально допустимый относительный уровень расходов по проекту. В то же время предприятие может реализовывать любые инвестиционные проекты, уровень рентабельности которых не ниже текущего значения показателя цены капитала.

Рассчитывается IRR для $r = 10\%$ банковского процента.

1 год $PV = 53,896 \cdot 0,91 = 49,045$ млн.тенге,

$NPV = -159,94 + 49,045 = -110,895$ млн.тенге

2 год $PV = 53,896 \cdot 0,83 = 44,734$ млн.тенге,

$NPV = -110,895 + 44,734 = -66,161$ млн.тенге

3 год $PV = 53,896 \cdot 0,75 = 40,422$ млн.тенге,
 $NPV = -66,161 + 40,422 = -25,739$ млн.тенге

4 год $PV = 53,896 \cdot 0,68 = 36,649$ млн.тенге,
 $NPV = -25,739 + 36,649 = 10,91$ млн.тенге

5 год $PV = 53,896 \cdot 0,62 = 33,415$ млн.тенге,
 $NPV = 10,91 + 33,415 = 44,325$ млн.тенге.

6 год $PV = 53,896 \cdot 0,56 = 30,182$ млн.тенге,
 $NPV = 44,325 + 30,182 = 74,507$ млн.тенге

7 год $PV = 53,896 \cdot 0,51 = 27,487$ млн.тенге,
 $NPV = 74,507 + 27,487 = 101,994$ млн.тенге

8 год $PV = 53,896 \cdot 0,47 = 25,331$ млн.тенге,
 $NPV = 101,994 + 25,331 = 127,325$ млн.тенге

9 год $PV = 53,896 \cdot 0,42 = 22,636$ млн.тенге,
 $NPV = 127,325 + 22,636 = 149,961$ млн.тенге

10 год $PV = 53,896 \cdot 0,39 = 21,019$ млн.тенге,
 $NPV = 149,961 + 21,019 = 171,23$ млн.тенге

Все значения рассчитываются аналогично и заносятся в таблицу 6.6.

Таблица 6.6 - Определение NPV и IRR

годы	CF	R, 10%	PV
0	-159,94	1	-159,94
1	53,896	0,91	49,01
2	53,896	0,83	44,54
3	53,896	0,75	40,49
4	53,896	0,68	36,81
5	53,896	0,62	33,47
6	53,896	0,56	30,42
7	53,896	0,51	27,66
8	53,896	0,47	25,14
9	53,896	0,42	22,86
10	53,896	0,39	20,78
NPV			171,23
PI			2,07
IRR			0,32

Метод расчёта внутренней нормы прибыли. Внутренняя норма прибыли определяется как ставка процента, при которой величина

инвестиций равна величине текущей ценности будущих денежных поступлений.

Из приведенных расчетов видно, что срок окупаемости инвестиций составило 4 лет.

$$\begin{aligned} PV &= -159,94 + 53,896 \cdot 0,91 + 53,896 \cdot 0,83 + 53,896 \cdot 0,75 + 53,896 \cdot 0,68 + 53,896 \cdot 0,62 + \\ & 53,896 \cdot 0,56 + 53,896 \cdot 0,51 + 53,896 \cdot 0,46 + 53,896 \cdot 0,42 + 53,896 \cdot 0,38 \\ & = 171,23 \text{ млн. тенге} \end{aligned}$$

Индекс рентабельности, PI, представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине инвестиционных затрат и рассчитывается по формуле:

$$PI = \left(\sum_{t=1}^n \frac{PV_t}{(1+r)^t} \right) / K_0 \quad (6.23)$$

Если: $PI > 1$, то проект следует принять, $PI < 1$, то проект следует отклонить, $PI = 1$, то проект ни прибыльный, ни убыточный. Индекс рентабельности в отличие от чистого приведенного эффекта является относительным показателем. PI следует считать уже по времени расчета t, когда NPV положительный.

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{PV / (1+r)^t}{K_0} = \frac{170,44 / 0,47}{159,94} = 2,3.$$

Строительство можно считать экономически целесообразным, так как $PI > 1$, технико – экономическое обоснование строительства подстанции показало, что необходимые суммарные капиталовложения, составляют 159,94 млн. тенге, дисконтированная стоимость составляет 171,23 млн. тенге окупятся за 4 года.

Заключение

В дипломной работе изложены технические решения задачи по повышению безопасности персонала с целью уменьшения травматизма и профессиональных заболеваний на энергетических объектах.

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1) Дана подробная характеристика опасных и вредных факторов, связанных с эксплуатацией электрооборудования электрических сетей, где могут происходить воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и шума на обслуживающий персонал;

2) Приведены разные виды воздействия электрического тока на организм человека: характерные местные электро травмы, степень электрических ударов и основные факторы воздействия электрического тока, возможные схемы включения человека в цепь тока, а также защитные меры от поражения электрическим током;

3) Приведены характеристика акустических шумов в шумы, создаваемые электроустановками. Действие шума на человека и их нормирование. Расчёт уровней шума, создаваемый трансформаторами на открытой территории. Мероприятия по защите от шума, создаваемого ТМ. Шум, создаваемый воздушной линией электропередачи. Расчёт уровней шума, создаваемого ВЛЭП

4) Проведен систематический анализ травматизма на предприятиях энергетики за длительный период, позволивший количественно получить следующие основные показатели: динамику общего и смертельного производственного травматизма; коэффициенты частоты общего и смертельного травматизма; распределение общего и смертельного травматизма по регионам Казахстана; а также соотношение между технологическими нарушениями в целом и количеством технологических нарушений, произошедших по вине персонала.

Список литературы

1. Кукин П.П., Лапин Н.Л., Пономарев Н.Л. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. – М.: Высшая школа. 2002.-317 с.
2. Раздорожный А.А. Безопасность производственной деятельности: Учеб.пособ.- М.: ИНФРА –М, 2003-208 с.
3. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. Пособие для вузов / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. М.: Вышш. Шк. , 2007. -335.
4. Анализ и оценка риска производственной деятельности: Учеб.пособие /П.П. Кукин, В.Н. Шлыков, Н.Л. Пономарев и др. – М: Вышш. Шк., 2007-328с.
5. Безопасность жизнедеятельности: учебн. пособие для студ. высш. Учеб.заседаний /В.Н. Павлов, В.А. Буканин, А.Е. Зенков и др./ . – М.: Издательский центр «Академия», 2008.-336 с.
6. Человеческий фактор в обеспечении безопасности и охраны труда: Учеб.пособие / П.П. Кукин, Н.Л. Пономарев, В.М. Топов и др. – М.: Высшая школа, 2008, 2008. – 317 с.
7. Безопасность жизнедеятельности /Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2008. – 348 с.
8. КОТИК М.А. К изучению психологических причин травматизма //Безопасность труда в промышленности. - 1979 - №12. - с.44-45.
9. Козлов В.И. Методология охраны труда в человеко-машинных системах. Рига «Зинатне», 1989. 183 с.
10. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности.Москва ГНТП «Безопасность», МИБ СТС.-1996. 424 с.
11. Супаков Н.К. Методика оценки безопасности оборудования на основе моделирования возможного поражения человека в процессе труда и определения уровня безопасности //Проблемы охраны труда : Тез. Докл. 3-й Всесоюз.Межвуз. Конф. - КишиневГШтинца, 1978 . -с 42-43.
12. Значение психофизиологических факторов в работе диспетчерского персонала энергосистемы /Г.И.Берсенева, Е.И. Игнатова, В.М.Левин, А. В.Вш.Южевич // Энергетик 1972№11 с. 1416.
13. Александров, Г.Н. О безопасности воздушных линий электропередачи переменного тока ультравысокого напряжения [Текст] / Г.Н. Александров, Т.В. Лисочкина, Т.В. Комисарчик // Известия ВУЗов. Энергетика. - 1975. - №5.-С. 46-50
14. Александров, Г.Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды [Текст] / Г.Н. Александров. - Д.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. - 360 с.

15. Анализ повреждений здоровья персонала электроустановок напряжением 500 кВ [Текст] / И.С. Окраинская, А.И. Сидоров, Э.М. Красильникова и др. // Электробезопасность. - 1997. - № 3-4. - С. 5-12.
16. Анализ факторов, определяющих условия труда персонала электроустановок 500 кВ [Текст] / И.С. Окраинская, М.В. Гареев, А.И. Сидоров, В.Д. Куфельд // Электрические станции. - 1999. - № 5. - С. 46-49.
17. Влияние электрического поля, создаваемого электроустановками высокого напряжения переменного тока, на организм человека. [Текст] / Т.И. Кривова, В.В. Луковкин, Ю.А. Морозов и др. // Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС вып. 108. - М.: Профиздат. - 1977. - С. 33-39.
18. Влияние электроустановок высокого напряжения на окружающую среду [Текст]: Переводы докладов Международной конференции по большим электрическим системам (СИГРЭ-84) / Под ред. Ю.П. Шкарина, С. Я. Петрова. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 264 с.
19. Влияние электроустановок высокого напряжения на окружающую среду [Текст]: Переводы докладов Международной конференции по большим электрическим системам (СИГРЭ-86) / Под ред. Ю.П. Шкарина. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 104 с.
20. Влияния электроустановок высокого напряжения на окружающую среду (СИГРЭ-76) [Текст] / Под ред. Ю.П. Шкарина. - М.: Энергия, 1979. - 112 с.
21. Гареев, М.В. Система индивидуального учета уровня воздействия электрического поля на персонал межсистемных электрических сетей [Текст] : Дис. ... канд. тех. наук / Гареев Михаил Вячеславович. - Челябинск, 2001. - 108 с.
22. Долин, П.А. Основы техники безопасности в электроустановках [Текст] / П.А. Долин. - М. Энергия, 1979. - 408с.
23. Ветошкин А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск. – Пенза: Изд-во ПГУАиС, 2003. - с.: ил., 24 библиогр.-155с.
24. ГОСТ 12.2.024-87. ССБТ. Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля.
25. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
26. Складов Н.Е., Рузняев Е.С., Волков В.В. Электробезопасность: Учебное пособие для студентов по курсу “Электробезопасность” – Пенза-2004. -208 с

Приложение А

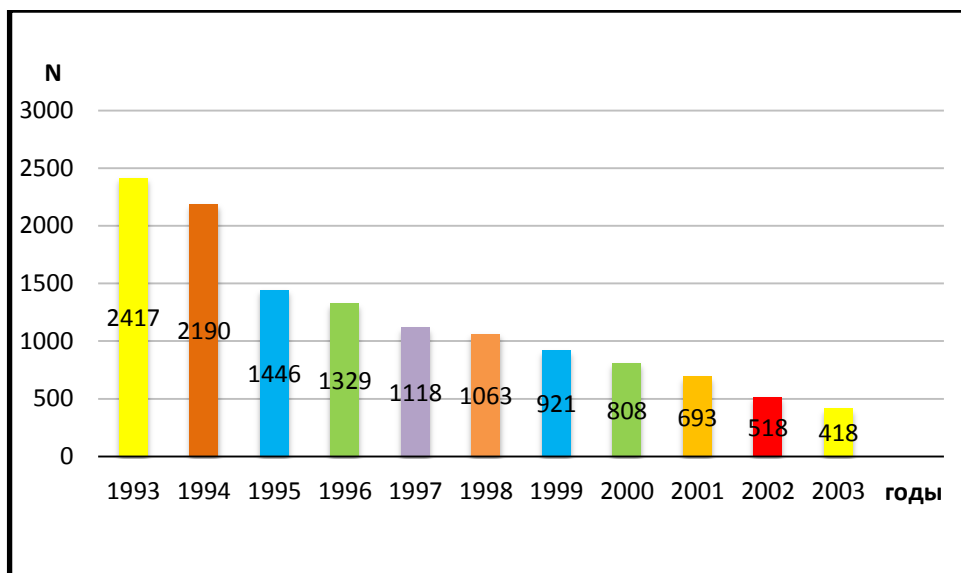


Рисунок А.1 -Общее число пострадавших в электроэнергетике

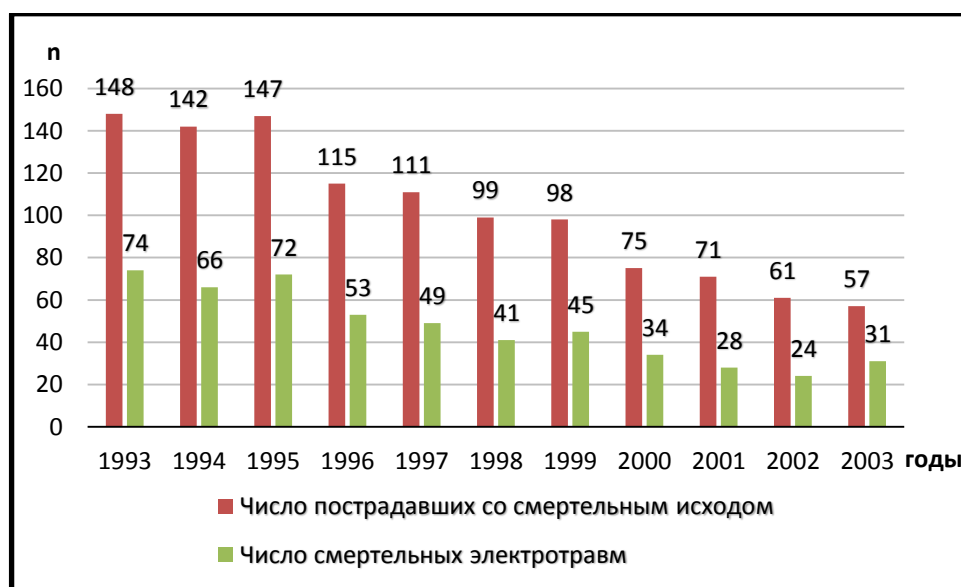


Рисунок А.2 –Динамика числа пострадавших со смертельным исходом

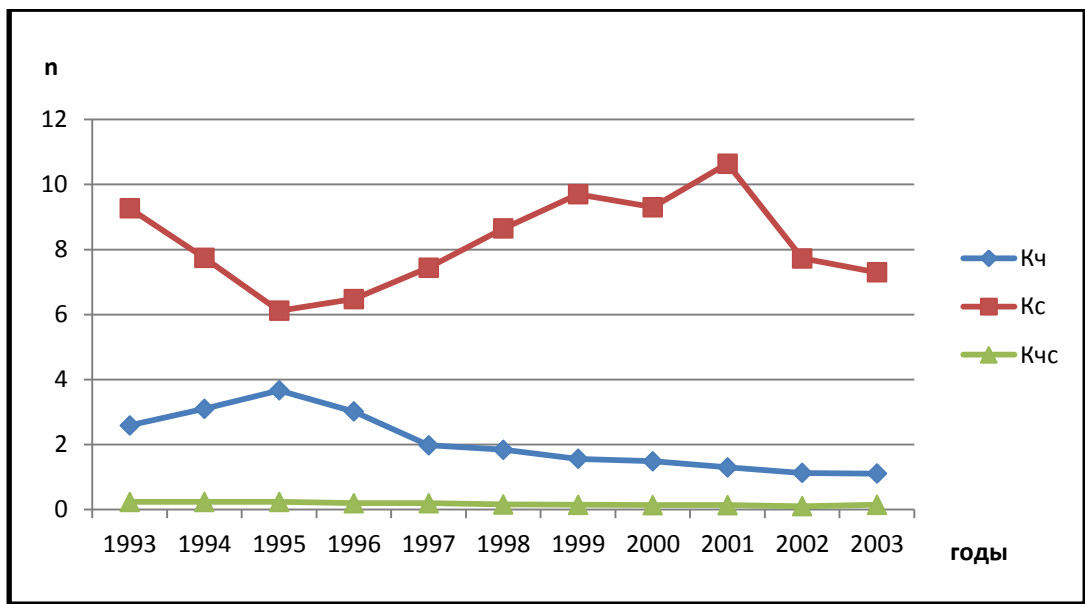


Рисунок А.3 -Динамика значения коэффициентов, характеризующих состояниеи тяжесть травматизма

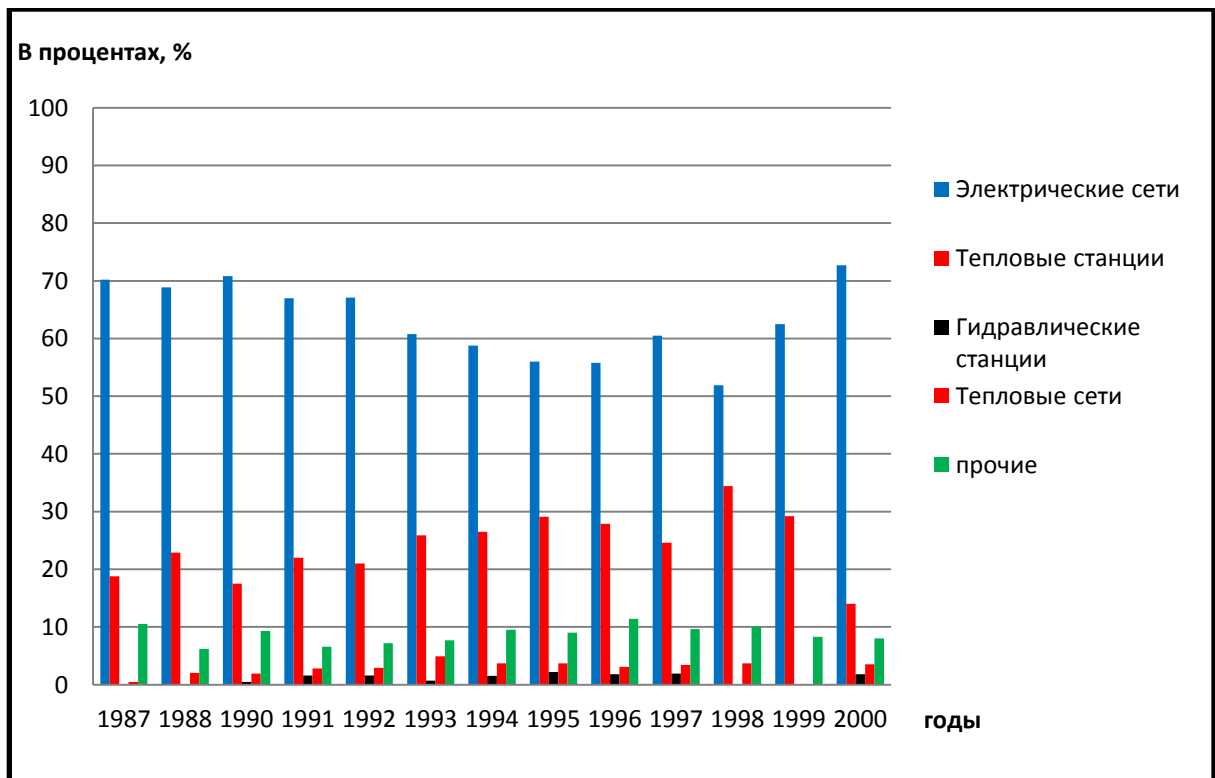


Рисунок А.4 –Динамика несчастных случаев по месту происшестввия

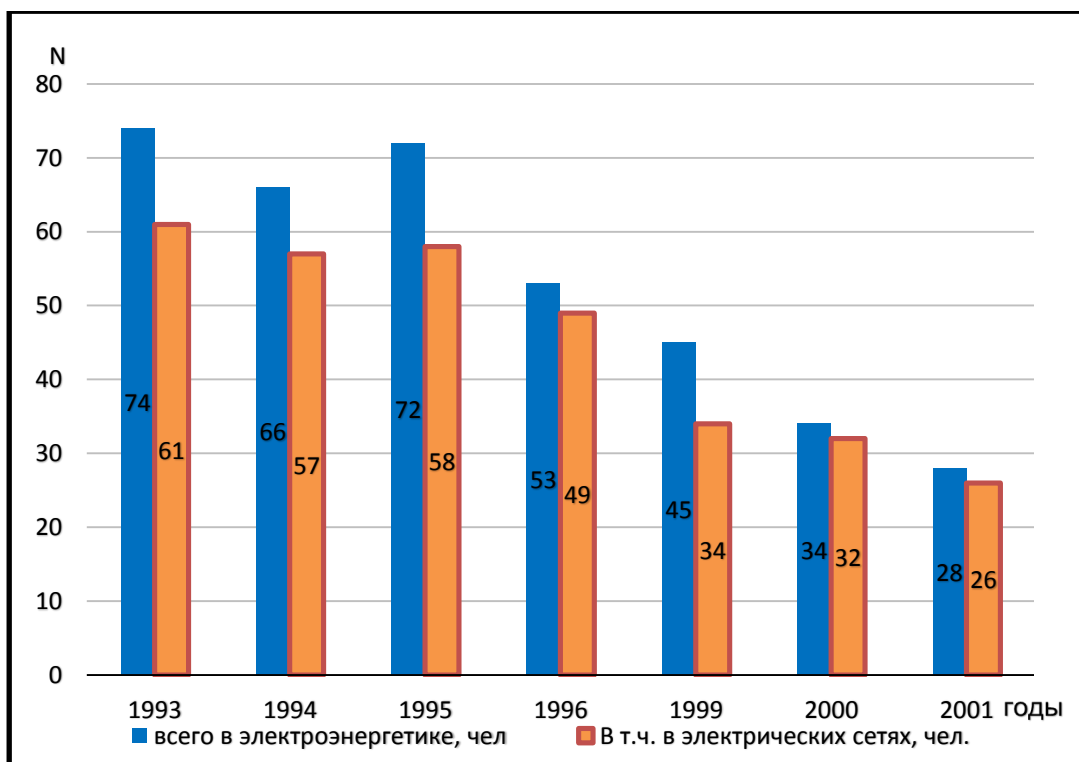


Рисунок А.5 –Смертельныйэлектротравматизм в электрических сетях

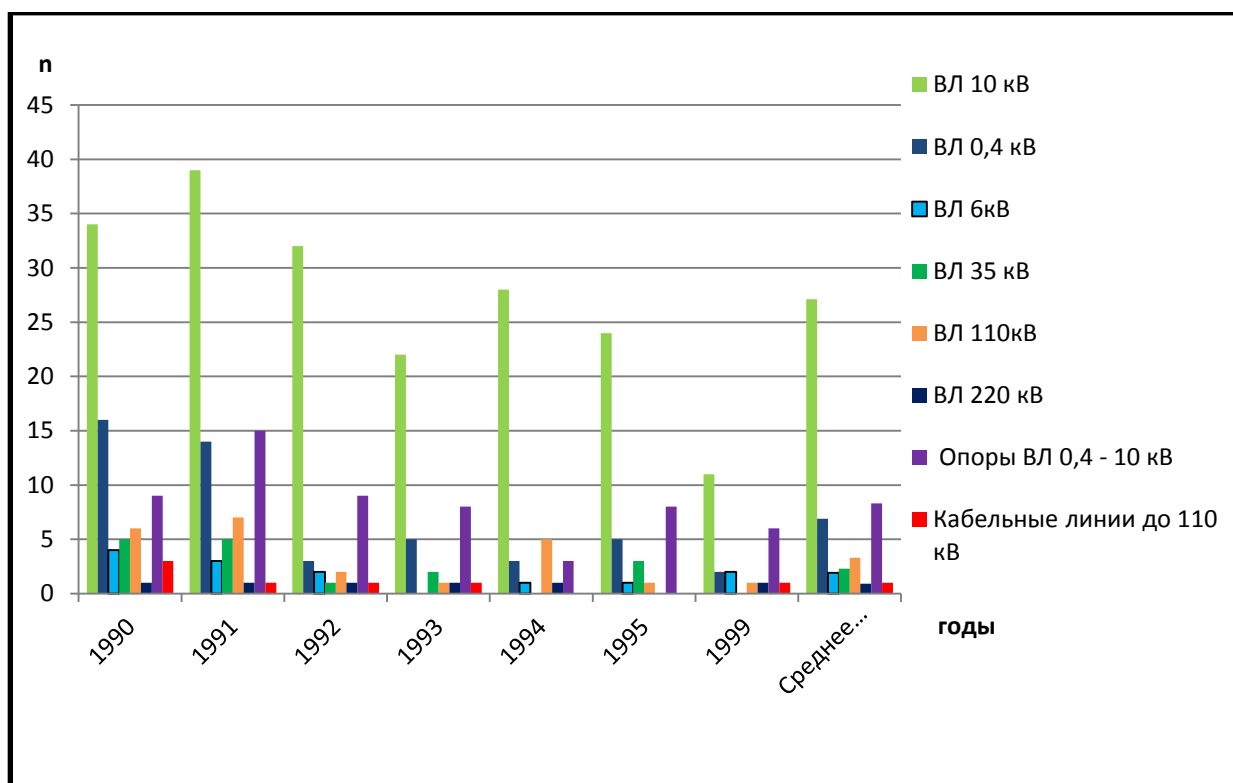


Рисунок А.6 -Число смертельных травм на ВЛ различного напряжения

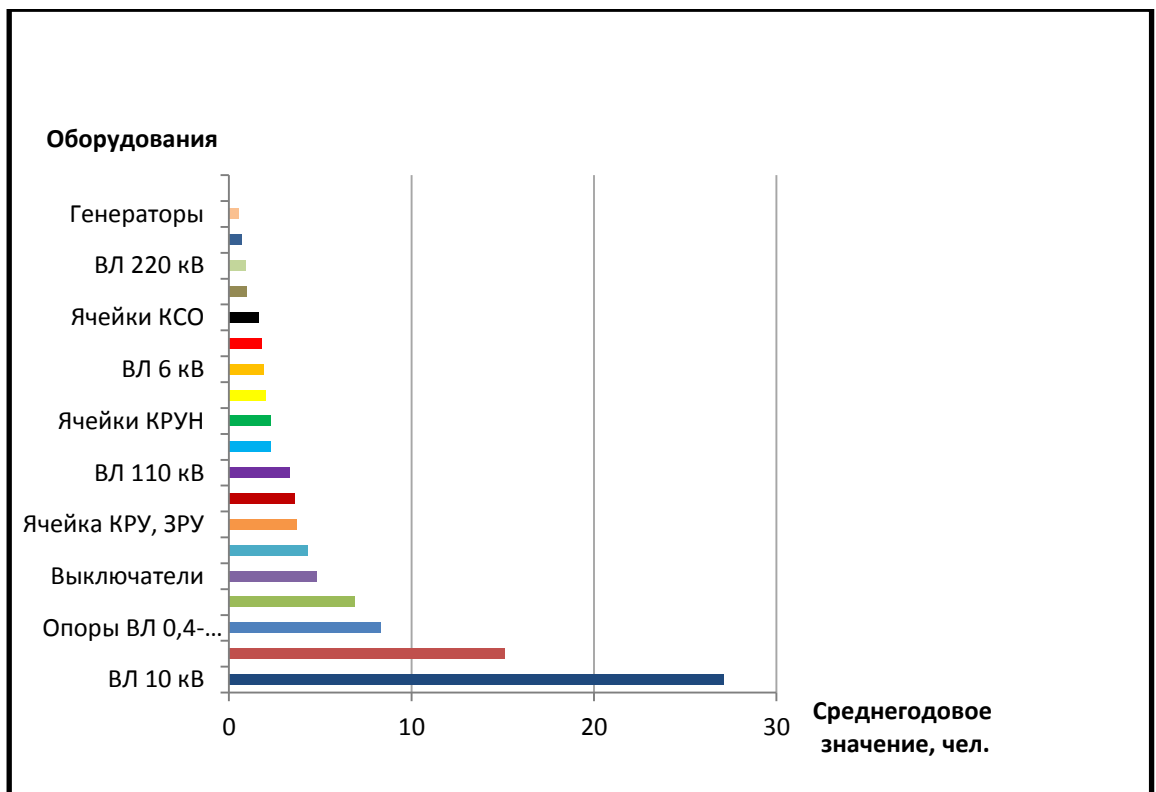


Рисунок А.7 - Динамика результатов анализа травмопасности различных видов электрооборудования

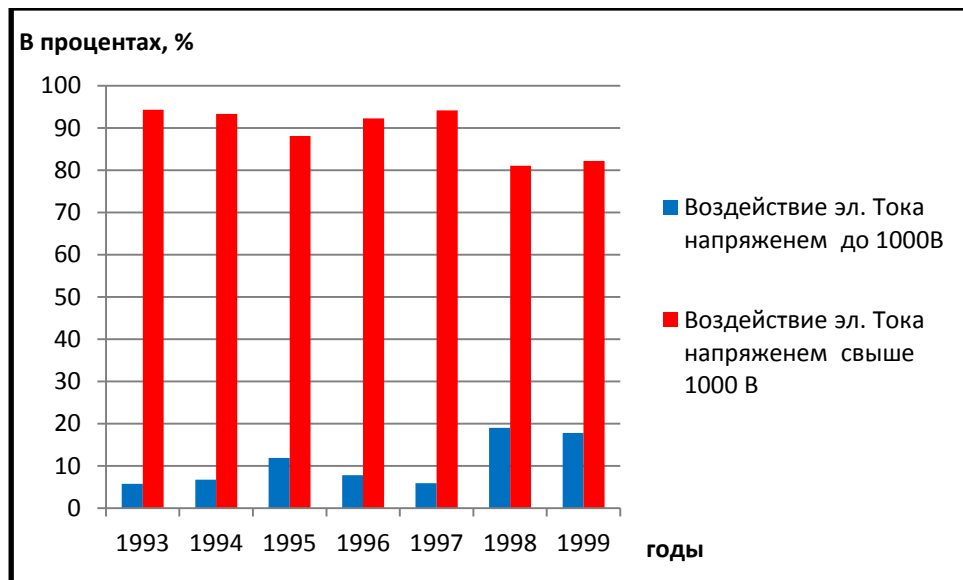


Рисунок А.8-Динамика несчастных случаев из-за поражения электротоком

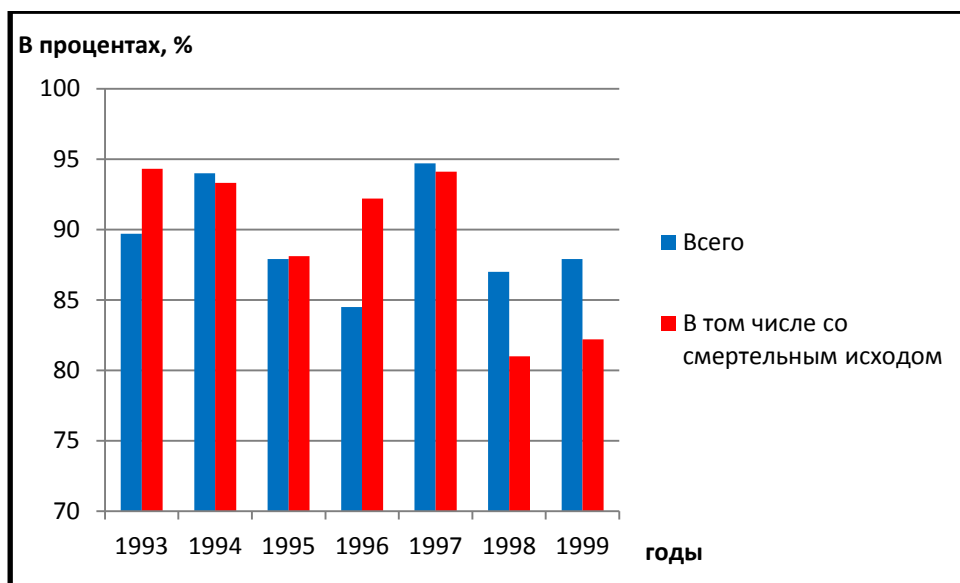


Рисунок А.9 -Динамика воздействие электрического тока напряжением свыше 1000 В