

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем электроснабжения

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Исследование вероятности возникновения аварийных ситуаций на объектах
электроэнергетики

Обучающийся

Р.В. Лець

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, Ю.В. Черненко

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ аварийности.....	5
1.1 Атомные станции	20
1.2 Объекты химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности.....	24
1.3 Metallургические и коксохимические производства и объекты.....	26
1.4 Объекты тепло- и электроэнергетики, другие опасные производственные объекты, на которых используется оборудование, работающее под давлением.....	28
1.5 Объекты, на которых используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы и подъемные сооружения	31
1.6 Объекты ведения горных работ	35
1.7 Электрические станции и сети, электроустановки потребителей	38
2 Определение вероятности возникновения аварий.....	42
2.1 Индекс опасности.....	42
2.2 Надежность	47
2.3 Основы промышленной безопасности.....	47
2.4 Разработка декларации промышленной безопасности	48
2.5 Анализ риска аварий	50
2.6 Рекомендация методики вероятности возникновения аварийных ситуаций на объектах электроэнергетики	54
3 Методика вероятности возникновения аварийных ситуаций на объектах электроэнергетики.....	59
Заключение	65
Список используемой литературы и используемых источников.....	67

Введение

С увеличением населения, ростом городов и развитием промышленности, появляются новые заводы и предприятия, происходит наращивание мощностей, увеличивается количество оборудования, усложняются производственные процессы. Все это приводит к тому, что увеличивает вероятность возникновения аварийных ситуаций на объектах электроэнергетики [17, 26].

«К объектам электроэнергетики относятся объекты, на которых осуществляется:

- производство электрической и тепловой энергии;
- передача электрической и тепловой энергии;
- сбыт и потребление электрической и тепловой энергии;
- оперативно-диспетчерское управление» [24].

«Работа объектов электроэнергетики осуществляется за счет объектов электросетевого хозяйства. К ним относятся линии электропередачи, трансформаторные и иные подстанции, распределительные пункты и иное предназначенное для обеспечения электрических связей и осуществления передачи электрической энергии оборудование» [23].

«Для недопущения аварийных ситуаций на объектах энергетики разрабатываются комплексы мер для обеспечения:

- должного технического состояния электрооборудования;
- надежной работы всех элементов системы;
- промышленной безопасности объектов электроэнергетики» [19].

Обеспечение промышленной безопасности — одна из важнейших задач, которая стоит перед человечеством. Она зависит от технического состояния электрооборудования и от того насколько это оборудование надежно, так же не малую роль играет оперативно-диспетчерское управление. Ежегодно в России происходит тысячи аварийных ситуаций, которые могут повлечь за собой катастрофу (далее, крупную аварию - повлекшую за собой гибель людей или крупные финансовые потери, будем называть катастрофой) [4, 25]. Примером

такой катастрофы может быть авария, которая произошла в г. Москва 25 мая 2005 г., в результате которой на несколько часов была отключена подача электроэнергии в несколько районов Москвы, Подмосковья, а также Тульской, Калужской и Рязанской областей. В зону отключения электроэнергии попали 6,5 млн человек, несколько десятков тысяч человек оказались заблокированы в остановившихся поездах московского метро и лифтах, было нарушено железнодорожное сообщение и парализована работа многих коммерческих и государственных организаций [32].

Причиной этой катастрофы явилось оборудование, которое не отвечало требуемыми техническим параметрам, было не надежно, поэтому повлияло на промышленную безопасность. Из этого можно сделать вывод, что необходимо постоянно проводить контроль состояния электрооборудования, убеждаться в надежности данного оборудования, вовремя проводить техническое обслуживание или его замену, для недопущения аварийных ситуаций на объектах электроэнергетики.

Целью данной работы является разработка методики по обследованию электрооборудования используемого на опасном производственном объекте, для недопущения возникновения аварийных ситуаций.

Задачи:

- Провести анализ аварийности объектов электроэнергетики.
- Определить вероятность возникновения аварий.
- Доказать необходимость данной методики.
- Выполнить разработку методики.

1 Анализ аварийности

Основными приемниками электроэнергии являются промышленные предприятия, на которых добываются, изготавливаются, перерабатываются и утилизируются все окружающие нас предметы. «Промпредприятия разделяются на опасные производственные объекты (ОПО) и не опасные производственные объекты. К категории ОПО относятся объекты, на которых:

- Получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества следующих видов: воспламеняющиеся; окисляющие вещества; горючие вещества; взрывчатые вещества; токсичные вещества; высокотоксичные вещества; вещества, представляющие опасность для окружающей среды.
- Используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля: пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии); воды при температуре нагрева более 115 °С; иных жидкостей при температуре, превышающей температуру их кипения при избыточном давлении 0,07 мегапаскаля.
- Используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы (за исключением лифтов, подъемных платформ для инвалидов), эскалаторы в метрополитенах, канатные дороги, фуникулеры.
- Получаются, транспортируются, используются расплавы черных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 килограммов и более.
- Ведутся горные работы (за исключением добычи общераспространенных полезных ископаемых и разработки россыпных месторождений полезных ископаемых, осуществляемых открытым

способом без применения взрывных работ), работы по обогащению полезных ископаемых.

- Осуществляется хранение или переработка растительного сырья, в процессе которых образуются взрывоопасные пылевоздушные смеси, способные самовозгораться, возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также осуществляется хранение зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья, склонных к самосогреванию и самовозгоранию» [35].

«Опасные производственные объекты в зависимости от уровня потенциальной опасности аварий на них для жизненно важных интересов личности и общества подразделяются в соответствии с критериями, которые классифицируются на четыре класса опасности:

- I класс опасности – опасные производственные объекты чрезвычайно высокой опасности;
- II класс опасности – опасные производственные объекты высокой опасности;
- III класс опасности – опасные производственные объекты средней опасности;
- IV класс опасности – опасные производственные объекты низкой опасности» [35].

Классификация критериев опасных производственных объектов по четырем классам опасности приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация критериев опасных производственных объектов по четырем классам опасности

Категории ОПО	Классы опасности			
	I	II	III	IV
<p>«Получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются в количествах опасные вещества следующих видов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – воспламеняющиеся вещества газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися, и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 градусов Цельсия или ниже; – окисляющие вещества - вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции; – горючие вещества - жидкости, газы, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления» [35]; 	<p>«Классы опасности опасных производственных объектов, устанавливаются исходя из количества опасного вещества или опасных веществ, которые одновременно находятся или могут находиться на опасном производственном объекте» [35].</p>			

Продолжение таблицы 1

Категории ОПО	Классы опасности			
	I	II	III	IV
<p>– «взрывчатые вещества - вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;</p> <p>– токсичные вещества - вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики: средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 миллиграммов на килограмм до 200 миллиграммов на килограмм включительно; средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 миллиграммов на килограмм до 400 миллиграммов на килограмм включительно; средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 миллиграмма на литр до 2 миллиграммов на литр включительно» [35];</p>				

Продолжение таблицы 1

Категории ОПО	Классы опасности			
	I	II	III	IV
<p>– «высокотоксичные вещества - вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики: средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 миллиграммов на килограмм; средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 миллиграммов на килограмм; средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 миллиграмма на литр;</p> <p>– вещества, представляющие опасность для окружающей среды, вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности: средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов не более 10 миллиграммов на литр; средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, не более 10 миллиграммов на литр; средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов не более 10 миллиграммов на литр» [35].</p>				

Продолжение таблицы 1

Категории ОПО	Классы опасности			
	I	II	III	IV
«Для объектов по хранению химического оружия, объектов по уничтожению химического оружия и опасных производственных объектов спецхимии» [35].	устанавливается I класс опасности	-	-	-
«Для опасных производственных объектов бурения и добычи нефти, газа и газового конденсата устанавливаются следующие классы опасности» [35].	-	«для опасных производственных объектов, опасных в части выбросов продукции с содержанием сернистого водорода свыше 6 процентов объема такой продукции» [35]	«для опасных производственных объектов, опасных в части выбросов продукции с содержанием сернистого водорода от 1 процента до 6 процентов объема такой продукции» [35]	«для опасных производственных объектов, не указанных в предыдущих классах» [35]
«Для газораспределительных станций, сетей газораспределения и сетей газопотребления устанавливаются следующие классы опасности» [35].	-	«для опасных производственных объектов, предназначенных для транспортировки природного газа под давлением свыше 1,2 мегапаскаля или сжиженного углеводородного газа под давлением свыше 1,6 мегапаскаля» [35]	«для опасных производственных объектов, не указанных в предыдущих классах» [35]	-

Продолжение таблицы 1

Категории ОПО	Классы опасности			
	I	II	III	IV
<p>«Используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии); – воды при температуре нагрева более 115 градусов Цельсия; – иных жидкостей при температуре, превышающей температуру их кипения при избыточном давлении 0,07 мегапаскаля» [35]. 	-	-	<p>«для опасных производственных объектов, осуществляющих теплоснабжение населения и социально значимых категорий потребителей, определяемых в соответствии с законодательством РФ в сфере теплоснабжения, а также иных опасных производственных объектов, на которых применяется оборудование, работающее под избыточным давлением 1,6 мегапаскаля и более или при температуре рабочей среды 250 градусов Цельсия и более» [35]</p>	<p>«для опасных производственных объектов, не указанных в предыдущих классах» [35]</p>

Продолжение таблицы 1

Категории ОПО	Классы опасности			
	I	II	III	IV
«Используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы (за исключением лифтов, подъемных платформ для инвалидов), эскалаторы в метрополитенах, канатные дороги, фуникулеры» [35].	-	-	«для подвесных канатных дорог» [35]	«для опасных производственных объектов, не указанных в предыдущих классах» [35]
«Получаются, транспортируются, используются расплавы черных и цветных металлов, сплавы на основе этих расплавов с применением оборудования, рассчитанного на максимальное количество расплава 500 килограммов и более» [35].	-	«для опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, рассчитанное на максимальное количество расплава 10000 килограммов и более» [35]	«для опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, рассчитанное на максимальное количество расплава от 500 до 10000 килограммов» [35]	-

Продолжение таблицы 1

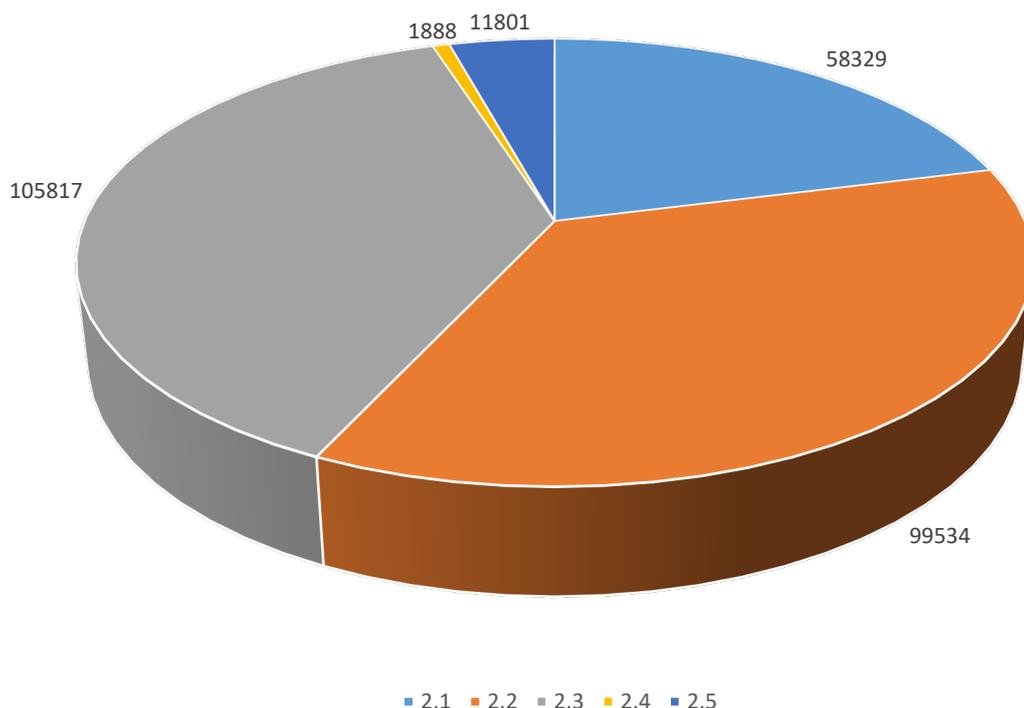
Категории ОПО	Классы опасности			
	I	II	III	IV
«Ведутся горные работы (за исключением добычи общераспространенных полезных ископаемых и разработки россыпных месторождений полезных ископаемых, осуществляемых открытым способом без применения взрывных работ), работы по обогащению полезных ископаемых» [35].	«для шахт угольной промышленности, а также иных объектов ведения подземных горных работ на участках недр, где могут произойти: взрывы газа и (или) пыли; внезапные выбросы породы, газа и (или) пыли; горные удары; прорывы воды в подземные горные выработки» [35]	«для объектов ведения подземных горных работ, не указанных в предыдущем классе, для объектов, на которых ведутся открытые горные работы, объем разработки горной массы которых составляет 1 миллион кубических метров в год и более, для объектов переработки угля (горючих сланцев)» [35]	«для объектов, на которых ведутся открытые горные работы, объем разработки горной массы которых составляет от 100 тысяч до 1 миллиона кубических метров в год, а также объектов, на которых ведутся работы по обогащению полезных ископаемых (за исключением объектов переработки угля)» [35]	«для объектов, на которых ведутся открытые горные работы, объем разработки горной массы которых составляет менее чем 100 тысяч кубических метров в год» [35]
«Осуществляется хранение или переработка растительного сырья, в процессе которых образуются взрывоопасные пылевоздушные смеси, способные самовозгораться, возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления, а также осуществляется хранение зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья, склонных к самосогреванию и самовозгоранию» [35].	-	-	«для элеваторов, опасных производственных объектов мукомольного, крупяного и комбикормового производства» [35]	«для иных опасных производственных объектов» [35]

«В случае, если для опасного производственного объекта по критериям могут быть установлены разные классы опасности, устанавливается наиболее высокий класс опасности.

В случае, если опасный производственный объект, для которого в соответствии должен быть установлен II, III или IV класс опасности, расположен на землях особо охраняемых природных территорий, континентальном шельфе Российской Федерации, во внутренних морских водах, в территориальном море или прилегающей зоне Российской Федерации, на искусственном земельном участке, созданном на водном объекте, находящемся в федеральной собственности, для такого опасного производственного объекта устанавливается более высокий класс опасности соответственно» [35].

Все предприятия не подходящие под данные критерии относятся к не опасным производственным объектам.

На рисунке 1 приведена диаграмма, которая показывает количественное распределение зарегистрированных ОПО в соответствии с признаками опасности, определенными приложением 1 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».



Признак опасности 2.1 - получение, использование, переработка, образование, хранение, транспортировка, уничтожение опасных веществ;

Признак опасности 2.2 - использование оборудования, работающего под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля;

Признак опасности 2.3 - использование стационарно установленных грузоподъемных механизмов, эскалаторов, канатных дорог, фуникулеров;

Признак опасности 2.4 - получение расплавов черных и цветных металлов и сплавов на основе этих расплавов;

Признак опасности 2.5 - ведение горных работ, работ по обогащению полезных ископаемых, а также работ в подземных условиях.

Рисунок 1 - Количественное распределение зарегистрированных ОПО

К наиболее опасным производственным объектам относятся:

- Атомные станции (рисунок 2);



Рисунок 2 – Атомная электростанция

- Заводы по переработке нефти (рисунок 3);



Рисунок 3 – Нефтеперерабатывающий завод

- Заводы химической промышленности (рисунок 4);



Рисунок 4 – Завод по изготовлению каучука

– Сталелитейные заводы (рисунок 5);



Рисунок 5 – Сталелитейный завод

- Котельные (рисунок 6);



Рисунок 6 – Котельная

- Горнорудные шахты (рисунок 7);

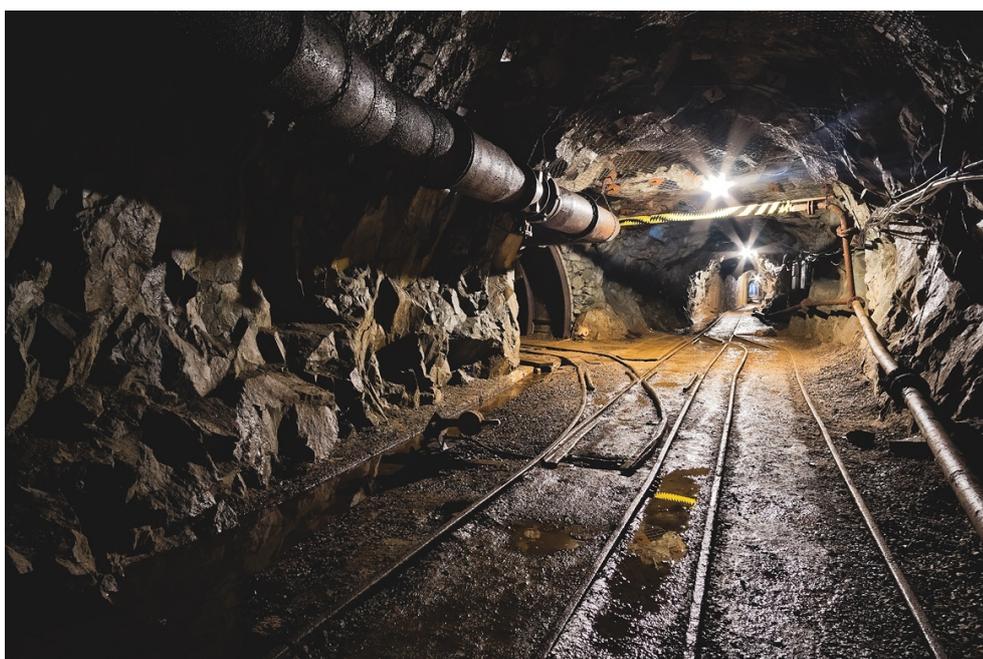


Рисунок 7 – Шахта по добыче полезных ископаемых

- Производства, осуществляющие сушку растительного сырья (рисунок 8);



Рисунок 8 – Элеватор

- Электрические станции (рисунок 9);



Рисунок 9 – Теплоэлектроцентраль

Рано или поздно на каждом ОПО происходят инциденты или аварийные ситуации, связанные с тем или иными факторами. Рассмотрим статистические данные аварийных ситуаций на каждом опасном производственном объекте, предоставленные Ростехнадзором [6-13].

1.1 Атомные станции

За период 2015-2022 гг. федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору осуществляла контроль ядерной и радиационной безопасности на следующих объектах, приведенных в таблице 2.

Таблица 2 - Количество поднадзорных объектов

Оборудование	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество атомных станций на которых:	10	10	10	10	10	10	15	17
Эксплуатируемые энергоблоки	31	31	31	35	35	31	32	33
Выводимые из эксплуатации	4	4	4	4	4	4	4	4
На стадии сооружения, реконструкции	7	7	7	9	9	9	10	10

За последние три года увеличилось количество атомных станций, на которых используют практически неизменное количество энергоблоков. Это связано с постоянной модернизацией эксплуатируемого оборудования, об этом нам говорит 4 строчка таблицы 2. Новые энергоблоки отвечают современным требованиям промышленной безопасности и надежности, также они являются более мощными источниками электроэнергии.

Межрегиональными территориальными округами по надзору за ядерной и радиационной безопасностью по различным направлениям надзора на атомных станциях, предприятиях и организациях, выполняющих работы и оказывающих услуги атомным станциям, за 2015-2022 гг. проводились

инспекции, при которых были выявлены следующее количество нарушений, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 - Количество инспекций и нарушений при обследовании атомных станций

Вид инспекций и количество нарушений	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество целевых и оперативных инспекций	4564	3102	4542	4030	2913	2561	3077	3719
Количество нарушений действия лицензии, норм и правил безопасности	400	240	332	228	167	577	553	942

Как видно из таблицы 3 за период времени с 2020 год по 2022 год резко увеличилось количество нарушений действия лицензии, норм и правил безопасности, последние преобладают. Это связано с ужесточением норм и правил промышленной безопасности, халатностью управляющей организации, не правильными действиями персонала при ремонте и обслуживании оборудования [38].

Выявленные нарушение в работе атомных станций в 2015-2022 гг. по классификации НП-004-08 - положение о порядке расследования и учета нарушений в работе атомных станций [27], классифицируются на аварии и происшествия, приведены в таблице 4. Нарушения в работе атомных станций классифицируемые как авария в период 2015-2022 гг. не зафиксированы.

Таблица 4 - Количество происшествий в работе атомных станций

Количество АЭС и год отчета	Условное обозначение категории											Всего
	П01	П02	П03	П04	П05	П06	П07	П08	П09	П10	П11	
10, 2015	-	-	-	1	-	9	4	4	22	1	5	46
10, 2016	-	-	-	-	-	5	5	7	17	1	5	40
10, 2017	-	-	-	1	1	3	9	8	17	-	3	42
10, 2018	-	-	1	-	-	8	4	6	19	-	9	47
10, 2019	-	-	-	-	-	8	5	5	15	-	5	38

Продолжение таблицы 4

Количество АЭС и год отчета	Условное обозначение категории											Всего
	П01	П02	П03	П04	П05	П06	П07	П08	П09	П10	П11	
10, 2020	-	-	-	-	-	16	6	3	2	3	-	30
15, 2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46
17, 2022	-	3	1	1	0	16	3	9	9	1	-	46

По анализу таблицы 4 видно, что наибольшее количество происшествий в работе атомных станций связаны со снижением нагрузки блока АЭС на 25% и более от уровня мощности, непосредственно ей предшествовавшего, вызванное отказом систем (элементов) и/или неправильными действиями персонала, или внешним воздействием.

В таблице 5 приведено распределение нарушений в работе атомных станций за период 2015-2022 гг. по непосредственным причинам.

Таблица 5 - Распределение нарушений в работе АЭС

Непосредственные причины нарушений	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Механические повреждения	17	20	19	17	15	7	15	10
Неисправности в электроэнергетических системах	12	6	14	17	13	16	16	27
Гидравлические воздействия	0	4	0	0	0	0	2	1
Неисправности в контрольно-измерительных системах	7	4	3	3	3	5	5	0
Окружающие условия (внутренние воздействия на АЭС)	1	0	0	0	0	0	2	0
Окружающая среда (внешние воздействия на АЭС)	0	1	2	1	0	0	0	1
Человеческий фактор	9	5	2	7	7	2	5	6
Не установлено	0	0	0	2	0	0	1	1
Всего	46	40	42	47	38	30	46	46

Наибольшее количество нарушений в работе АЭС за 2015-2022 гг. вызвано механическими повреждениями оборудования и неисправностями в

электрических системах. К неисправностям в электрических системах можно отнести: аварии на объектах электросетевого хозяйства осуществляющее транспортировку и распределение электроэнергии [18, 26, 37].

Распределение нарушений в работе атомных станций за период 2015-2022 гг. по коренным причинам приведено в следующей таблице 6.

Таблица 6 - Конкретные причины нарушения работы АЭС

Конкретная причина	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ошибка конструирования	6	4	18	9	7	3	2	5
Ошибка проектирования	3	10	5	3	4	3	9	7
Дефект изготовления	10	3	2	8	8	6	11	7
Недостатки сооружения	0	0	0	0	0	1	1	0
Недостатки монтажа	2	4	3	1	2	3	2	4
Недостатки наладки	0	1	0	0	0	1	1	1
Недостатки ремонта, выполняемого сторонними организациями	1	2	1	3	3	2	1	1
Недостатки проектной, конструкторской и другой документации	1	5	1	1	2	3	1	1
Недостатки управления АЭС и недостатки организации эксплуатации	20	8	9	15	11	5	9	12
Не установлена	1	3	2	7	1	3	9	4
Всего	46	40	42	47	38	30	46	46

Недостатки управления АЭС и недостатки организации эксплуатации основная причина аварийных ситуаций. Предпосылками к этой причине является: не обученный персонал, низкий уровень дисциплины, не правильная трактовка нормативных документов. Так же необходимо выделить ошибки проектирования и конструирования, которые являются второй и третьей причиной большого числа аварий на АЭС.

1.2 Объекты химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности

По данным Ростехнадзора за период с 2015-2022 гг. проводилась инспекторская деятельность объектов нефтехимии, результаты которой представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Основные показатели химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности

Вид нарушений	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество организаций	7826	9274	3599	5856	7958	7084	6575	6748
Количество выявленных нарушений	127 тыс.	144 тыс.	60 тыс.	71 тыс.	-	62 тыс.	11 тыс.	40 тыс.
Приостановлено производств	3501	3063	-	-	-	-	-	-
Число аварий	11	27	21	22	13	13	16	20
Количество смертельно травмированных, чел.	15	31	11	10	14	5	6	16

За период времени с 2015 по 2022 гг. наблюдается положительная тенденция по уменьшению выявленных нарушений, 40 тыс. аварий в 2022 году против 127 тыс. аварий в 2015 году. Чего нельзя сказать о количестве аварий и количестве смертельно травмированных людей, за последние годы наблюдается отрицательная тенденция.

Обобщенные причины аварий и несчастных случаев со смертельным исходом на предприятиях химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности за 2015-2019 гг. приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Обобщение причин аварий и несчастных случаев

Обобщенные причины	Количество аварий, %				
	2015	2016	2017	2018	2019
Технические причины:					
Неудовлетворительное техническое состояние зданий и сооружений	15	10	16	26,3	22,2
Неисправность средств противоаварийной защиты, сигнализации или связи	5	30	14	2603	44,4
Недостаточная изученность технологических процессов	10	0	2	0	0
Несоответствие проектных решений условиям производства работ	10	11	24	5,3	11,
Конструктивное несовершенство технических устройств	30	30	20	26,3	11,1
Отсутствие средств противоаварийной защиты, сигнализации или связи	20	19	19	15,8	11,1
Отсутствие автоматизации опасных операций, механизации трудоёмких работ	10	0	5	0	0
Всего установленных технических причин	100	100	100	100	100
Организационные причины:					
Отступление от требований проектной (технологической) документации	10,7	9	2	0	6,6
Нарушение регламента обслуживания технических устройств	7,1	10	2	11	13,4
Нарушение регламента ремонтных работ	7,1	10	2	0	0
Неэффективность входного контроля качества сырья, оборудования или материалов	3,6	0	8	0	0
Использование в технических устройствах конструкционных материалов, не соответствующих проекту	0	4	1	0	0
Неправильная организация производства работ	18	21	18	26	40
Неэффективность производственного контроля	21,4	22	26	18,5	20
Умышленное отключение средств защиты, сигнализации или связи	0	0	1	0	0

Продолжение таблицы 8

Обобщенные причины	Количество аварий, %				
	2015	2016	2017	2018	2019
Низкий уровень знаний требований промышленной безопасности	10,7	9	3	7,5	0
Нарушение производственной дисциплины, неосторожные действия исполнителей работ	2,4	10	8	0	6,6
Всего установленных организационных причин	100	100	100	100	100
Прочие причины:					
Умышленная порча или вывод из действия технических устройств	0	0	33	0	0
Внезапное прекращение подачи энергоресурсов или сырья	0	0	67	0	0
Стихийные явления природного происхождения	0	0	0	0	0
Диверсии или террористические акции	0	0	0	0	0
Всего установленных прочих причин	0	0	100	0	0

«Среди факторов, затрудняющих стабильную работу производственных объектов, доминируют несовершенство технологии, конструктивные недостатки технических устройств. Неисправность средств противоаварийной защиты, сигнализации или связи, в большей степени связаны с износом оборудования противоаварийного оборудования и прекращение подачи электроэнергии на него» [2]. «Основными организационными причинами, являются причины, связанные с нарушением технологии работ, а причинами несчастных случаев со смертельным исходом - неправильная организация работ» [5].

1.3 Металлургические и коксохимические производства и объекты

Территориальными органами Ростехнадзора на поднадзорных металлургических и коксохимических предприятиях в период с 2015 г по 2022 г проходили проверки, результаты которых были выявлены следующие показатели, представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Результаты проверок металлургических и коксохимических предприятий и объектов

Вид нарушения	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество подконтрольных предприятий и объектов	3818	-	-	-	-	-	3877	3877
Количество проведенных обследований	5509	5699	5172	5239	4310	4649	3216	3583
Количество нарушений требований правил и норм промышленной безопасности	44 тыс.	42 тыс.	40 тыс.	43 тыс.	36 тыс.	34 тыс.	24 тыс.	19 тыс.
Приостановлена эксплуатация объекта из-за грубых нарушений	1232	591	144	19	22	28	27	80
Привлечено к административной ответственности, работников	1508	1740	2215	1494	1449	1344	1628	1537
Подвергнуто штрафными санкциями, человек	693	741	1116	1484	1383	1313	1601	184

По таблице 9 просматривается тенденция снижения количества нарушений правил и норм промышленной безопасности. Эту тенденцию так же подтверждает количество приостановленных объектов из-за грубых нарушений правил.

В результате инспекторской деятельности Ростехнадзора были выделены наиболее острые проблемы металлургических и коксохимических производств: недостаточное выделение средств руководителями предприятий для обеспечения безаварийной и безопасной работы оборудования, эксплуатации производственных зданий и сооружений. По этой причине на предприятиях не выполняются в установленные сроки, разработанные первоочередные и перспективные мероприятия, предусматривающие вывод из эксплуатации и реконструкцию устаревших производств и объектов, замена не отвечающих требованиям промышленной безопасности оборудования и

средств технической безопасности, а также не обеспечивается своевременное проведение экспертизы промышленной безопасности технических устройств, зданий и сооружений, отработавших нормативный срок эксплуатации.

Основными техническими проблемами, снижающими уровень промышленной безопасности, являются:

- физический и моральный износ основного технологического оборудования, усугубляемый частыми простоями из-за отсутствия сырья и сбыта готовой продукции;
- необеспечение выполнения графиков ремонтов оборудования, зданий и сооружений;
- эксплуатация оборудования, отработавшего нормативный срок эксплуатации;
- эксплуатация металлургических производств юридическими лицами на правах краткосрочной аренды;
- неконтролируемое сокращение численности квалифицированных специалистов и производственного персонала [1].

1.4 Объекты тепло- и электроэнергетики, другие опасные производственные объекты, на которых используется оборудование, работающее под давлением

Во временной промежуток 2015-2022 гг. под контролем территориальных органов Ростехнадзора находилось оборудование, представленное в таблице 10.

Таблица 10 - Виды и количество оборудования

Виды оборудования	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Энергетические котлы	3327	3232	3239	3116	3228	3196	-	-

Продолжение таблицы 10

Виды оборудования	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Паровых и водонагревательных котлов	82 тыс.	86 тыс.	83 тыс.	83 тыс.	74 тыс.	71 тыс.	71 тыс.	71 тыс.
Сосуды, работающие под давлением	217 тыс.	215 тыс.	225 тыс.	228 тыс.	233 тыс.	229 тыс.	228 тыс.	240 тыс.
Трубопровод пара и горячей воды	23 тыс.	22 тыс.	23 тыс.	19 тыс.	19 тыс.	19 тыс.	23 тыс.	27 тыс.
Газонаполнительных станций	2535	3871	2257	2110	2318	2589	2398	1790

За данный промежуток времени наблюдается плавное увеличение сосудов, работающих под давлением, энергетические и паровые водонагревательные котлы напротив, уменьшаются в количестве.

За период с 2015 по 2022 гг. инспекторами Ростехнадзора проводились обследование опасных объектов, оборудование которых работает под давлением, при которых были выявлены следующие нарушения, представленные в таблице 11.

Таблица 11 - Результаты обследования оборудования, работающего под давлением

Количество проверок и нарушений	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Проведено обследований	33 тыс.	33 тыс.	30 тыс.	25 тыс.	25 тыс.	20 тыс.	15 тыс.	14 тыс.
Выявлено нарушений ПБ	256 тыс.	253 тыс.	252 тыс.	201 тыс.	193 тыс.	135 тыс.	81 тыс.	-
Выявлено нарушений лицензии	15534	11788	10831	9398	6962	4185	1929	-
Приостановлена эксплуатация объектов	8979	5764	1458	-	-	-	-	-

По результатам обследования видна положительная тенденция по уменьшению количества нарушений, как правил безопасности, так и нарушений, связанных с лицензией.

Основными причинами нарушений требований правил и норм по промышленной безопасности являются:

- несвоевременное проведение технического освидетельствования и диагностирования оборудования, отработавшего нормативный срок службы;
- неисправность или отсутствие автоматики безопасности, предохранительных устройств и контрольно-измерительных приборов;
- нарушения технологической и трудовой дисциплины, неправильная организация производства работ; неудовлетворительный производственный контроль;
- невнимание руководителей всех рангов к вопросам промышленной безопасности; недостаточный уровень знаний требований промышленной безопасности у специалистов и рабочих [16].

Основными причинами снижения промышленной безопасности являются:

- рост числа оборудования, отработавшего нормативный срок службы;
- распад крупных предприятий на мелкие и переход опасных производственных объектов в собственность физических лиц и неспособность, и нежелание этих лиц обеспечить промышленную безопасность объектов;
- рост нагрузки на государственных инспекторов, осуществляющих надзор за оборудованием, работающим под давлением, и снижение в результате этого плотности надзора [1].

Наиболее неудовлетворительное положение с оборудованием, отработавшим нормативный срок службы, сложилось в электроэнергетике, где

по оценке экспертов к 2016 году парковый ресурс отработало генерирующее оборудование мощностью 46,8 млн кВт (33,7%), на 2022 год данная тенденция сохраняется.

1.5 Объекты, на которых используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы и подъемные сооружения

В срок 2015-2022 гг. под контролем территориальных органов Ростехнадзора находилось оборудование, представленное в таблице 12.

Таблица 12 - Виды и количество оборудования

Тип подъемных сооружений	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Кран	258940	250462	239460	235192	245276	237983	232111	241903
Лифтов	442735	447766	454297	466838	482416	496743	496129	520562
Подвесные канатные дороги	142	225	300	388	433	476	122	126
Фуникулер	3	3	18	3	3	3	3	3
Эскалатор	2131	2778	3458	4716	5991	7123	8000	9365
Грузопассажирский строительный подъемник	441	653	6951	1418	2364	3241	4000	5000
Автоподъемник (вышки)	17246	17677	20843	18745	19912	20534	21227	23090
Всего	721636	719564	725327	727300	756395	766103	762000	800000

Как показывают приведенные статистические данные, количество поднадзорного оборудования увеличивается с каждым годом, это связано с развитием инфраструктур, сооружением новых зданий и сооружений.

Сведения о распределении аварий по опасным факторам при эксплуатации подъемных механизмов, представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Распределение аварий по опасным факторам

Опасные факторы	2015	2016	2017	2018	2019
Некачественное изготовление технических устройств	2	2	2	2	2
Неисправность технических устройств	12	15	9	11	13
Неисправность приборов и устройств безопасности	17	15	15	9	9
Неудовлетворительный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности	6	5	5	2	1
Нарушение технологической и трудовой дисциплины, неправильные или несогласованные действия обслуживающего персонала	6	6	6	15	12
Низкий уровень знаний требований промышленной безопасности	4	3	1	0	0
Прочие	3	2	0	3	1
Всего	50	48	38	42	38

Как видно из таблицы 13 основным фактом аварийности является неисправность технических устройств, приборов и устройств безопасности, также имеет место быть нарушение трудовой дисциплины - за 2018 и 2019 год количество аварий по этому фактору резко увеличилось.

Сведения о распределении несчастных случаев со смертельным исходом по травмирующим факторам, представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Сведения о распределении несчастных случаев по травмирующим факторам

Причина	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Падение груза в результате:								
неправильного складирования, нарушения складирования грузов	1	5	2	2	2	2	3	2

Продолжение таблицы 14

Причина	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
применения неисправных или не соответствующих весу и характеру груза грузозахватных приспособлений, нарушение схем строповки неправильного складирования, нарушения складирования грузов	24	22	18	12	12	9	10	20
Падение крана в результате:								
неправильной его установки	4	3	1	6	1	6	2	4
перегрузки, неисправности приборов безопасности	3	4	4	13	9	4	7	8
Травмирование:								
самопроизвольно переместившимся грузом из-за подъема его при наклонном положении грузовых канатов (подъем защемленного груза)	-	-	-	-	-	-	-	-
электрическим током из-за нарушений требований безопасности при работе кранов вблизи ЛЭП	10	6	6	7	7	4	2	2
механизмами работающих кранов при выходе людей на крановые пути	6	2	3	5	4	4	2	0
грузом, механизмами технических устройств при нахождении людей в опасной зоне работы кранов	17	24	28	8	23	12	13	11

Продолжение таблицы 14

Причина	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Разрушение:								
кранов или их механизмов из-за содержания технического устройства в неисправном состоянии	10	7	9	6	8	1	9	8
кранов (механизмов) из-за некачественного изготовления их на заводе-изготовителе	1	0	0	0	0	0	0	0
Травмирование механизмами или конструкциями лифтов:								
из-за неисправности лифта или блокировочных устройств	4	3	4	2	2	3	1	1
из-за неквалифицированных действий персонала, обслуживающего лифты	2	4	2	3	3	3	1	3
из-за нарушения правил пользования лифтами	2	3	3	2	2	3	0	0
при проникновении подростков в шахту недозволённым образом	1	1	0	1	0	1	0	0
Прочие факторы	12	14	16	10	10	12	11	3
Всего	97	98	96	77	83	64	62	62

Основными причинами смертельного травматизма на грузоподъемных машинах являются:

- травмирование электрическим током из-за нарушений требований безопасности при работе кранов вблизи ЛЭП;
- падение крана в результате его перегруза;
- неисправности приборов безопасности;
- травмирование механизмами работающих кранов при выходе людей на крановые пути;
- травмирование механизмами или конструкциями технического устройства из-за неисправности лифта;

- травмирование механизмами или конструкциями лифта из-за неквалифицированных действий обслуживающего персонала [16].

1.6 Объекты ведения горных работ

«Минерально-сырьевая база, развитие горнодобывающего и других промышленных комплексов, связанных с использованием ресурсов недр, были и остаются основой суверенитета России» [36]. Проблемы развития горного дела во все времена относились к числу приоритетных государственных задач. В результате надзорной и контрольной деятельности органами Ростехнадзора период времени с 2015-2022 гг. осуществлялся контроль деятельности в области промышленной безопасности горных производств и объектов, приведённых в таблице 15, а также было выявлено следующее количество нарушений.

Таблица 15 - Основные показатели горной промышленности

Вид нарушений	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество подконтрольных организаций	5011	5270	5577	5457	5921	6605	6448	6561
Количество выявленных нарушений	129036	125094	127180	124745	125230	99516	69982	33379
Количество приостановок работ в опасных условиях по предписаниям органов Ростехнадзора	4416	3473	1446	991	-	-	-	-
Количество аварий	14	9	12	7	7	9	8	3
Количество смертельных травм	80	81	100	81	63	71	70	59

На протяжении времени с 2019 по 2022 гг. наблюдается положительная динамика выявленных нарушений. На 2022 г. количество нарушений

уменьшилось в 4 раз по сравнению с 2019 г. Это подтверждает динамика количества аварий, она также соблюдает положительную тенденцию.

При проведение такого же анализ в угольной промышленности, получаем таблицу 16.

Таблица 16 - Основные показатели угольной промышленности

Вид нарушений	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество подконтрольных организаций	675	682	690	681	758	822	866	784
Количество выявленных нарушений	188264	146494	116053	103156	104042	90669	81157	59441
Количество приостановок работ в опасных условиях по предписаниям органов Ростехнадзора	24027	12092	11199	-	-	-	-	-
Количество аварий	35	27	23	21	12	9	22	13
Количество смертельных травм	148	107	68	232	53	48	135	46

На протяжении времени с 2015 г. по 2022 г. наблюдается плавное снижение количества нарушений, выявленных при инспекции Ростехнадзора. Так же наблюдается положительная динамика по количеству аварий, произошедших на угольных предприятиях.

«Состояние промышленной безопасности напрямую связано с продолжающимся процессом старения основных фондов угольных и горнодобывающих предприятий, с низкой технологической дисциплиной, несанкционированными действиями исполнителей работ, слабыми знаниями персоналом требований и приемов безопасного ведения работ и др.» [20]. В результате этого распределение аварий по видам представлены в таблицах 17 и 18.

Таблица 17 - Аварии в горной промышленности

Вид нарушений	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Обрушение пород	8	-	12	18	17	18	24	12
Транспортные аварии	30	-	18	28	16	20	20	12
Взрывы	6	-	0	1	0	0	1	2
Механизмы	13	3	13	12	9	13	15	12
Электрооборудование	8	-	9	8	6	6	4	3
Отравление, ожоги	2	5	25	0	1	0	0	0
Падение с высоты	8	-	13	11	7	13	6	12
Прочие	7	-	10	3	7	1	0	3
Всего	83	81	100	81	63	71	70	59

Основными причинами данного вида травматизма являются:

- падение (опрокидывание) автотранспорта и бульдозеров с уступов, отвалов, перегрузочных пунктов и карьерных автодорог;
- наезд автомобилей, бульдозеров и железнодорожного транспорта на персонал из-за несоблюдения элементарных правил безопасности как водителями, так и пострадавшими [2];
- «смертельные травмы от поражения электрическим током при эксплуатации электроустановок в следствии пренебрежения индивидуальными средствами защиты и элементарными требованиями безопасности [14].

Таблица 18 - Аварии в угольной промышленности

Вид нарушений	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Эндогенный, экзогенный пожар	9	4	5	7	3	5	9	4
Вспышка, возгорание, взрыв метана	9	8	4	6	1	3	5	2
Выбросы угля, газа	2	2	2	0	2	0	0	0
Затопления, прорыв воды	1	2	2	1	1	1	2	1
Электрооборудование	2	3	1	0	1	0	3	0
Обрушение угля, пород	5	2	6	2	1	0	1	4
Машины и механизмы	0	0	0	0	0	0	0	0
Разрушение технических устройств	1	3	3	3	1	0	1	1
Горный удар	1	0	0	0	0	0	0	0
Транспорт	0	3	0	1	0	0	1	1
Прочие	5	0	0	1	0	0	0	0
Всего	35	27	23	21	12	9	22	13

Основными причинами производственного травматизма, на протяжении 8 лет являются: взрывы метана за которым следует эндогенный и экзогенный пожар; обрушения горной массы; электрооборудование. Примерное развитие этих аварийных ситуаций происходит по следующему сценарию: отсутствие резервного электроснабжения приводит к остановке вентиляторов местного проветривания, это приводит к за газированию шахт и к попаданию метановоздушной смеси на источник воспламенения [21].

1.7 Электрические станции и сети, электроустановки потребителей

«Государственный энергетический надзор занимает особое место в системе органов государственного контроля, ответственных за обеспечение энергетической безопасности не только ТЭК, но и страны в целом, обеспечение безопасности при эксплуатации энергетических установок» [38].

Поднадзорными объектами Госэнергонадзора являются объекты, представлены в таблице 19.

Таблица 19 - Поднадзорные объекты Госэнергонадзора

Объекты	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Объекты электроэнергетики	2,83 млн.	3 млн.	4 млн.	4 млн.	4 млн.	4 млн.	3,9 млн.	4 млн.
Тепловые и блок-станции	505	700	626	604	848	833	856	657
Малые (технологические) электростанции	19,9 тыс.	26 тыс.	24 тыс.	24 тыс.	24 тыс.	24 тыс.	24 тыс.	-
Потребителей электроэнергии	1,99 млн	2 млн.	2 млн.	2 млн.	1,9 млн.	1,9 млн.	2 млн.	2 млн.
Потребители тепловой энергии	761,8 тыс.	800 тыс.	800 тыс.	800 тыс.	800 тыс.	732 тыс.	720 тыс.	920 тыс.

Из таблицы 19 видно, что происходит ежегодное увеличение поднадзорных объектов, это свидетельство развития городов, сельских поселений, новых зданий и сооружений.

Сведения о состоянии травматизма в электроустановках, теплоустановках приведены в таблицах 20 и 21 соответственно.

Таблица 20 - Сведения о состоянии травматизма в электроустановках

Травматизм	2015	2016	2017	2018	2019
Несчастные случаи	300	288	194	184	139
Групповые	37	24	19	23	20
Пострадавшие со смертельным исходом	353	297	208	205	150
Всего	690	609	421	412	309

Таблица 21 - Сведения о состоянии травматизма в теплоустановках

Травматизм	2015	2016	2017	2018	2019
Несчастные случаи	12	6	9	5	5
Групповые	12	2	5	5	3
Пострадавшие со смертельным исходом	29	6	14	9	6
Всего	53	14	28	19	14

Как видно из таблиц 20, 21 - наблюдается положительная тенденция по снижению количества аварий с 2015 по 2019 гг. Так же делаем вывод что наиболее опасными являются электроустановки.

Показатели аварийности по конкретным причинам, приведены в таблице 22.

Таблица 22 - Аварийность на объектах электроэнергетики

Конкретные причины	2015	2016	2017	2018	2019
Горячая вода	2	3	3	3	2

Продолжение таблицы 22

Конкретные причины	2015	2016	2017	2018	2019
Детали оборудования, разлетающиеся при его разрушении	1	4	3	3	3
Обрушивающиеся элементы конструкции	6	6	7	0	2
Открытый огонь	1	2	1	1	2
Падение с высоты	4	10	4	3	-
Прочие	6	4	9	5	3
Токсичные продукты горения	1	5	6	0	2
Электрическая дуга	20	31	31	42	26
Электрическое напряжение	340	253	158	157	112

Как видно из таблицы 21 подавляющее множество травм происходит из-за электрического напряжения. Количество травм по этому признаку, с 2015 по 2019 гг. снижается.

Выводы по разделу.

Основные причины несчастных случаев на объектах электроэнергетики:

- недостаточная подготовленность персонала к выполнению мероприятий, влияющих на безопасность работ;
- низкая 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.

Проведя анализ аварийности можно сделать вывод, что основными причинами аварийных ситуаций на опасном производственном объекте являются:

- износ основных фондов оборудования;
- работа оборудования на параметрах превышающие паспортные данные;
- не соблюдение норм и правил технического обслуживания оборудования;
- отступление от регламента работ, нарушение технологического процесса;
- неправильное распределение финансов, выделяемые на модернизацию оборудования;
- неквалифицированный эксплуатирующий и обслуживающий персонал;
- не правильная организация работ.

2 Определение вероятности возникновения аварий

2.1 Индекс опасности

Для определения вероятности возникновения аварийных ситуаций введем индекс опасности (ИО). Индекс опасности - это коэффициент, который показывает, насколько используемое оборудование отвечает промышленной безопасности, насколько безопасно использовать данное электрооборудование.

ИО применяется ко всему электрооборудованию, которое использует для своей работы опасный производственный объект. Рассмотрим подробнее, какое оборудование используется для обеспечения работы ОПО, и на каких уровнях электроснабжения.

Уровни электроснабжения:

а) генерация электроэнергии от 110 до 750 кВ:

- 1) генераторы;
- 2) трансформаторы;
- 3) коммутационная аппаратура;
- 4) линии электропередач;
- 5) релейная защита и автоматика.

б) транспортировка электроэнергии от 6(10) до 750 кВ:

- 1) понизительные трансформаторы;
- 2) коммутационная аппаратура;
- 3) линии электропередач;
- 4) релейная защита и автоматика.

в) потреблении электроэнергии от 0,4 до 35 кВ:

- 1) двигатели;
- 2) понизительные трансформаторы;
- 3) коммутационная аппаратура;
- 4) линии электропередач;

5) релейная защита и автоматика.

На всех уровнях электроснабжения используют практически одно и то же электрооборудования, разница заключается лишь в классе напряжения.

Рассмотрим основные причины выхода из строя электрооборудования, которое используется в системах электроснабжения, от генерации до потребления электрической энергии:

а) Поломка трансформатора ведёт тяжким последствиям, из-за длительного времени восстановления работоспособности. Основными причинами выхода из строя трансформатора являются:

- 1) повреждение изоляции обмоток трансформатора из-за дефектов конструкции и изготовления, а также от воздействия внешних перенапряжений в сети и токов короткого замыкания;
- 2) повреждение переключателей (в основном регулируемых под нагрузкой), обусловленное конструктивными и технологическими дефектами;
- 3) повреждение вводов, повреждение внутренней или внешней изоляции, не качественные соединения.

б) Основными причинами отказа электродвигателя являются:

- 1) повреждение обмоток статора;
- 2) межвитковые и межфазные короткие замыкания;
- 3) обрыв фазы;
- 4) замыкание на корпус;
- 5) плавление алюминиевой обмотки ротора;
- 6) затир ротора и статора;
- 7) износ подшипников;
- 8) одностороннее магнитное притяжение;
- 9) сильный прогиб вала [29].

в) Отказы коммутационной аппаратуры (автоматических выключателей, разъединителей, короткозамыкателей, отделителей) происходит при:

- 1) при отключении коротких замыканий;

- 2) при выполнении ими различных операций;
- 3) механические повреждения;
- 4) дефекты контактных соединений;
- 5) неполадки в электроприводе;
- 6) из-за некачественной регулировки, настройки или при обледенении;
- 7) при перекрывании изоляции;
- 8) при внешних и внутренних перенапряжениях;
- 9) пробой внутрибаковой изоляции выключателей и т.д.

г) Причиной отказа релейной защиты и автоматики являются повреждения элементов (резисторов, диодов, транзисторов, конденсаторов, реле):

- 1) для резисторов и полупроводниковых приборов характерным отказам является «обрыв» (90%);
- 2) для конденсаторов «короткое замыкание» (80%);
- 3) из-за пайки, не качественного монтажа до 90% «обрыв»;
- 4) реле отказывает из-за разрегулировки контактов, их сваривании, образовании на них непроводящего налёта из-за коррозии, загрязнения, эрозии.

д) Самыми ненадёжным элементом системы электроснабжения являются линии электропередач, из-за больших протяжённостей и влияния на них большого числа различных внешних воздействий. В городских сетях 85%, в сельской местности 90% отключений приходится на линии электропередач.

- 1) Основными причинами выхода из строя воздушных линий являются:
 - грозовые перекрытия изоляции;
 - гололедно-изморозевые отложения;
 - ветровые нагрузки;
 - вибрация и пляска проводов;
 - возгорание деревянных опор;

- ослабление прочности деталей опор;
- повреждение опор и проводов автотранспортом;
- превышение фактических электрических нагрузок расчётных значений;
- дефекты, возникшие при изготовлении опор, проводов, изоляторов;
- неправильного применения типов проводов, опор, изоляторов по природно-климатическим зонам;
- нарушения правил монтажа и сооружения ВЛ;
- недостаток эксплуатации (не соблюдение сроков и объемов проверок, текущих и капитальных ремонтов).

2) Основными причинами выхода из строя кабельных линий являются:

- механическое повреждение (60-70%);
- старение межфазной и постоянной изоляции;
- электрическая и химическая коррозия покрытия;
- перегрузка кабеля;
- попадание влаги в кабель;
- нарушение изоляции грызунами;
- разность горизонтальных уровней участка КЛ;
- величины блуждающих токов и наличия защиты от них;
- интенсивность ведения строительных работ в зоне прокладки КЛ [22].

Для недопущения аварийной ситуации, необходимо соблюдать правила технической эксплуатации электрических станций и сетей [29], правила устройства электроустановок [30], правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей [33], норм и правил испытаний электрооборудования [34] и вовремя

проводить ремонт и обслуживание оборудования и приборов, это увеличит надёжность систем электроснабжения.

Рассмотрим применения индекса опасности для генераторов.

Генераторы на напряжение 1 кВ и выше мощностью менее 1000 кВт, проходят перечень испытаний, приведенные в [34].

После проведения испытаний, полученные числовых данных испытываемого генератора, сравниваем с нормативной документацией или паспортными данными, которые предоставляет завод изготовитель. Получается, что каждое измерение допускает некое отклонение от паспортных данных - $\pm\Delta\PД$. Далее сопоставляем полученные данные измерений с индексом опасности (рисунок 10).

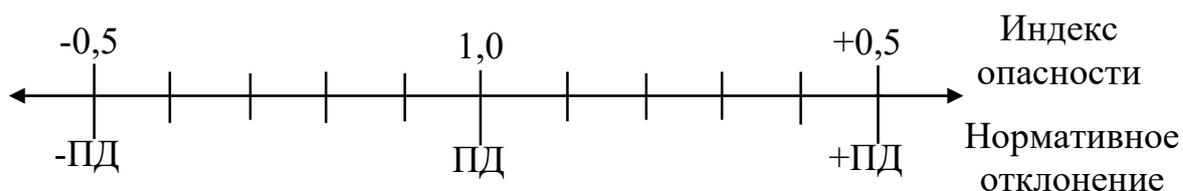


Рисунок 10 - Шкала индекса опасности

После сопоставления измерений с индексом опасности получаем коэффициент, который нам показывает, насколько оборудование соответствует промышленной безопасности относительно данного испытания. Проведя весь комплекс исследований генератора, получившиеся коэффициенты ИО перемножаем на выходе получаем комплексную оценку соответствия генератора требованиям промышленной безопасности. При то что, если коэффициент стремится к единице - оборудование безопасно использовать, если коэффициент стремится к нулю дальнейшая эксплуатация оборудования не безопасна.

Рассмотрим применение индекса опасности при замерах сопротивления изоляции генератора.

Сопротивление изоляции по нормативной документации должно равняться 10 МОм, допустим, в своих измерениях мы получили значение сопротивления равное 9,9 МОм, что соответствует 1,01% отклонения, при том, что допустимое отклонение равно $\Delta ПД = \pm 2\%$. Сопоставляем полученные значения с индексом опасности, получаем, что ИО = 0,75. Далее остается сопоставить получившийся коэффициент со следующим распределением:

- ИО = от 0,7 до 1,0 - оборудование использовать безопасно;
- ИО = от 0,5 до 0,7 - оборудованию в скором времени потребуется ремонт, использовать безопасно;
- ИО = от 0,35 до 0,7 оборудованию требуется срочный ремонт, использовать не рекомендуется;
- ИО = до 0,35 - оборудование использовать не безопасно.

Вывод: данное оборудование можно использовать.

2.2 Надежность

Для того что бы можно было спрогнозировать вероятность аварийной ситуации на опасном производственном объекте, воспользуемся методикой расчета надежности электрооборудования, приведенной в [1].

По итогам расчета надежности электрооборудования, сравнивая значения наработки на отказ, определение устойчивости электрической системы - делаем вывод какой промежуток времени можно будет безопасно эксплуатировать данное электрооборудование. Тем самым прогнозировать аварийные ситуации.

2.3 Основы промышленной безопасности

«К видам деятельности в области промышленной безопасности относятся проектирование, строительство, эксплуатация, реконструкция, капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервация и

ликвидация опасного производственного объекта; изготовление, монтаж, наладка, обслуживание и ремонт технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте; проведение экспертизы промышленной безопасности; подготовка и переподготовка работников опасного производственного объекта в не образовательных учреждениях.

Отдельные виды деятельности в области промышленной безопасности подлежат лицензированию в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Обязательным требованием к соискателю лицензии для принятия решения о предоставлении лицензии на эксплуатацию опасных производственных объектов является наличие документов, подтверждающих ввод опасных производственных объектов в эксплуатацию, или положительных заключений экспертизы промышленной безопасности на технические устройства, применяемые на опасных производственных объектах, здания и сооружения на опасных производственных объектах» [35].

2.4 Разработка декларации промышленной безопасности

«Разработка декларации промышленной безопасности предполагает всестороннюю оценку риска аварии и связанной с ней угрозы; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий, по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте; разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на опасном производственном объекте.

Декларация промышленной безопасности разрабатывается в составе проектной документации на строительство, реконструкцию опасного производственного объекта, а также документации на техническое

первооружение, консервацию, ликвидацию опасного производственного объекта» [35].

«Декларация промышленной безопасности находящегося в эксплуатации опасного производственного объекта разрабатывается вновь:

- в случае истечения десяти лет со дня внесения в реестр деклараций промышленной безопасности последней декларации промышленной безопасности;
- в случае изменения технологических процессов на опасном производственном объекте либо увеличения более чем на двадцать процентов количества опасных веществ, которые находятся или могут находиться на опасном производственном объекте;
- в случае изменения требований промышленной безопасности;
- по предписанию федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности или его территориального органа в случае выявления несоответствия сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, сведениям, полученным в ходе осуществления федерального государственного надзора в области промышленной безопасности» [35].

«Декларация промышленной безопасности, разрабатываемая в составе документации на техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, и декларация промышленной безопасности, разрабатываемая вновь, проходят экспертизу промышленной безопасности в установленном порядке.

Обязательные требования к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте, и формы оценки их соответствия таким обязательным требованиям устанавливаются в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности в порядке, установленном федеральным органом

исполнительной власти в области промышленной безопасности, если иная форма оценки соответствия таких технических устройств обязательным требованиям к ним не установлена техническими регламентами» [35].

2.5 Анализ риска аварий

Анализ риска аварий на опасных производственных объектах (далее анализ риска) является составной частью управления промышленной безопасностью. Анализ риска заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных событий. В [31] приведены общая схема анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО (рисунок 11) и рекомендуемая схема анализа опасностей и оценки риска аварий, для ситуаций связанных с выбросом опасных веществ на ОПО (рисунок 12).

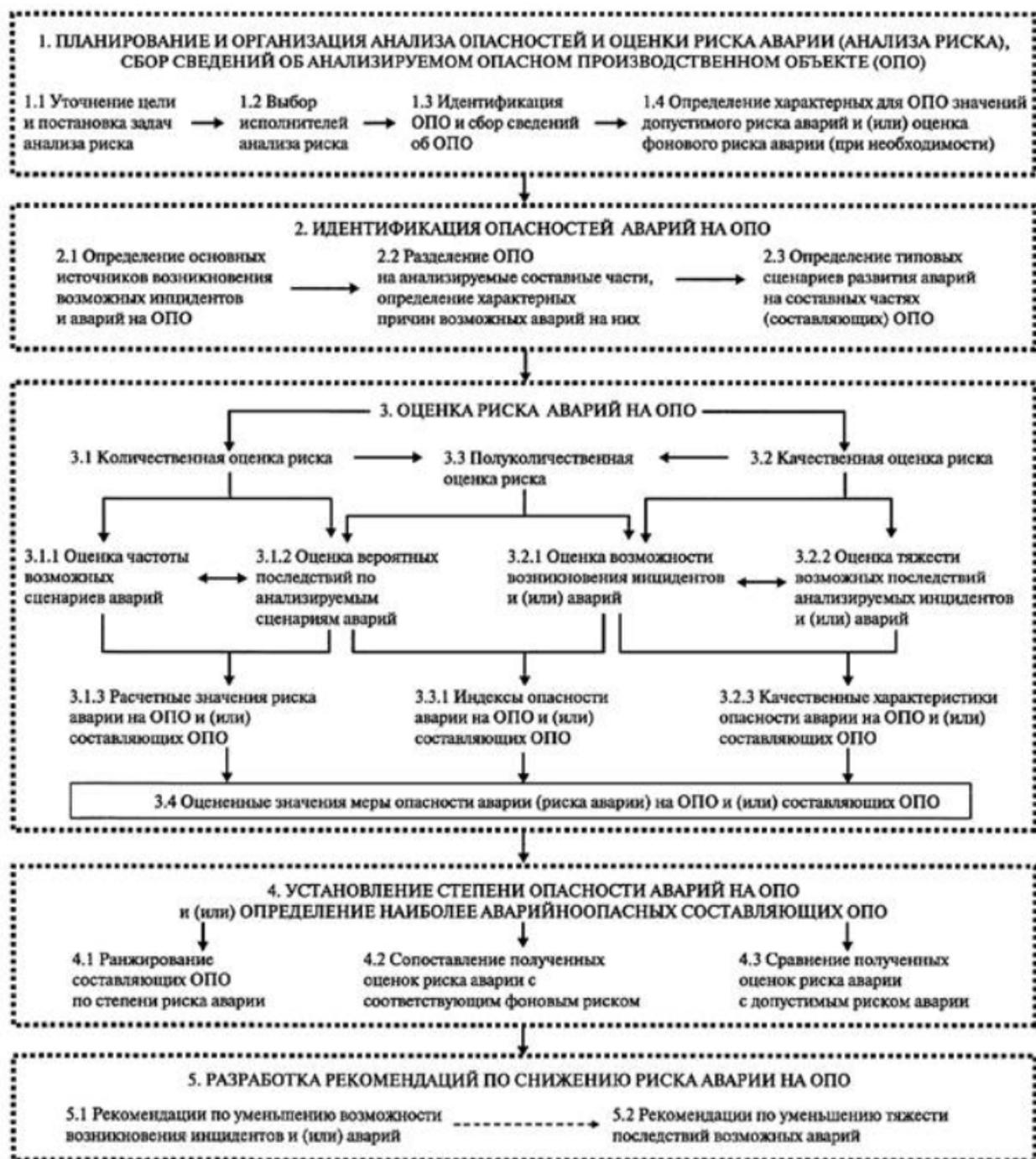


Рисунок 11 - Общая схема анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО

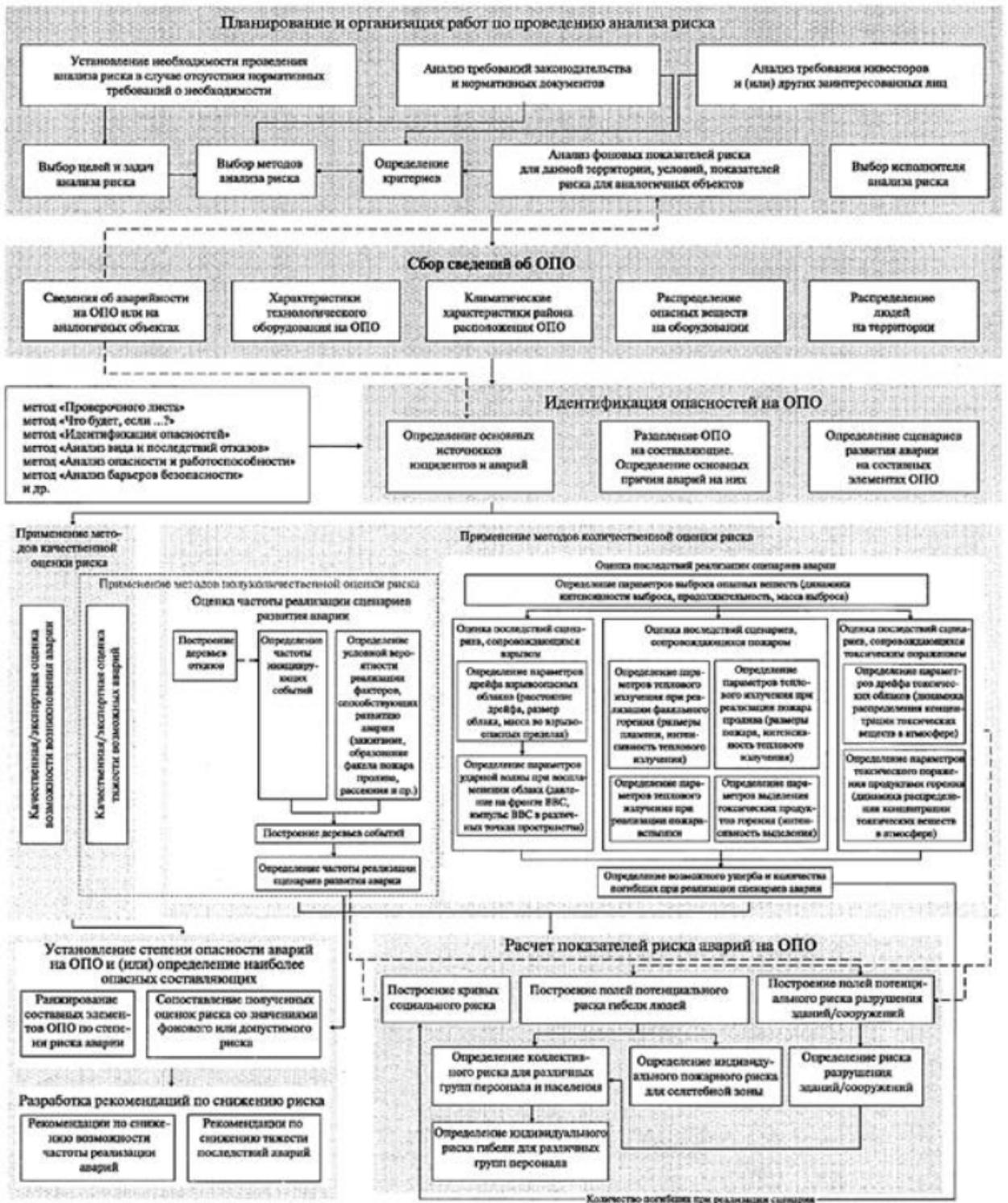


Рисунок 12 - Рекомендуемая схема анализа опасностей и оценки риска аварий, связанных с выбросом опасных веществ на ОПО

«Результаты анализа риска используются при декларировании промышленной безопасности опасных производственных объектов,

экспертизе промышленной безопасности, обосновании технических решений по обеспечению безопасности, страховании, экономическом анализе безопасности по критериям «стоимость безопасность выгода», оценке воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и при других процедурах, связанных с анализом безопасности.

Основные задачи анализа риска аварий на опасных производственных объектах заключаются в представлении лицам, принимающим решения:

- объективной информации о состоянии промышленной безопасности объекта;
- сведений о наиболее опасных, «слабых» местах с точки зрения безопасности;
- обоснованных рекомендаций по уменьшению риска» [25].

«Оценка риска аварии процесс, используемый для определения вероятности (или частоты) и степени тяжести последствий реализации опасностей аварий для здоровья человека, имущества и/или окружающей природной среды. Оценка риска включает анализ вероятности (или частоты), анализ последствий и их сочетания.

Приемлемый риск аварии риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально - экономических соображений. Риск эксплуатации объекта является приемлемым, если ради выгоды, получаемой от эксплуатации объекта, общество готово пойти на этот риск.

Риск аварии мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий. Основными количественными показателями риска аварии являются:

- технический риск вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за определенный период функционирования опасного производственного объекта;
- индивидуальный риск - частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий;

- потенциальный территориальный риск (или потенциальный риск) - частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке территории;
- коллективный риск - ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени;
- социальный риск, или F/N кривая - зависимость частоты возникновения событий F, в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек, от этого числа N. Характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасностей» [31].

«Процесс проведения анализа риска следует проводить по следующим основным этапам:

- планирование и организация работ;
- идентификация опасностей;
- оценка риска;
- разработка рекомендаций по уменьшению риска.

При выборе методов анализа риска следует учитывать цели, задачи анализа, сложность рассматриваемых объектов, наличие необходимых данных и квалификацию привлекаемых для проведения анализа специалистов. Приоритетными в использовании являются методические материалы, согласованные или утвержденные Госгортехнадзором России, или иными федеральными органами исполнительной власти» [3].

2.6 Рекомендация методики вероятности возникновения аварийных ситуаций на объектах электроэнергетики

На основании выше изложенного в пунктах 2.3-2.5 сделаем вывод:

- экспертизу промышленной безопасности (ЭПБ) необходимо проводить на всех этапах существования ОПО;
- экспертизе промышленной безопасности подвергаются все технические средства, эксплуатируемые на ОПО;

- основной задачей экспертизы промышленной безопасности является, выявления наиболее «слабых» участков ОПО;
- результатом экспертизы промышленной безопасности, является разработка рекомендаций по предупреждению аварийных ситуаций.

В [31], указывается что экспертиза промышленной безопасности проводится по методике сторонней (не эксплуатирующей) организации, которая имеет лицензию на проведение ЭПБ, и утвержденной в органах Ростехнадзора.

В [35] в приложении №1 говорится: «К опасным производственным объектам не относятся объекты электросетевого хозяйства». Да, электросетевое хозяйство «относительно» не опасно, при авариях, как правило, страдает только оборудование, но последствия отключения объектов электросетевого хозяйства может привести к плачевным ситуациям.

Подробнее рассмотрим пример катастрофы, ранее приведенный, произошедший в г. Москва 25 мая 2005 г. - в результате которой на несколько часов была отключена подача электроэнергии в несколько районов Москвы, Подмосковья, а также Тульской, Калужской и Рязанской областей.

Авария, предшествующая этой катастрофе, произошла на подстанции «Чагино», из-за отказа масляного выключателя. В жаркую погоду (нормой считается 26 °С) началось возрастание потребление электроэнергии, что привело к превышению максимально-допустимой нагрузки на трансформаторы, линии электропередач, коммутационную аппаратуру. Масляные выключатели, должны были отключить эту нагрузку, тем самым предотвратить развитие аварии, но этого не произошло т.к. отключающая способность выключателей не соответствовала требованиям безопасности (по причине выработки ресурса). В результате повышенная нагрузка на трансформатор, далее происходит увеличение температуры охлаждающей жидкости (масла) в трансформаторе, старая изоляция не выдерживает, происходит межвитковое короткое замыкание, что приводит к возгоранию трансформаторного масла - отключение электрооборудования (рисунок 13).

Выход из строя первого из шести трансформатора произошло 23 мая, по такому же сценарию, вначале десятого вечера 24 мая, выходит из строя ещё четыре трансформатора.



Рисунок 13 - Возгорание в силовом трансформаторе ПС Чагино

Последний трансформатор не выдержав нагрузки, в 05:30 25 мая, разрушился, вся подстанция окончательно встала, что привело к сбоям в работе московского энергокольца и во всей объединённой с ним энергосистеме европейской части России. Пошло каскадное обрушение московской энергосистемы:

- Аварийно отключилась ПС «Очаково»;
- Потеряна генерация ГЭС №1, на семи ТЭЦ и четырех ГРЭС;
- Отключение еще четырех подстанций из семи: ПС «Ногинск», ПС «Пахра», ПС «Калужская», ПС «Михайловская»;

- Отключение пяти московских электростанций и 15 питающих центров.

Последствие катастрофы:

- 6,5 млн человек в 5 регионах остались без электроэнергии;
- 20000 тысяч человек оказались заблокированы в остановившихся поездах московского метро и лифтах;
- Многие банки, как и биржи, вынуждены были прекратить работу, из-за нарушения каналов связи.
- Из-за аварии нарушилась связь со службами скорой помощи, полиции. Отключился основной Российский узел обмена интернет-трафиком - М9. 30% абонентов Москвы столкнулись с ухудшением сотовой связи, в связи с обесточиванием базовых станций.
- В течение дня не работали все промышленные предприятия города, в частности московский нефтеперерабатывающий завод на котором отключение электроэнергии чуть не привело к экологической катастрофе, из-за отключения насосов поддерживающие непрерывный цикл нефтеперегонки, что привело к большому выбросу скопившегося газа в атмосферу. Крупные убытки понесли три крупных мясокомбината - Микояновский, Бирюлёвский и Таганский, а также Царицынский молокозавод и почти все производители мороженого.
- Из-за перебоев с электроснабжением была приостановлена каждая третья из канализационных насосных станций города. В Москву-реку сбрасывались неочищенные сточные воды. Часть системы пострадала от гидроудара.

Общий ущерб от энергокризиса приблизительно составил 2,22 млрд. руб, так же непоправимый ущерб нанесен экологии московской области.

В связи с этим организации, которые имеют право на проведение ЭПБ, не проводят должного обследования электрооборудования на опасном производственном объекте; а также не учитывают электросетевое хозяйство,

которое находится за пределами опасного производственного объекта. Отключение внешних объектов электросетевого хозяйства, напрямую влияет на промышленную безопасность опасных производственных объектов.

Как видно из первой главы настоящей работы, одной из основных причин возникновения аварийных ситуаций происходит именно по вине электрооборудования.

Выводы по разделу.

В данной работе предлагается применять методику вероятности возникновения аварийных ситуаций на объектах электроэнергетики, для определения состояния и прогнозирования отказов электрооборудования применяемого на опасном производственном объекте.

Плюсы при использовании данной методики:

- данная методика показывает, насколько оборудование отвечает требованиям промышленной безопасности, как в частном случае, так и в общей схеме электроснабжения;
- возможна проверка всей системы электроснабжения, от генерации до потребления электроэнергии, с указанием самых «слабых» участков.
- указывается прогноз (вероятность) отказа оборудования.
- легкость использования методики, человеку не владеющим полным объемом знания, необходимого для экспертизы промышленной безопасности.

После комплексного исследования электрооборудования, используемого на опасном производственном объекте, получается число (коэффициент) которое будет отображать соответствие оборудования требуемой промышленной безопасности.

3 Методика вероятности возникновения аварийных ситуаций на объектах электроэнергетики

Для снижения аварийности на опасных производственных объектах, предлагается использовать методику вероятности аварий.

Методика вероятности аварий имеет следующий алгоритм, представленный на рисунке 14.



Рисунок 14 - Алгоритм методики вероятности аварии

Результаты испытаний электрооборудования - проводятся в соответствии с объемами и нормами испытания электрооборудования [34], и иными установленными нормативными документами.

Параметры необходимые для расчета надежности, берутся из паспортных данных электрооборудования и сравниваются с действующими

значениями, измеренные при испытании электрооборудования, так же проводится анализ отказов и ремонтов оборудования.

Качество электроэнергии необходимо для составления связи между параметрами сети, и состоянием электрооборудования, сроком его службы (для создания статистических данных).

После ввода данных в модель аварийности, получаем на выходе два блока: Индекс опасности - который будет отвечать на вопрос: «насколько данное оборудование опасно использовать?»; Надежность оборудования - «сколько времени можно безопасно эксплуатировать данное оборудование?».

На основании значений индекса опасности и надежности будут выдаваться рекомендации, по устранению «слабых» участков систем электроснабжения (оборудования), и прогноз как долго проработает оборудование.

Мониторинг будет рекомендован для слежения, за наиболее аварийными участками системы.

Надёжность - свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции в заданных режимах, условиях применения, стратегиях технического обслуживания, хранения и транспортирования [15]. Касаемо электрических систем бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды [39-44].

Алгоритм расчета надежности представлен на рисунке 15.

Входными параметрами данного блока, являются паспортные данные исследуемого оборудования и данные, полученные в результате замера действующих параметров оборудования и сети.

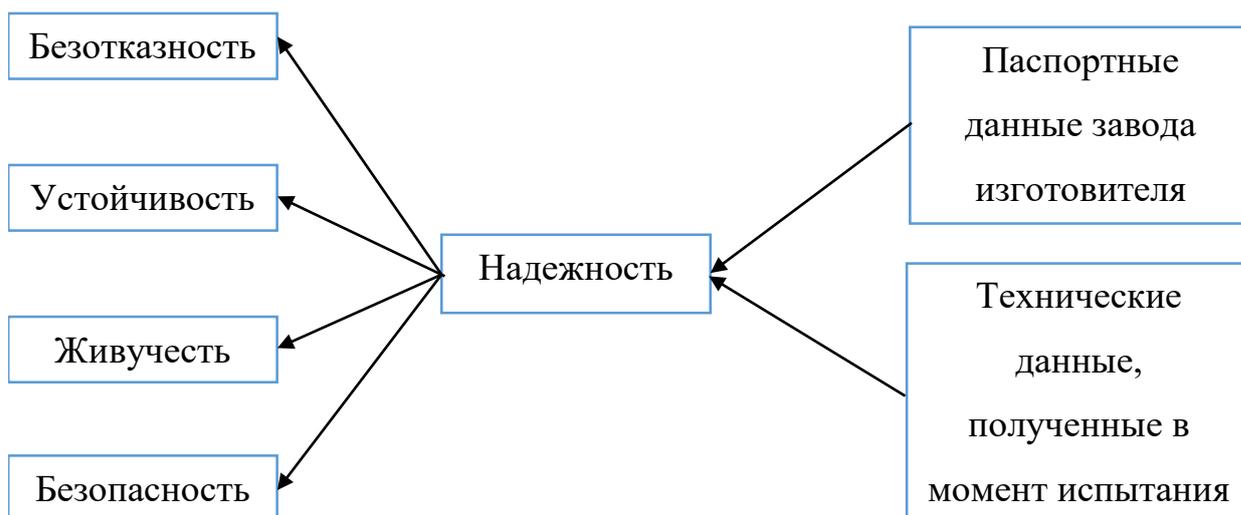


Рисунок 15 - Алгоритм расчета надежности

Безотказность — это свойство устройства или системы сохранять работоспособность в течение заданного времени в определенных условиях эксплуатации. В отличие от общей надежности, которая включает ремонтпригодность и долговечность, безотказность фокусируется именно на отсутствии отказов в работе.

Ключевые показатели безотказности:

- Средняя наработка на отказ - интервал времени между сбоями.
- Вероятность безотказной работы - процент исправной работы за указанный срок.
- Интенсивность отказов - частота возникновения неисправностей.

Безотказность достигается за счет качества компонентов (использование материалов с высокой износостойкостью; сертификация комплектующих по международным стандартам), инженерных решений (избыточность критических узлов; защита от внешних воздействий), проактивного мониторинга.

Безотказность - это результат сочетания точного инжиниринга, качественных материалов и умного контроля. В современную эпоху она

перестает быть идеалом и становится обязательным стандартом для любых объектов.

Живучесть - свойство объекта противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением питания потребителей. Живучесть - это не просто надежность. Если надежность означает работу без сбоев в обычных условиях, то живучесть подразумевает устойчивость к неожиданным и даже катастрофическим событиям.

Живучесть может достигаться за счет:

- избыточности. Самый простой способ - дублирование критически важных элементов.
- быстрого восстановления. Живучие системы умеют автоматически перестраиваться при повреждениях.
- защиты от внешних угроз. Это и физическая защита и кибербезопасность.
- адаптивности. Самые совершенные системы умеют «учиться» на происшествиях и улучшать свою устойчивость.

Сегодня живучесть - это не просто резервные системы и дублирующие элементы. Это новый подход к проектированию, при котором объекты изначально создаются с учетом возможных кризисных сценариев.

Безопасность - свойство объекта не допускать ситуаций, опасных для любой и окружающей среды.

Современные промышленные, энергетические и коммерческие объекты требуют особого внимания к вопросам безопасности. Речь идет не только о защите от внешних угроз, но и о предотвращении аварий, обеспечении сохранности оборудования и, главное, - жизни и здоровья людей.

Безопасность может быть нарушена из-за:

- Техногенных факторов (аварии, пожары, утечки опасных веществ).
- Природных явлений (ураганы, наводнения, землетрясения).
- Человеческого фактора (ошибки персонала, халатность, саботаж).

- Кибератак (взлом систем управления, кража данных).

Для минимизации рисков на объектах внедряют многоуровневую защиту:

- Физическая безопасность (контроль доступа, видеонаблюдение и датчики движения, ограждения, защитные барьеры).
- Промышленная безопасность (автоматические системы пожаротушения и газового контроля, регулярные проверки оборудования и профилактические ремонты, четкие регламенты действий в аварийных ситуациях).
- Кибербезопасность (защита систем и сетей от взлома, резервное копирование критически важных данных, обучение персонала основам цифровой гигиены).
- Охрана труда (средства индивидуальной защиты, тренинги по технике безопасности для персонала, медицинское сопровождение).

Безопасность объекта не просто набор правил, а комплексная система, объединяющая технологии, процессы и человеческий фактор. Только при таком подходе можно гарантировать защиту от внешних и внутренних угроз, минимизировать риски и создать устойчивую среду для работы и развития.

Это основные единичные свойства объекта, которые получим в результате расчётов, так же может быть использован и комплексный подход.

Качество электрической энергии - степень соответствия параметров электрической энергии их установленным значениям. Входными параметрами в этот блок будут заданные параметры электрической энергии (сети) и данные, полученные в результате замера действующих параметров сети.

На выходе методики получаем числовые характеристики, по которым делаем предположение о вероятности аварии, делаем рекомендации (указания) о замене какого-либо узла. По числовым характеристикам определяется, насколько надёжно данное оборудование, или насколько надёжна вся система, насколько безопасно эксплуатировать данное

оборудование и производится ли качественное снабжение предприятия (системы) и прочее.

Выводы по разделу.

Для снижения аварийности на опасных производственных объектах, разработана методика вероятности аварий. Параметры необходимые для расчета надежности, берутся из паспортных данных электрооборудования и сравниваются с действующими значениями, измеренные при испытании электрооборудования, так же проводится анализ отказов и ремонтов оборудования.

После ввода данных в модель аварийности, на выходе получаются два блока: Индекс опасности - который будет отвечать на вопрос: «насколько данное оборудование опасно использовать?»; Надежность оборудования - «сколько времени можно безопасно эксплуатировать данное оборудование?».

На основании значений индекса опасности и надежности будут выдаются рекомендации, по устранению «слабых» участков систем электроснабжения (оборудования), и прогноз как долго проработает оборудование.

Заключение

Основные причины несчастных случаев на объектах электроэнергетики:

- недостаточная подготовленность персонала к выполнению мероприятий, влияющих на безопасность работ;
- низкая 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.

Проведя анализ аварийности можно сделать вывод, что основными причинами аварийных ситуаций на опасном производственном объекте являются:

- износ основных фондов оборудования;
- работа оборудования на параметрах превышающие паспортные данные;
- не соблюдение норм и правил технического обслуживания оборудования;
- отступление от регламента работ, нарушение технологического процесса;
- неправильное распределение финансов, выделяемые на модернизацию оборудования;
- неквалифицированный эксплуатирующий и обслуживающий персонал;

- не правильная организация работ.

В диссертационной работе приведена новая методика оценки состояния электрооборудования, которая основывается: на статистических данных, приведенных с 2015 по 2022 г. эксплуатации опасных производственных объектов; на данных измерения параметров электрооборудования согласно ОиКМЭ; на результатах расчетов надежности.

Плюсы при использовании данной методики:

- данная методика показывает, насколько оборудование отвечает требованиям промышленной безопасности, как в частном случае, так и в общей схеме электроснабжения;
- возможна проверка всех системы электроснабжения, от генерации до потребления электроэнергии, с указанием самых «слабых» участков.
- указывается прогноз (вероятность) отказа оборудования.
- легкость использования методики, человеку не владеющим полным объемом знания, необходимого для экспертизы промышленной безопасности.

После комплексного исследования электрооборудования, используемого на опасном производственном объекте, получается число, которое будет отображать соответствие оборудования требуемой промышленной безопасности.

Профилактика возникновения аварий, менее дорогостоящая, чем ликвидация аварий и её последствий.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анищенко В.А. Надёжность систем электроснабжения : Учеб. пособие. Минск : Технопринт, 2001. 129 с.
2. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2014. 512 с.
3. Бледных Д.М., Шаповалов С.В., Черненко А.Н. Проблемы снижения рисков крупных техногенных аварий на предприятиях электроэнергетики // Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов. IV Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов: сборник трудов. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. С. 9-11.
4. Буторин В.А., Царев И.Б., Буторин Д.В. Расчет ущерба предприятий по обслуживанию сельских распределительных сетей, вызванного дефицитом аварийного резерва запасных элементов // Достижения науки и техники АПК. 2023. №12. С. 60-62.
5. Гайсин Б.М., Шахмаев И.З., Илюшин П.В., Рабинович М.А. О влиянии организационно-технических мероприятий на каскадное развитие аварий в электроэнергетических системах с неоднородными параметрами // Электричество. 2023. №5. С. 24-37.
6. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2015 году. ЗАО «НТЦ ИППБ». М.: 2016. 361 с.
7. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 году. ЗАО «НТЦ ИППБ». М.: 2017. 397 с.
8. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году. ЗАО «НТЦ ИППБ». М.: 2018. 420 с.

9. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году. ЗАО «НТЦ ИППБ». М.: 2019. 410 с.
10. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2019 году. ЗАО «НТЦ ИППБ». М.: 2020. 389 с.
11. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2020 году. ЗАО «НТЦ ИППБ». М.: 2021. 469 с.
12. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2021 году. ЗАО «НТЦ ИППБ». М.: 2022. 407 с.
13. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2022 году. ЗАО «НТЦ ИППБ». М.: 2023. с.
14. ГОСТ 12.1.009-2017. ССБТ. Электробезопасность, Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2019. 24 с.
15. ГОСТ Р 27.102-2021. Надёжность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. М.: Российский институт стандартов, 2021. 40 с.
16. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984. 448 с.
17. Закирова В.Р. Проблемы надежности электроснабжения Северо-запада Российской Федерации на примере Мурманской области // Вестник науки и образования. 2019. №4-2 (58). С. 28-30.
18. Извеков Е.А., Картавец В.В. Оценка повышения надежности электроснабжения потребителя, резервируемого с помощью системы накопления энергии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. №2 (73). С. 53-63.

D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B9%20(%D1%81..._%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82.pdf (дата обращения 29.02.2025).

28. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Москва: Изд-во Проспект, 2023. 176 с.

29. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. 3-е изд. Москва : ИНФРА-М, 2024. 187 с.

30. Правила устройства электроустановок: действующие разделы 6-го и 7-го изданий. Москва : ИНФРА-М, 2023. 832 с.

31. Приказ Ростехнадзора от 03.11.2022 № 387 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/rukovodstva-po-bezopasnosti/31.%20Пр-387%20от%2003.11.2022.pdf> (дата обращения 28.12.2024).

32. Системный оператор единой энергетической системы. URL: <https://www.so-ups.ru/memorial-day/history-event/news/9879/> (дата обращения 16.05.2024).

33. СО 34.04.181-2003 «Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей». URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=418097#6UBJVaUykP1GZulu> (дата обращения 29.02.2025).

34. СТО 34.01-23.1-001-2017. «Объем и нормы испытаний электрооборудования». URL: <https://www.rosseti.ru/upload/iblock/b36/dowqrii80ps20qe1m21e1cu204yuckyk1.pdf> (дата обращения 21.12.2024).

35. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (ред. от 08.08.2024 № 232-ФЗ). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения 29.12.2024).

36. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf> (дата обращения 29.02.2025).

37. Яшков В.А., Конарбаева А.А., Исмагулова А.И. О надежности систем электроснабжения и устойчивости технологических систем // Перспективное развитие науки, техники и технологий : материалы II-ой Международной научно-практической конференции в 2-х томах, Курск, 17 октября 2012 года. Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2012. С. 173-175.

38. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. 504 с.

39. Billinton R., Allan R.N. Reliability evaluation of Power Systems. Springer Science & Business Media, 2013. 514 pp.

40. Billinton R., Li W. Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods, Plenum Press, New York, 1994.

41. Birolini A. Reliability Engineering, Theory and Practice, 5th ed., Springer, Berlin, 2007.

42. Schlapfer M., Kessler T., Kroger W. Reliability Analysis of Electric Power Systems Using an Object-oriented Hybrid Modeling Approach. 2013.

43. Seddighachkanloo M. Electric Power System Reliability. 2015.

44. Singh C., Jirutitijaroen P., Mitra J. Electric Power Grid Reliability Evaluation: Models and Methods, Wiley-IEEE Press, 2019. 352 pp.