

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка пожарных рисков при эксплуатации турбогенератора на ТЭС
УДК 614.842.6.026.1:621.311.22.002.5:621.313.322-81(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E41	Фокина Алена Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина Анна Николаевна	канд.хим.наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора Игнат Валерьевич	канд.экон.наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Екатерина Владимировна	канд.хим.наук		

Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
Профиль		
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8), требованиями проф.стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф.стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф.стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Е.В. Ларионова
01.04.2019 г.

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Е41	Фокиной Алене Александровне

Тема работы:

Оценка пожарных рисков при эксплуатации турбогенератора на ТЭС	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.01.2019 г. №411/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – турбинное отделение и технологическое оборудование, находящееся на территории Томской государственной районной электростанции -2. Режим работы – непрерывный. Турбинное отделение ТЭС является объектом повышенной пожарной опасности по причине наличия горючего масла в маслосистемах технологического оборудования и наличия водорода в системе газового охлаждения генератора.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Провести аналитический обзор по литературным источникам с целью набора материала по опасным производственным объектам; обсуждение результатов выполненной работы. Составление вариационной модели развития ЧС на исследуемом объекте. Проведение расчетов с целью определения масштаба последствий в результате ЧС. Предложение рекомендаций направленных на предупреждение ЧС

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Доцент, к.э.н. Подопригора Игнат Валерьевич
Раздел «Социальная ответственность»	Старший преподаватель Гуляев Милий Всеволодович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.04.2019 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина Анна Николаевна	К.Х.Н		01.04.2019 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E41	Фокина Алена Александровна		01.04.2019 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Уровень образования бакалавриат
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2019 г.	Сбор материалов и изучение технологического процесса турбинного отделения и турбоагрегата Томской ГРЭС-2	20
16.04.2019 г.	Подбор литературы по теме исследования	10
30.04.2019 г.	Разработка логико-вероятностной модели развития ЧС на исследуемом объекте. Расчет критериев пожарной безопасности	25
07.05.2019 г.	Подбор материалов для изучения рекомендаций направленных на предупреждение ЧС. Выбор методов, технологий для организации защиты объекта.	15
14.05.2019 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
20.05.2019 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина Анна Николаевна	к.х.н		05.02.2018

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Екатерина Владимировна	к.х.н.		05.02.2018

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1E41	Фокиной Алёне Александровне

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	Объектом исследования является оценка рисков при эксплуатации турбогенератора на ТЭС. Помещение турбинного отделения, блочный щит управления (БЩУ) старшего машиниста ТЦ.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов – повышенный уровень шума на рабочем месте; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень электромагнитных полей (ЭМП); – неудовлетворительный микроклимат; – поражение электрическим током; – повышенный уровень вибрации. – Пожаровзрывоопасность.
2. Экологическая безопасность	– Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду – Решение по обеспечению экологической безопасности
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Анализ возможных ЧС на объекте; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E41	Фокина Алена Александровна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-IE41	Фокиной Алене Александровне

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 20000 руб. Оклад студента – 8000 руб. Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Премияльный коэффициент руководителя 30%; - Доплаты и надбавки руководителя 30%; - Дополнительной заработной платы 15%; - Накладные расходы 16%; - Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- Отчисления на социальные нужды 28%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на НИ: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
3. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора Игнат Валерьевич	канд. экон. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-IE41	Фокина Алена Александровна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 97 с., 11 рис., 25 табл., 26 источников, 8 приложений.

Ключевые слова: пожарный риск, оценка пожарных рисков, теплоэлектростанция, система охлаждения генератора, пожарная безопасность турбинного отделения.

Объектом исследования является промышленная площадка Томской ГРЭС-2 (АО «Томская генерация»), в качестве предмета исследования выбран турбогенератор и турбинное отделение.

Цель работы – оценка пожарных рисков при эксплуатации турбогенератора на ТЭС.

В процессе исследования объект был проанализирован на возможные потенциальные опасности, которые могут привести к утечке горючего газа на предприятии. На основании проведенного анализа была построена логико-вероятностная модель развития сценариев, которые способны привести к возникновению ЧС. В случае аварии и утечки водорода из системы газового охлаждения генератора с последующим возгоранием были определены зоны полных, сильных, средних и слабых разрушений, а также определена интенсивность теплового излучения и время действия огненного шара.

Был проведен анализ действующих мероприятий по предупреждению утечки газа в помещение турбинного отделения, предложены рекомендации, которые позволят минимизировать риск возникновения ЧС на объекте.

Степень внедрения: средняя

Область применения: предприятия топливно-энергетического комплекса

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- БЩУ – блочный щит управления;
- ГГ – горючий газ;
- ГЖ – горючая жидкость;
- ГРЭС – государственная районная электростанция;
- ГЩУ – главный щит управления
- КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;
- ЛМЗ – Ленинградский металлический завод;
- МЧС – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;
- ПБ – пожарная безопасность;
- РДУ – региональное диспетчерское управление;
- РЭУ – распределительное электрическое устройство;
- ТА – турбоагрегат;
- ТГ – турбогенератор;
- ТМЗ – Таганрогский металлургический завод;
- ТЦ – турбинный цех;
- ТЭС – тепловая электрическая станция;
- ЧС – чрезвычайная ситуация.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1. Инструкция о мерах пожарной безопасности на ГРЭС – 2
2. Специальная оценка условий труда на ГРЭС - 2
3. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
4. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
5. ГОСТ 12.1.002-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
7. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
8. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
9. ГОСТ 12.1.003-80 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
10. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
11. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах
12. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1 ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТЭС И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ	16
1.1 Пожарная безопасность на ТЭС	16
1.2 Статистика пожаров на ТЭС	17
1.3 Методологические подходы к оценке пожарного риска	20
1.4 Классификация пожарных рисков	24
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	26
2.1 Характеристика объекта исследования	26
2.2 Пожарная опасность в турбинном цехе	29
2.3 Факторы пожарной опасности ТЦ	31
2.3.1 Система газового охлаждения генератора как пожарный риск	32
2.4 Основные требования пожарной безопасности в цехе	34
2.5 Средства пожаротушения в турбинном цехе	36
3 РАСЧЕТ КРИТЕРИЕВ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ В ТЦ	40
3.1 Построение и анализ логико-вероятностной модели	40
3.2 Критерии пожаровзрывоопасности в турбинном цехе	43
4 ЗОНЫ РАЗРУШЕНИЯ И ОЦЕНКА ПОРАЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ	45
5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТУРБИННОМ ОТДЕЛЕНИИ	49
5.1 Автоматизированный контроль	50
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	53
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	53
6.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	53
6.2 Производственная безопасность	54
6.2.1 Анализ опасных и вредных факторов	54
6.3 Экологическая безопасность	62
6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	62
6.3.2 Меры, принимаемые на ГРЭС-2 для охраны окружающей среды	63
6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
6.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	64

6.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	65
6.4.3 Действия персонала при возникновении пожара	67
7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	69
7.1 Анализ конкурентных технических решений.....	70
7.2 Планирование научно-исследовательских работ	71
7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	71
7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	72
7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	74
7.3.2 Расчет материальных затрат НТИ.....	77
7.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	78
5.3.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	80
7.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	80
7.3.6 Накладные расходы	81
7.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	85
ПРИЛОЖЕНИЕ А	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	89
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	95
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ И	97

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире энергетика является технической системой, а также важной частью социальной подсистемы, поскольку она связана как с функционированием коммуникаций, промышленного сектора, транспорта и коммунальных услуг, так и связанные с ними социальное обеспечение и экологическая безопасность.

В энергетический комплекс России входят более 600 электростанций удельной мощностью более 5 МВт с общей установленной мощностью 220 тыс. МВт. Пожары, когда огонь распространяется не более чем на одну единицу мощности, происходят в среднем три раза в год.

Важно отметить, что характерной особенностью является возраст оборудования, используемого на ТЭС. Согласно данным Министерства энергетики РФ, средний возраст генерирующего оборудования России составляет 35 лет – при этом установленный в отрасли норматив службы составляет 40 лет. Высокий износ технологического оборудования приводит к росту аварийных случаев.

Актуальность темы обусловлена тем, что наличие горючего газа водорода в системе охлаждения турбогенератора и других веществ в помещении турбинного цеха, являются пожаровзрывоопасными. При наличии источника зажигания есть вероятность возникновения пожара, что приводит не только к материальным и экономическим потерям, но и к травмоопасным последствиям для персонала, а также распространению пожара или его последствий на селитебную зону и ущерб для окружающей среды.

Целью работы является оценка величин пожарного риска турбинного цеха государственной районной электростанции города Томска.

Достижение указанной цели осуществляется решением следующих основных задач:

1. изучить теоретические основы оценки пожарных рисков;

2. произвести анализ объекта энергетики с точки зрения пожарной опасности;
3. произвести расчеты и анализ пожарных рисков;
4. произвести расчеты зон поражения при возникновении ЧС;
5. предложить рекомендации по предупреждению ЧС и повышению уровня пожарной безопасности объекта исследования.

1 ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТЭС И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ

1.1 Пожарная безопасность на ТЭС

Объекты энергетической промышленности представляют важную стратегическую и экономическую роль в развитии государства и жизнеобеспечения городов. Энергетика стремительно развивается и в связи с этим повышается актуальность проблем и появление рисков, связанных с пожарной безопасностью на таких объектах энергетического комплекса, как теплоэлектростанция. При угрозе возникновения пожара на опасном объекте повышается риск для жизни персонала, возможны перебои в подаче тепла и электроэнергии потребителям, поэтому своевременное тушение пожара является основной целью для минимизации опасных факторов.

Рассматривая теплоэлектростанцию со стороны противопожарной безопасности в роли объекта защиты, то каждый объект теплоэнергетики представляет собой совокупность различных объектов с собственными пожароопасными характеристиками.

Для повышения и улучшения противопожарной безопасности на теплоэлектрических станциях устанавливается комплекс технических систем противопожарной защиты, которые включают в себя различные приборы для обнаружения очагов возгорания, такие как световые и звуковые устройства, оповещающие персонал о возникновении пожара, автоматические системы пожаротушения. В турбинном отделении при возникновении возгораний дым заполняет помещения в считанные минуты, поэтому так же важно наличие противодымных систем.

Установка вышеперечисленных систем регулируется Федеральным законом от 22.02.2008 г. 123 ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

До прибытия пожарных подразделений на предприятии должна быть организована своевременная эвакуация персонала и материальных ценностей в безопасную зону, предприняты меры по снижению воздействия пожара, предприняты меры по эффективному тушению пожара и прекращению его распространения [1].

Применение вышеперечисленных способов комплексной противопожарной защиты позволяет избежать несчастных случаев среди персонала и максимально снизить экономический ущерб для предприятия от воздействия пожара до приезда пожарных служб.

1.2 Статистика пожаров на ТЭС

В отделениях теплоэлектростанции расположено большое количество технологического оборудования под напряжением. Наличие горючей нагрузки в виде машинного и трансформаторного масла, а также изоляции кабелей и горючего газа (водорода) характеризуется повышенной сложностью пожара.

Крупные пожары на объектах энергетики часто происходят в холодное время года, когда теплоэлектростанция и оборудование работают с высокой нагрузкой, то есть работают в осенне-зимний период.

Термин осенне-зимний сезон обозначает период времени, в течение которого должны быть осуществлены комплексные мероприятия, такие как включение в работу систем теплового снабжения, прохождение и завершение сезона подачи тепла потребителям или обеспечение отпуска тепловой энергии. В этот период наблюдается повышение количества аварий чаще всего, по причине некачественно проведенных ремонтных и восстановительных работ.

Примерно «90% крупных аварий на ТЭС вызваны отказами в работе оборудования и сопровождались пожаром, 10% - являются следствием повреждения строительных конструкций. На долю аварий, произошедших в машинных отделениях, приходится 95 % и около 5% - в кабельных туннелях»

[2]. В приложении Б приведен перечень аварий на теплоэлектростанциях за период с 2004 г. по 2017 г с последующим возгоранием.

Согласно статистике, основными причинами пожаров на ТЭС являются:

- нарушение правил эксплуатации электрооборудования;
- самовозгорание топлива;
- взрыв или утечка масла;
- нарушение требований пожарной безопасности персоналом;
- усталостное разрушение металла на оборудовании.

На (рис.1) приведена статистика аварийности на объектах энергетики в пределах Сибирского федерального округа по видам поврежденного оборудования электростанций.

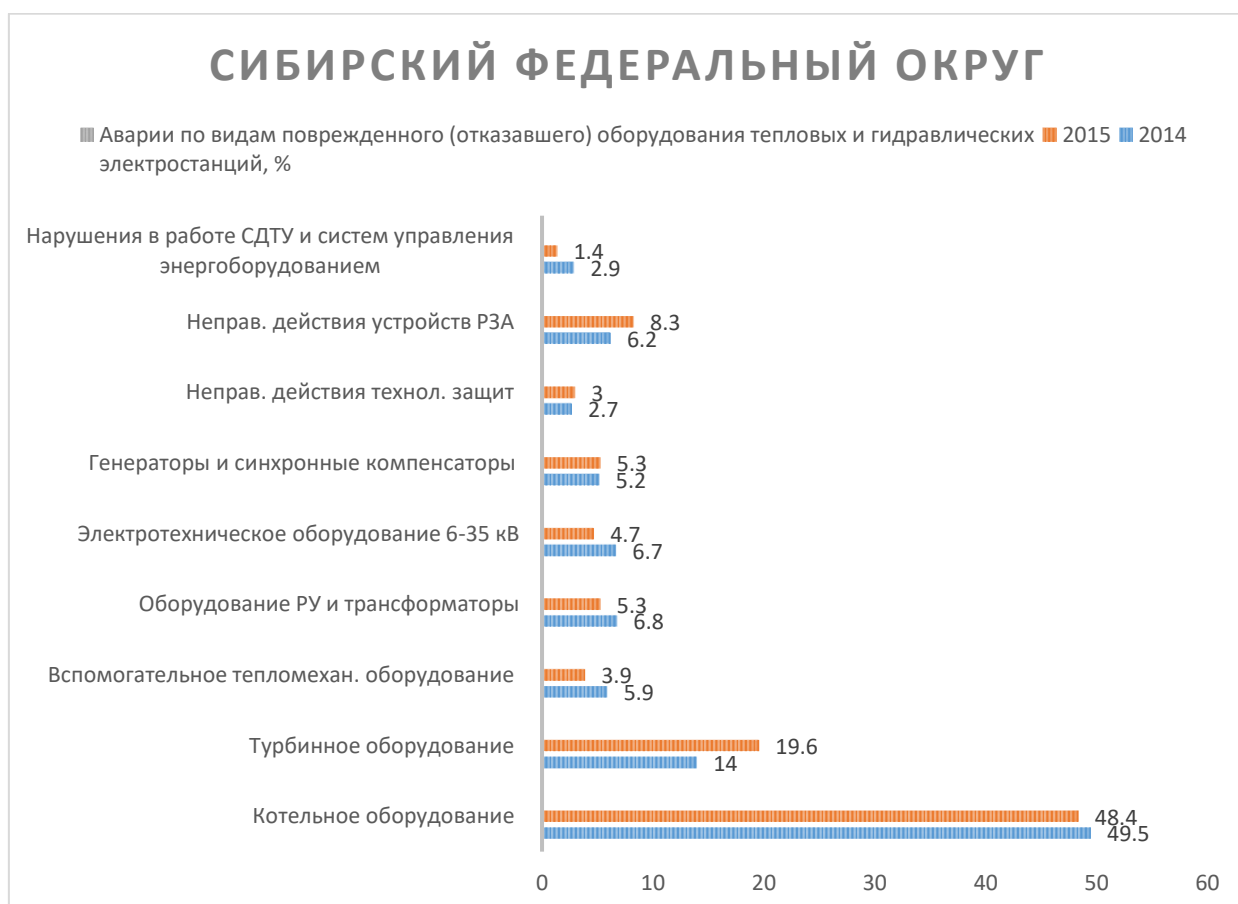


Рисунок 1 – Аварийность на объектах электроэнергетики СФО по видам энергооборудования

Как видно из графика (рис. 1), основная часть аварий приходится на: котельное и турбинное оборудование. По графическим данным аварийное состояние турбинной установки увеличилось на 5,6 %.

Рассмотрим общую группу причин, приводящих к авариям на объекте энергетики (рис. 2) из доклада Министерства энергетики Российской Федерации «О ходе подготовки субъектов электроэнергетики Российской Федерации к осенне-зимнему периоду 2014-2015 годов» от 31.10.2014 [3].



Рисунок 2 – Основные причины аварий на электростанциях (%)

Согласно данным за период 2014-2015гг, основной причиной аварий является:

- котельное оборудование – 34%
- турбинное оборудование – 22%

При сравнении статистических данных из (рис.1) и (рис.2) можно сделать вывод, что основной причиной аварийности на ТЭС, является котельное и турбинное оборудование.

Причины аварий в энергосистеме подлежат расследованию в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 28.10.2009 № 846 «Об утверждении правил расследования причин аварий в электроэнергетике»

Последствия аварий на ТЭС приводят к частичному или полному сбросу нагрузки, что негативно сказывается на поступлении электрической и

тепловой энергии потребителям. Также следствием аварии могут быть повреждения оборудования, угроза здоровью персонала, разрушение зданий и сооружений.

В завершении анализа можно дополнить, что в период максимальных нагрузок на тепловой электростанции, очень важен результат грамотной работы всего персонала. «Важным условием безаварийной работы является сохранение персоналом спокойствия при изменении режима или возникновении неполадок, дисциплинированное и сознательное выполнение указаний инструкций и распоряжений старшего персонала, недопущение суеты, растерянности, вмешательства в работу посторонних лиц и нарушения единоначалия в смене» [14].

1.3 Методологические подходы к оценке пожарного риска

Вопросы, связанные с противопожарной безопасностью промышленных объектов, регулируются Федеральным законом от 22.07.2008 г.123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», который «определяет основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и общие принципы обеспечения пожарной безопасности» [1].

В соответствии с упомянутым документом определение величины пожарного риска осуществляется в следующих случаях:

- Частичное несоответствие обязательным требованиям противопожарной безопасности, которые установлены действующими нормативно-правовыми актами.
- Разработка систем противопожарной сигнализации и защиты для предохранения людей, технологического оборудования и иных материальных ценностей от воздействия опасных факторов возгораний либо с целью минимизации негативных последствий.
- Оформление декларации противопожарной безопасности в рамках соответствующих организационно-технических мероприятий.

- Разработка требований противопожарной безопасности и их обоснование с целью создания технических условий на проектирование специальных систем для промышленных зданий и производственных сооружений.

- Результаты расчетов оформляются в виде письменного отчета, а полученные по итогам вычислений показатели используются в проектной и иной документации объекта.

Оценка пожарного риска необходима для определения степени воздействия на людей поражающих факторов от возгораний. Она осуществляется путем сравнения времени, необходимого на эвакуацию и времени наступления критических показателей наиболее опасного для человека фактора пожара. При определении величины риска во внимание принимаются предпринятые руководством предприятия меры, направленные на уменьшение частоты возникновения возгораний и тяжести их последствий.

Оценка пожарного риска – важная проверка, которая может проводиться как государственными органами, так и частными компаниями, имеющими лицензию на оказание данного вида услуг. В последнем случае аудит будет независимым. Это экспертиза, которая проводится предприятиями на соответствие фактических условий с действующим критериями ПБ.

Порядок проведения оценки риска основывается на соответствующих Правилах проведения расчетов, а также на основе 123-ФЗ. Процедура включает следующие стадии:

- анализ пожарной опасности производственного объекта;
- определение частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;

- анализ систем обеспечения пожарной безопасности.

Анализ оценки рисков проводят, если снижен уровень безопасности, для выявления недочетов, уменьшения рисков появления экстремальных ситуаций.

Нормативные документы в сфере пожаробезопасности

Правительством Российской Федерации было принято постановление «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» от 31 марта 2009 г. Вместе с постановлением для всех объектов, задействованных в производстве, разработали специальную методику «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах 404» [4].

Документ содержит информацию о методах расчета, которые применяют для осуществления анализа и оценки рисков, так же приведены данные о горючих веществах, которые могут стать причиной возгорания и их физико-химические свойства.

Определение расчетных величин пожарного риска проводится по методикам, утвержденным МЧС России. В настоящее время утверждены приказами МЧС следующие методики:

- «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (приказ МЧС от 30.06.2009 г. № 382) [5];
- «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (приказ МЧС от 10.07.2009 г. № 404) [4].

Документ «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» разработан на основе:

1. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»;
2. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»;
3. «Руководства по оценке пожарного риска для промышленных предприятий»

4. РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов»;

5. РД 03-409-01 «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей»;

6. международных руководств, по оценке пожарного риска [6].

Оценка позволяет исправить все недочеты, оптимизировать расходы на обязательное государственное страхование, уменьшить финансирование систем пожаротушения, минимизировать пожароопасные ситуации и сократить ущерб в случае возникновения очагов возгорания.

Для наглядности алгоритм обеспечения пожарной безопасности объекта защиты, можно сформулировать в виде поэтапной схемы, представленной на (рис. 3).



Рисунок 3 – Алгоритм обеспечения пожарной безопасности объекта

Обеспечение пожарной безопасности объекта, как показано на (рис. 3) начинается с определения и анализа возможных пожарных рисков, характерных объекту защиты. Следующим шагом идет оценка значений рисков и определение их факторов, которые влияют на каждое значение пожарного критерия, после чего нужно определить текущие и допустимые значения риска. Последним этапом нужно разработать и применить методы и

технологии управления риском для обеспечения пожаровзрывобезопасности объекта защиты.

Так же для определения пожарных рисков можно использовать метод вероятности событий, то есть «дерева событий» или «дерева отказов». Данный метод позволяет рассмотреть события, исходящие из главного события (аварийной ситуации).

«Дерево событий» и «дерево отказов» используются для выявления причинно-следственных связей между аварийными событиями и «анализа последовательности (вариантов) развития аварии, включающей сложные взаимосвязи и взаимодействия между техническими системами обеспечения безопасности» [6].

Методология «дерева событий» и «дерева отказов» дает возможность:

- описать сценарии аварий с различными последствиями от различных исходных событий;
- определить взаимосвязь отказов систем с последствиями аварии;
- сократить первоначальный набор потенциальных аварий и ограничить его лишь логически значимыми авариями;
- идентифицировать верхние события для анализа дерева отказов [6].

1.4 Классификация пожарных рисков

В оценке пожарной безопасности предприятия или объекта, важной частью является определение и расчет рисков. Понятие «пожарный риск» служит переходным звеном от состояния безопасности к состоянию опасности и оценивает вероятность развития ситуации в критическом направлении, которая может быть связана с травмой или гибелью человека, гибелью или материальными потерями. В «Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» ФЗ-123 «пожарный риск определяется, как мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и её последствий для людей и материальных ценностей» [1].

Цель анализа рисков в возможности представить масштабы последствий возникновения пожара и принять меры к их уменьшению. Отсутствие любого вида опасности в системе объекта защиты невозможна, но есть возможность свести риск к минимальному значению.

«В сущности, все известные способы и методы обеспечения пожарной безопасности являются средствами управления пожарными рисками. Однако, управляя ими мы можем уменьшить степень опасности объекта защиты, тем самым повысить степень его безопасности до максимально возможного в современных условиях уровня» [7].

При классификации пожарных рисков основываются на ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», где определены следующие виды рисков:

Допустимым называется вид риска, уровень которого может считаться допустимым и обоснованным в силу социально-экономических условий.

Социальным называется вид риска, степень которого ведет к гибели групп людей в результате воздействия на них пожароопасных факторов.

Индивидуальным называется риск, уровень которого может привести к гибели человека в результате воздействия пожароопасных факторов.

Кроме упомянутых видов, риски могут подразделяться и по другим признакам, например, риск возникновения пожара, риск возможности столкнуться с пожаром или риск получения травм при пожаре.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика объекта исследования

Тепловая электростанция в Томске, является структурным подразделением АО «Томская генерация» входит в состав группы «Интер РАО». Операционная зона: «Региональное диспетчерское управление энергосистем Кемеровской и Томской областей» (Кемеровское РДУ).

Промышленная площадка Томской ГРЭС-2 (рис. 4) расположена в Советском районе г. Томска, в 3-х км от реки Томь. ГРЭС-2 - самая мощная электростанция города Томска, ее установленная электрическая мощность составляет 331 МВт, тепловая – 815 Гкал/ч. Томская ГРЭС-2 обеспечивает теплоснабжение центральной и южной части города Томска.



Рисунок 4 – Томская ГРЭС-2. Турбинное отделение

Источником воды Томской ГРЭС-2 служит река Томь, вода на электростанцию подаётся от собственной береговой насосной станции (БНС-1). Система охлаждения конденсаторов турбин и оборудования электростанции – обратная с испарительными градирнями башенного типа

в количестве четырех штук, одна – площадью орошения 1200 м², три – площадью орошения 1600 м².

На котлах Томской ГРЭС-2 сжигают как каменный уголь Кузнецкого бассейна, так и природный газ, поставляемый газораспределительной станцией ООО «Газпром трансгаз Томск». Мазут на электростанции используется только в качестве растопочного топлива.

Система золоулавливания на котлах – мокрая. Система золошлакоудаления обратная, гидравлическая. Действующий золоотвал находится в 12 км от ГРЭС-2.

Основной структурной единицей тепловой электростанции являются различные цеха (табл. 1).

Таблица 1 – Структура Томской ГРЭС-2

<i>Наименование</i>	<i>Исполнительная функция</i>
Цех топливоподачи	Подача твердого топлива и его подготовка, железнодорожный и автомобильный транспорт, разгрузочные эстакады и склады топлива
Котельный цех	Выработка пара, подача пара в турбоагрегат, пылеприготовление и золоудаление
Турбинный цех	Ответственный за выработку и подачу тепловой и электрической энергии
Электрический цех	В ведении цеха электрическое оборудование станции, электротехническая лаборатория, электроремонтная мастерская и трансформаторная мастерская, масляное хозяйство и связь
Цех гидротехнических сооружений	Обеспечение водоснабжения станции
Цех тепловой автоматики и измерений	Обслуживание и ремонт контрольно-измерительной аппаратуры станции
Цех ремонтного обслуживания	Проведение ремонтно-восстановительных работ на основном и вспомогательном оборудовании станции

Объектом нашего исследования является турбинное отделение (рис. 4), главной задачей которого является выработка и поддержание качества тепловой и электрической энергии. Оперативный персонал круглосуточно следит за эксплуатацией турбин и вспомогательного оборудования. В ведении цеха находится оборудование технического водоснабжения. Основным оборудованием ТЦ являются турбоагрегаты, представляющие собой совокупность паровой или газовой турбины и электрической машины (генератора) (табл.2.).

Таблица 2 – Состав основного турбинного оборудования

<i>Турбина ст.№</i>	<i>Тип (марка) турбины</i>	<i>Завод- изготовитель</i>	<i>Год ввода в эксплуатацию</i>	<i>Тип генератора</i>	<i>Вид охлаждения</i>
ТА ст.№ 2	T-50/60-8.8	ЛМЗ	01.12.09	ТФ-63-2УЗ	Воздушное
ТА ст.№ 3	T-43-90-2М	ЛМЗ	20.01.53	T2-50-2	Воздушное
ТА ст.№ 5	T-43-90-2М	ЛМЗ	20.08.58	ТВ-50-2	водородное
ТА ст.№ 6	ПТ-25-90/10	ТМЗ	01.06.59	ТВ2-30-2	водородное
ТА ст.№ 7	ПТ-60-90/13	ЛМЗ	10.06.60	ТВФ-60-2	водородное
ТА ст.№ 8	T-125-130-8	ТМЗ	30.12.97	ТФП-110 - 2УЗ	Воздушное

Выработка тепловой и электрической энергии – это сложный технологический процесс, включающий в себя обширный комплекс технологических решений. Рассмотрим тепловую схему типичного турбоагрегата с теплофикационным отбором пара (рис 5).

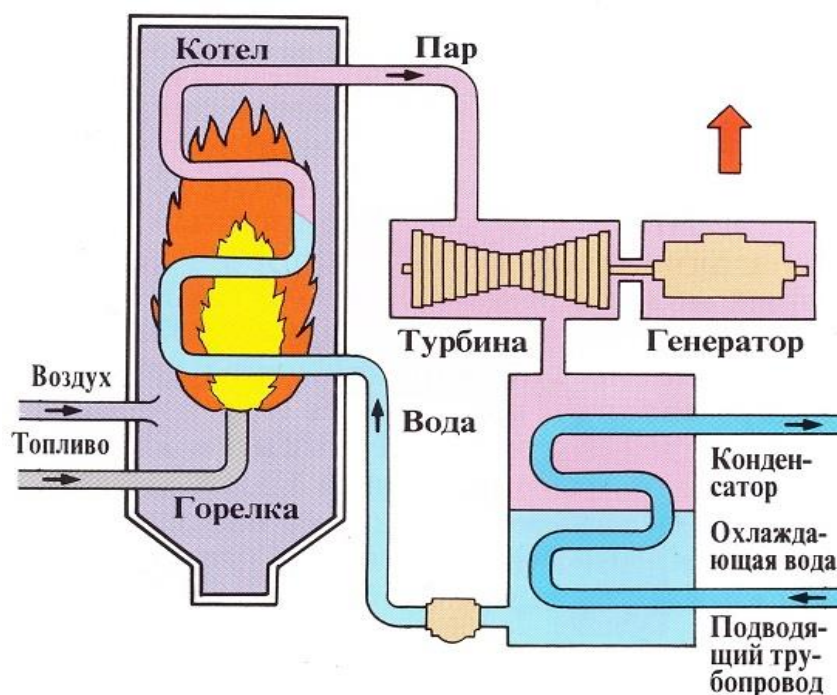


Рисунок 5 – Технологический процесс теплоэлектростанции

Непосредственно работа турбоагрегата начинается с выработки пара в котельном агрегате (паровой котел), далее выработанный пар по паропроводам высокого давления поступает в проточную часть турбоагрегата. Пар поступает на лопатки турбины и совершая работу превращает кинетическую энергию пара в механическую энергию вращения ротора генератора, вследствие чего турбогенератор вырабатывает электрическую энергию. Пар через теплофикационный отбор турбины поступает на подогреватели воды (сетевой воды) на нужды потребителей, тем самым обеспечивая подачу тепла в жилые дома, государственные учреждения, предприятия и т.д. Электрическая энергия, выработанная генератором, через распределительное электрическое устройство (РЭУ) по линиям электропередач поступает потребителям.

2.2 Пожарная опасность в турбинном цехе

Повышенная пожароопасность турбинного цеха ТЭС главным образом определяется возможностью аварий турбоагрегатов. К таким причинам относятся:

- физическое изнашивание оборудования;

- некачественный ремонт;
- ошибочные действия персонала;
- отсутствие совершенных средств обнаружения и подавления загораний.

Турбинное отделение характеризуется наличием большого количества машинного масла и в связи с этим большинство случаев возгорания в цехе происходит по причине воспламенения горючей жидкости.

Например, при разгерметизации фланцевого соединения масло может попасть на поверхность цилиндров давления турбоагрегата или на горячую поверхность паропроводов в случае нарушения тепловой изоляции. По причине высокой температуры нагретых участков турбины (около 500°С), произойдет самовоспламенение масла. Так же пожаровзрывоопасным веществом является водород, при условии нарушения герметизации маслопроводов или уплотняющих подшипников генератора, для его зажигания достаточно искры.

В (табл. 3) приведены параметры пожаровзрывоопасности горючих веществ.

Таблица 3 – Параметры пожаровзрывоопасности горючих веществ

Наименование вещества	Пожароопасность	Плотность, г/м ³	Температура, °С	Концентрационный предел распространения пламени, %	
			вспышки	НКПР	ВКПР
Водород	ГГ	0,083	-	4	75
Турбинное масло	ГЖ	910	190	-	-

При нарушении герметичности масляных уплотнений генератора, может произойти утечка водорода. Расход горючего газа зависит от степени повреждения корпуса подшипников или уплотнения вала.

Если произошло возгорание горючего газа около подшипников турбогенератора, то это не безопасно для устойчивости металлического

перекрытия турбинного отделения или по-другому металлических ферм. При длительном воздействии пламени на опорную конструкцию металл перегревается, что ведет к последующему обрушению кровли.

Если произошла утечка горючего газа (водорода) в помещение турбинного цеха, а инициатор зажигания отсутствует, то весь вышедший газ перемешается с воздухом и вскоре его концентрация в объеме помещения будет мала для того чтобы стать пожаровзрывоопасной смесью.

2.3 Факторы пожарной опасности ТЦ

Турбинное отделение ТЭС является объектом повышенной пожарной опасности, и надежность при эксплуатации турбоагрегатов является главным фактором для обеспечения безопасности.

«Улучшение технологического контроля за оборудованием и его совершенствование должно выполняться с соблюдением требований ФЗ-256 «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» [8]. Документ устанавливает организационные и правовые основы в сфере обеспечения безопасности объектов топливно-энергетического комплекса в Российской.

Риск возникновения пожарной опасности в ТЦ увеличивается по причине таких факторов:

- наличие горючего масла в маслосистемах технологического оборудования;
- наличие водорода в системе газового охлаждения генератора.

Дополнительными техническими факторами могут оказаться: нарушенная изоляция высоковольтных обмоток или кабелей, составляющие электрических аппаратов под напряжением, все эти факторы могут быть дополнительной горючей нагрузкой.

Возгорание горючих сред может произойти вследствие:

- образования искрения при работе щеточно-контактного аппарата генератора;
- нарушение контактов или их нагрев;

- при возникновении короткого замыкания;
- при попадании масла на горячие участки турбоагрегата.

Способствовать перечисленным возгораниям могут дефекты при изготовлении частей технологического оборудования, неправильно проведенные ремонтно-технические работы, неверные действия и решения персонала станции.

2.3.1 Система газового охлаждения генератора как пожарный риск

Предметом нашего исследования является турбогенератор, который представляет собой электрическую машину с приводом от турбины. Генератор состоит из статора (неподвижной части), который включает в себя обмотку и сердечник, а также ротора, который представляет собой вращающееся устройство. По конструктивному исполнению генератор характеризуется закрытым типом.

Для предупреждения перегрева частей генератора в процессе его работы, его необходимо искусственно охлаждать. Для отвода тепла используют водородное и воздушное охлаждение. По видовому признаку система охлаждения делится на два типа: косвенное и непосредственное охлаждение.

Ранние электрические машины (генераторы) были с воздушным охлаждением. Поскольку машины становились все мощнее, использование воздуха в качестве охлаждающей среды стало не эффективным. Крупные электрические машины производили больше тепла и требовали большего охлаждения. Гелий рассматривался для системы охлаждения, но его относительная удельная теплоемкость лишь в пять раз больше, чем у воздуха. Высокая стоимость была еще одним фактором в пользу водорода.

Водород по сравнению с воздухом и гелием используется для охлаждения в большинстве крупных генераторов по нескольким причинам.

- теплоемкость водорода в 14 раз больше, чем воздуха;

- улучшает коэффициент полезного действия системы охлаждения генератора;
- уменьшает трение ротора об охлаждающую среду;
- подавляет частичный разряд при повышенном давлении водорода;
- значительно увеличивает пробивное напряжение элементов генератора;
- не является окислителем.

В дополнение к водороду требуется отдельная система подачи углекислого газа для продувки генератора во время наполнения и дегазации. Углекислый газ используется, потому что он инертен и не будет взаимодействовать с водородом. Перед вскрытием корпусов генераторов и аппаратов газомасляной системы водород следует вытеснять инертным газом, а инертный газ - воздухом. При дегазации генератора для его последующего отключения, водород вытесняется углекислым газом, а затем продувается воздухом. Таким образом, взрывоопасная смесь водорода и кислорода не возникает.

Водород – пожаро- и взрывоопасное вещество, однако водород не поддерживает горение в чистом состоянии ($> 90\%$). При соблюдении технологических норм пожарные риски практически исключаются.

Горючая смесь водорода с кислородом в корпусе генератора может образовываться в следующих случаях:

- если при проведении процесса вытеснения водорода, либо воздуха инертным газом была выполнена неполная продувка системы;
- «при постепенном загрязнении водорода воздухом, диффундирующим из масла в уплотнениях, и отсутствии продувки» [9].

Критическими узлами генератора с системой газового охлаждения могут быть: «газomasляная система, корпус турбогенератора, заполненный водородом, уплотнения вала с системой маслоснабжения, подшипники и система смазки, вращающийся ротор генератора» [10].

На (рис.6) показан турбогенератор в разрезе с наиболее критическими местами утечки газа.

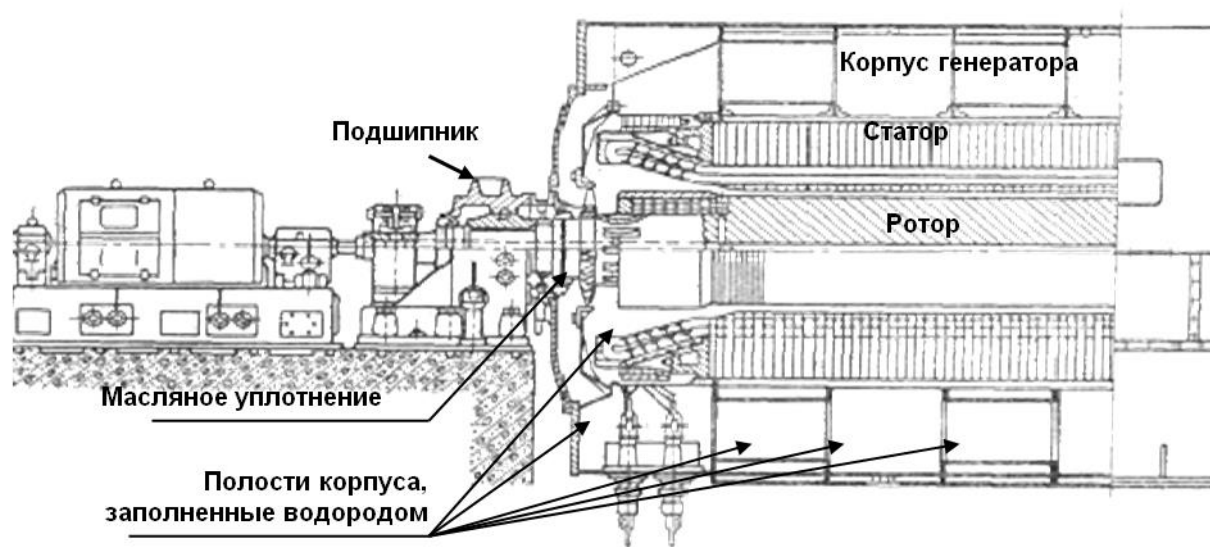


Рисунок 6 – Продольный разрез турбогенератора с газовым охлаждением

Таблица 4 – Свойства водородной смеси с воздухом [15]

Минимальная энергия зажигания	Не более 0,02 мДж
Температура самовоспламенения	510 °С
Нормальная скорость распространения пламени	2,7 м/с
Минимальное взрывоопасное содержание водорода	5% объема

Смесь водорода с кислородом является взрывоопасной при содержании водорода от 4 до 96% и кислорода от 96% и 6%. В (табл. 4) приведены свойства водородной смеси с воздухом.

Для того чтобы избежать появления взрывоопасной смеси в корпусе генератора и других местах газомасляной системы, нормативные показатели состава газовой смеси установлены с определенным запасом.

2.4 Основные требования пожарной безопасности в цехе

Все инженерно-технические работники, рабочие и служащие цеха «должны пройти подготовку по ПБ основной целью, которой, является приобретение и углубление пожарно-технических знаний об опасности технологического процесса, улучшение навыков использования средств

пожаротушения, умение безопасно и верно действовать при возникновении возгораний и так же быть готовым оказать первую помощь пострадавшим» [11].

Подготовка по пожарной безопасности включает в себя:

1. вводный инструктаж;
2. первичный, повторный и внеплановый инструктажи;
3. занятия по пожарно-техническому минимуму;
4. противопожарные тренировки.

Исходя из приказа по Томской ГРЭС-2 ответственность за противопожарное состояние цехов возложена на определенную группу лиц.

«В обязанности ответственных лиц за противопожарную безопасность входит:

- обеспечение на вверенных им помещениях соблюдения противопожарного режима и выполнение в установленные сроки мероприятий, повышающих пожарную безопасность;
- обеспечение исправности технологического оборудования в соответствии с техническими требованиями и проектными решениями. Немедленно принимать меры к устранению обнаруженных неисправностей, которые могут привести к пожару;
- организация пожарно-технической подготовки подчинённого персонала и соблюдение персоналом противопожарного режима и выполнение установленных требований пожарной безопасности, особенно по технологии производства;
- обеспечение и контроль за выполнением требований пожарной безопасности при проведении ремонтных работ персоналом цеха и подрядными организациями. Установка режима уборки рабочих мест и помещений, а также отключения электросети после окончания работы, за исключением дежурного освещения, системы обнаружения и тушения пожаров и оборудования с непрерывным технологическим процессом;

- установление порядка и ответственности за содержание в исправном состоянии и постоянной готовности к действию имеющейся на участке средства обнаружения и тушения пожара;
- при возникновении пожара, аварии или других опасных факторов, угрожающих персоналу и нарушающих режим работы оборудования, принять меры к немедленному вызову пожарных подразделений, известить руководство предприятия, обесточить электрооборудование, находящееся в зоне пожара, выдать письменный допуск на тушение пожара, организовать его тушение и при необходимости эвакуацию персонала, а также восстановление нормального режима работы оборудования» [12].

Важно отметить, что в соответствии с правилами по работе с персоналом в системе энергетики персонал станции ежегодно проходит проверку "экзамен" на знание правил по пожарной безопасности с записью в соответствующий документ (удостоверение, журнал). Ежемесячно проводятся инструктажи по правилам ПБ, а также один раз в полугодие проводится противопожарная тренировка на рабочих местах без воздействия на органы управления оборудованием. После прохождения тренировок, проводится анализ результата тренировки и проставляются индивидуальные оценки. Не реже двух раз в год проходят общестанционные и цеховые противопожарные тренировки в соответствии с разработанными и утвержденными по предприятию программами.

2.5 Средства пожаротушения в турбинном цехе

В России многие теплоэлектростанции на 2019 год достигают возраста в пределе 60-70 лет. В связи с устаревшими технологиями на момент их строительства в большинстве турбинных отделений автоматические установки тушения пожара не предусмотрены. Этот немаловажный фактор играет существенную роль в распространении пожара на ТЭС.

На Томской теплоэлектростанции автоматические установки пожаротушения располагаются в кабельных каналах, находящихся на нулевой отметке. Система включает в себя датчики и пожарные трубопроводы с автоматическими открывающимися задвижками подачи воды и распылители. На главном щите управления станции в случае возгорания выводится соответствующий сигнал.

На территории Томской теплоэлектростанции расположены гидранты в количестве пяти штук. Кроме использования гидрантов, машины пожарных служб могут использовать воду для заправки с градирен.

В помещении ТЦ находятся генераторы с газовым охлаждением, кабели масляных систем турбогенераторов, их наличие повышает пожароопасность в цехе и представляет особые требования для соблюдения безопасности. На корпусах генераторов с системой газового охлаждения и рядом с ними должны присутствовать характерные предупреждающие знаки о запрете пользования открытым огнем, о запрете курения вблизи баллонов с газом и предупреждающие знаки о наличии вблизи легковоспламеняющихся веществ.

Для предотвращения возникновения и развития пожара в цехе имеются первичные средства пожаротушения, которые приведены в (табл. 5).

Таблица 5 – Первичные средства пожаротушения в турбинном цехе

<i>Вид огнетушителя</i>	<i>Тип средства</i>	<i>Предназначается</i>
Углекислотный (ОУ)	ОУ-80 ОУ-8 ОУ-5 ОУ-2	ОУ используются при тушении различных веществ и материалов, а также электроустановок, которые находятся под напряжением до 10 кВ. Огнетушащим веществом (ОТВ) является сжиженная двуокись углерода, которая находится под высоким давлением. При выходе из баллона вещество переходит в газовое состояние, вследствие чего температура окружающей среды понижается и происходит снижение кислорода в воздухе, в результате активное горение снижается и падает.

Продолжение таблицы 5

<i>Вид огнетушителя</i>	<i>Тип средства</i>	<i>Предназначается</i>
Воздушно пенный (ОВП)	ОВП-100 ОВП-10 ОВП-8	ОВП используются при тушении возгораний различных твердых веществ, а также любых ЛВЖ и ГЖ. Категорически запрещается применение для тушения электрического оборудования, кабелей или электропроводок, которые находятся под напряжением. ОТВ представляет собой водный раствор пенообразователей при выходе, которого из пеногенераторов образуется пена. Такая пена особенно эффективна при тушении горящих жидкостей
Порошковый (ОП)	ОП-5 ОП-100	ОП применяют при тушении загораний разнообразных твердых веществ, ЛВЖ и ГЖ и электроустановок, которые находятся под напряжением до 1000 В. В качестве ОТВ используется сухой порошок марки ПСБ-З.
Ящики с песком		Способ тушения загораний песком используется при незначительной поверхности пожара, а также, если огонь не начал свое распространение. Если произошло растекание горячей жидкости, песок используют для ограничения растекания. Песок применяют методом его разбрасывания на очаг возгорания.
Асбестовое полотно		Асбестовое полотно применяется при тушении мелких возгораний. Применяется для устройства экрана между очагом пожара и горючим материалом, способом накидывания. Возможно применение для защиты оборудования и материалов от воздействия огня.

Водяное пожаротушение в турбинном цехе:

В цехе находится внутренний пожарный водовод и пожарные краны. Давление воды поддерживается насосами сырой воды. Пожарные насосы включаются только при возникновении пожара, управляются они с главного щита управления (ГЩУ), а также с места. Подробная схема расположения противопожарного оборудования в цехе показана в приложении А.

В помещении цеха установлено 8 лафетных стволов: 10 штук на отметке 7 метров (ряд А и ряд Б) и 2 штуки в ячейке турбоагрегата ТГ – 8 на отметке 11 метров. Лафетные стволы предназначены для охлаждения металлического перекрытия машинного зала при возникновении пожара. В ячейке турбоагрегата ТГ-2-7 допускается одновременная работа не более 2-х

лафетных стволов (один по ряду А, один по ряду Б). Включение большого количества стволов приведет к снижению эффективности работы включенных лафетных установок (снижение напора).

Лафетная установка подключается к кранам пожарного кольца с помощью двух рукавов. В горизонтальной плоскости ствол может перемещаться на 360°. Управление стволом производится при помощи откидной рукоятки. Для фиксации работающего ствола в вертикальной плоскости на поворотном тройнике имеется сектор. При необходимости оставить ствол без наблюдения, следует закрепить его прижатием шпинделя с рукояткой к сектору.

Персонал при необходимости может оставить лафетный ствол без дальнейшего наблюдения. Для этого его следует закрепить прижатием шпинделя с рукояткой к сектору.

Если оборудование находится под напряжением, то его запрещается тушить напором воды из лафетной установки. Так же при работе с лафетной установкой категорически запрещено направлять ствол к открытой линии электропередачи (ЛЭП), которые могут находиться в зоне действия струи.

В цехе установлены стационарные разводки подачи пены и воды для тушения маслобаков, стационарные разводки пожарного водопровода и экстренная связь для вызова пожарных частей.

В случае возгорания в помещении оперативные действия персонала по тушению пожара и тушению оборудования должны производиться в соответствии с требованиями, которые указаны в оперативных карточках.

Правильная подготовка и наличие необходимых средств пожаротушения позволяют персоналу при возникновении критических ситуаций принимать оперативные меры по тушению пожаров до прибытия пожарных формирований и четко взаимодействовать с прибывшими пожарными формированиями

3 РАСЧЕТ КРИТЕРИЕВ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ В ТЦ

Расчет и анализ критериев пожарной опасности производится на примере аварии технологического оборудования. Объектом пожарной опасности является турбогенератор с водородным охлаждением.

3.1 Построение и анализ логико-вероятностной модели

Логико-вероятностную модель развития ЧС на рассматриваемом объекте строим на основе «дерева отказа». За главное событие принимаем вероятность утечки водорода из системы охлаждения генератора по причине аварии на турбоагрегате (рис. 7).

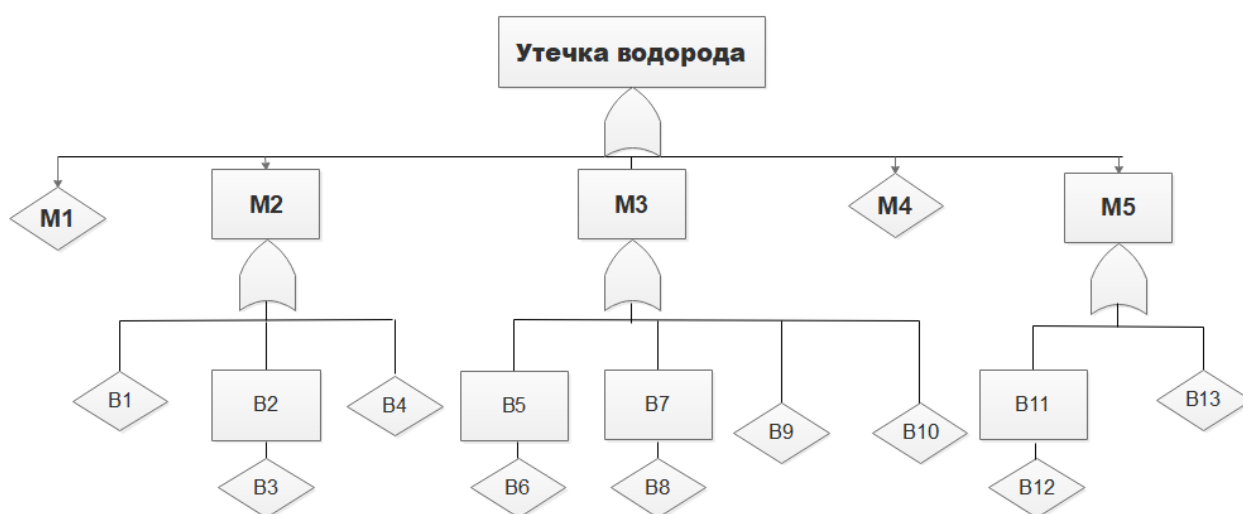


Рисунок 7 – Модель «дерева отказов»

В (табл. 6) сведены возможные инициирующие события, приводящие к главному событию.

Таблица 6 – Возможные инициирующие события

Обозначение	Характеристика события
M1	Внешние факторы
M2	Ошибочные действия персонала
B1	Нарушение техники безопасности
B2	Нарушение норм технологического процесса
B3	Некачественное выполнение ремонтных работ
B4	Несвоевременное обнаружение повреждений в системе оборудования
M3	Отказ оборудования
B5	Повышение уровня виброскорости ротора турбины
B6	Разрушение подшипников
B7	Усталостное разрушение металла
B8	Трещина в подводящем газопроводе
B9	Дефект при изготовлении деталей
B10	Сбой в системе маслоснабжения
M4	Диверсия
M5	Некорректная работа контрольно - измерительных приборов и автоматики (КИПиА)
B11	Сбой в системе технологической защиты
B12	Технологическая защита отключена
B13	Ложные показания приборов

После составления возможных инициирующих событий и построения дерева отказов, можно приступить к качественному анализу.

Условия, которые могут привести к наиболее неблагоприятному развитию событий представлены на (рис 8).



Рисунок 8 – Событие МЗ «Отказ оборудования»

Как видно из (рис.8) событиями, приводящими к утечке водорода, стали: повышение уровня виброскорости ротора турбины и последующее разрушение подшипников турбогенератора.

Такое стечение событий привело к крупной аварии на Экибастузский ГРЭС-1 в 1990 году. Причиной аварии, которая повлекла за собой крупный пожар, стало разрушение более 30 рабочих лопаток в цилиндре низкого давления турбоагрегата. Турбина К-500-240 весом в более 200 тонн идет в разнос по причине сильного виброускорения, что приводит к ее последующему отключению. Началось разрушение подшипников у турбогенератора ввиду его неустойчивого положения, при разрушении корпуса уплотняющего подшипника водород вырывается наружу вместе с маслом и происходит возгорание опасной смеси, привело к обрушению кровли машинного зала. Последствия аварии привели к выводу турбоагрегата

в капитальный ремонт, сроком более одного года и крупным экономическим потерям для энергетической отрасли.

3.2 Критерии пожаровзрывоопасности в турбинном цехе

Расчет критериев пожарной опасности производится в помещении турбинного отделения, где произошла утечка водорода из системы турбогенератора. Свободный объем помещения 179200 м^3

При расчетах использовался ГОСТ Р 12.3.047-2012. Итоговые расчеты критериев и расчетные формулы приведены в приложениях В, Г, Д.

Расчет избыточного давления для горючих газов

Определим значения приведенных составляющих формулы для определения избыточного давления:

1. начальное давление $P_0 = 101 \text{ кПа}$;
2. максимальное давление $P_{max} = 730 \text{ кПа}$ (для водорода);
3. коэффициент участия горючего вещества во взрыве $Z = 1$ (для водорода);
4. свободный объем помещения $V_c = 200 \times 40 \times 28 \times 0,8 = 179200 \text{ м}^3$;
5. плотность газа; $\rho_{г.л} = 0,0783 \text{ кг/м}^3$;
6. стехиометрическая концентрация горючего газа $C_{ст} = 29,24 \text{ \% (об)}$
7. коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения $K_n = 3$;
8. масса горючего газа, поступившего в помещение при расчетной аварии газа $m = 156,6 \text{ кг}$.

Исходя из расчета (прил. В) избыточного давления $\Delta P = 8 \text{ кПа}$, можно определить категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, согласно НПБ 105-03. Категория помещения турбинного отделения – Г, вследствие того, что в цехе есть паропроводы, арматура и оборудование с температурой нагрева поверхности 400°C и выше.

Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования «огненного шара»

«Огненный шар» представляет собой крупномасштабное диффузионное горение, реализуемое при разрыве резервуара с горючей жидкостью или газом под давлением с воспламенением содержимого резервуара [13].

Определим критерии «огненного шара»:

1. время существования «огненного шара $t_S = 4,25$ с;
2. эффективный диаметр «огненного шара $D_S = 33,4$ м;
3. высота центра огненного шара $H = 16,7$ м.

При полученных параметрах «огненного шара» были сделаны расчеты (приложение Г):

- расчет интенсивности теплового излучения и времени существования «огненного шара»;
- расчет параметров волны давления при сгорании горючего вещества.

Все расчеты были произведены на расстояниях от 20 до 90 м.

4 ЗОНЫ РАЗРУШЕНИЯ И ОЦЕНКА ПОРАЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ

После расчета избыточного давления (p) и интенсивности теплового излучения (q) на различных расстояниях (прил. В, Г), согласно методике ГОСТ Р 12.3.047–2012, можно определить степень разрушения зданий и сооружений и определить степень поражения людей. Все результаты расчетов сведены в (табл. 7).

Таблица 7 – Таблица критериев пожаровзрывоопасности в ТЦ

<i>Радиус зоны поражения, м</i>	<i>Интенсивность теплового излучения, $Q \text{ кВт/м}^2$</i>	<i>Избыточное давление, $P \text{ кПа}$</i>	<i>Степень поражения людей</i>	<i>Степень поражения зданий</i>
20	71,28	110,36	Смертельное поражение	Полное разрушение здания
30	52,4	45	Ожог 2-й степени	50%-ное разрушение зданий
40	37,6	28	Ожог 1-й степени	Средние повреждения зданий
50	23,2	18,18	Ожог 1-й степени	Умеренные повреждения зданий
60	15	14,8	Поражений нет	Умеренные повреждения зданий
70	14,2	13	Поражений нет	Нижний порог повреждения человека волной давления
80	10,7	9,44	Поражений нет	Нижний порог повреждения человека волной давления
90	4,8	3,6	Поражений нет	Малые повреждения (разбита часть остекления)

Используя рассчитанные значения избыточного давления взрыва, можно провести оценку степени разрушения, производимого взрывом. При оценке поражающего действия взрывчатого вещества выделяют четыре зоны разрушения объектов [12], характеристики которых приведены в (табл. 8).

Таблица 8 – Зоны разрушения [13]

<i>Зона разрушения</i>	<i>Δp, кПа</i>
Полное разрушение	Более 50
Сильные разрушения	30
Средние разрушения	20
Слабые разрушения	10

На (рис. 9) представлен график зависимости избыточного давления P волны взрыва от расстояния S . Давление уменьшается, при увеличении расстояния от центра взрыва.

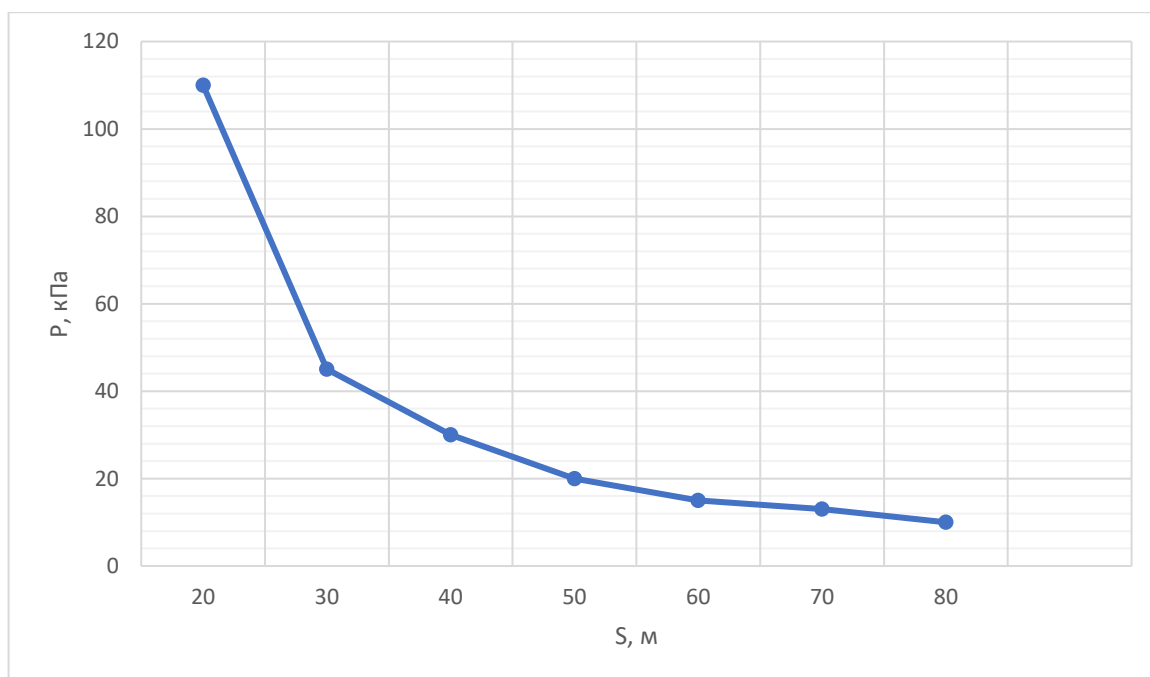


Рисунок 9 – Графическая зависимость избыточного давления от радиуса

По данным графика (рис.8) можно определить радиусы зон полных, сильных, средних и слабых разрушений (табл. 9) [12].

Таблица 9 – Радиусы зон разрушений

<i>Радиусы зон разрушения</i>	<i>S, м</i>
Радиус зоны полных разрушение	25
Радиус зоны сильных разрушений	42
Радиус зоны средних разрушений	50
Радиус зоны слабых разрушений	80

По полученным значениям можно определить, что безопасное избыточное давление (5 кПа) для персонала соблюдается только на расстоянии 90 и более метров.

На схеме турбогенератора нанесем графическим методом полученные зоны разрушений (рис. 10).

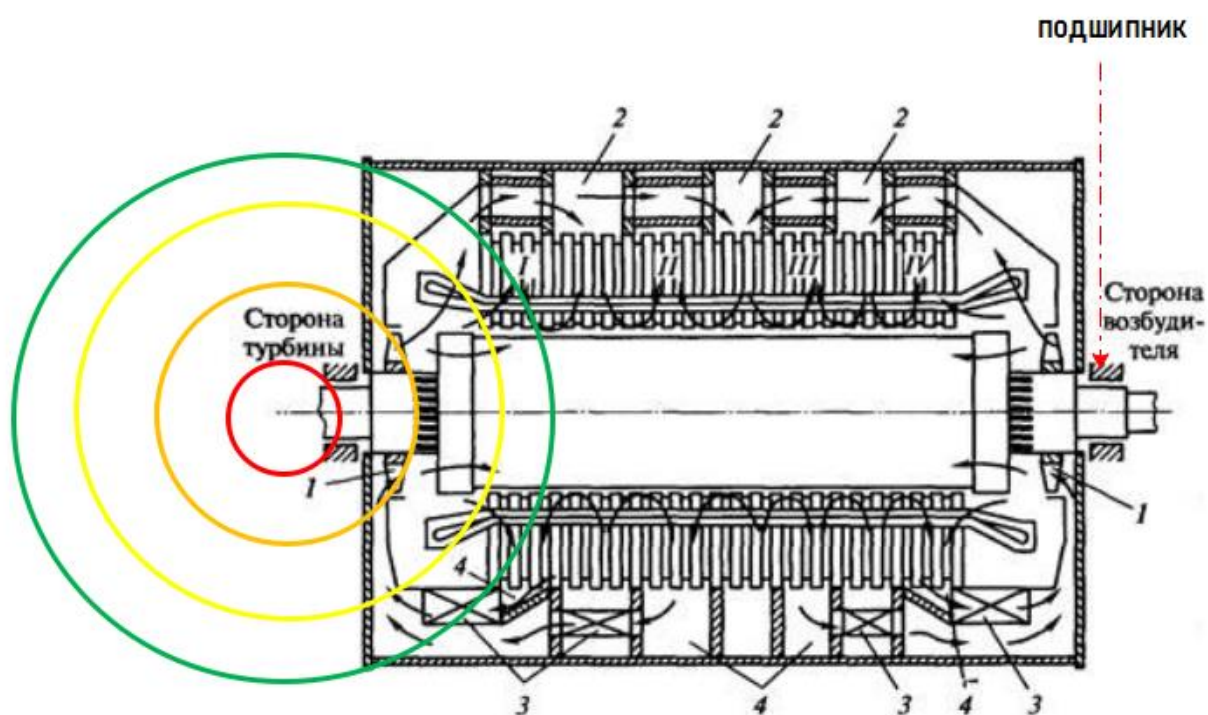


Рисунок 10 – Зоны разрушений

Значение графических линий на (рис.9):

- Красная линия – зоны полных разрушений;
- Оранжевая линия – зоны сильных разрушений;
- Желтая линия – зоны средних разрушений;
- Зеленая линия – зоны слабых разрушений.

Представленные на (рис. 10) линии отображают границу радиуса соответствующей зоны.

Исходя из (рис. 10) можно заключить, что зоны полных, сильных и средних разрушений не выходят за пределы турбинного цеха. При аварии произойдет разрушение подшипников уплотнения, и газ выйдет в помещение турбинного отделения. Представленные результаты показывают, в случае возникновения возгорания и утечки газа оперативный персонал, находящийся вблизи очага в радиусе 20 метров получат ожоги несовместимые с жизнью. Примерно на этом расстоянии находится щит управления турбиной, где сидит оперативный персонал. В радиусе 30 м – ожоги 2-й степени, в радиусе 50 м – ожоги 1-ой степени, в радиусе 60 м – ожоговых поражений не будет.

5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТУРБИННОМ ОТДЕЛЕНИИ

Для предупреждения неполадок в работе турбогенератора на турбинный цех возлагается:

- постоянный «надзор за работой и обслуживание турбогенераторов и газо-масляной системы водородного охлаждения.
- обслуживание и ремонт системы маслоснабжения уплотнений вала, надзор за работой масляных уплотнений вала.
- ремонт и обслуживание распределительной сети и оборудования, системы охлаждающей воды до газоохладителей» [13].
- оперативный персонал турбинного цеха ведёт контроль и регулировку температуры охлаждающей среды генератора, проводит наблюдение за работой газомасляной системы и её обслуживание. Подпитку турбогенератора водородом от подсоединенной к коллектору электролизной установки. Машинист турбины записывает параметры газомасляной системы в ведомость турбогенератора:

1. чистоту водорода;
 2. давление водорода в корпусе генератора;
 3. давление масла в уплотнительных подшипниках;
 4. температуру воды на напорном коллекторе и сливе;
 5. температуру холодного и горячего газа.
- наблюдение за нагревом всех подшипников
 - контроль за температурой меди и стали статора генератора и обмотки ротора (при наличии прибора);
 - контроль за вибрационным состоянием подшипников турбины, генератора и возбuditеля;
 - периодическое прослушивание генератора;
 - надзор за работой системы маслоснабжения уплотнений вала (включая регуляторы давления масла) и масляных уплотнений всех типов;

- внешний контроль за работой щеток на контактных кольцах и коллекторе возбудителя без производства каких-либо работ на них;
- периодически производить контроль за давлением в системе пожаротушения цеха, при необходимости включать резервный насос;
- в соответствии с регламентом Инструкции по эксплуатации турбогенератора, производить очистку от грязи и масла выступающих краев изоляционных прокладок под основанием подшипников генератора и возбудителя.
- не допускать попадания металлических предметов на участки изоляции во избежание замыкания
- ведение суточной ведомости по генератору.

5.1 Автоматизированный контроль

Водород в системе охлаждения требует постоянного контроля для определения отсутствия утечек, чтобы обеспечить безопасность производства и снизить риски для персонала. Для этого устанавливаются системы обнаружения газа для постоянного мониторинга уровня рабочей среды.

Анализаторы водородных газов сообщают о превышении максимально допустимой концентрации этого газа. В случае аварийной утечки водорода первые сигнализаторы водорода сообщают об этом. Стационарные газоанализаторы могут быть прикреплены непосредственно к стене в помещениях или установках и постоянно контролируют атмосферу для обнаружения утечки водорода и, возможно, других газов.

Газоаналитический датчик предназначается для автоматического непрерывного контролирования и обнаружения взрывоопасных, токсичных, охлаждающих газов и кислорода. В турбинном цехе установлен газоанализатор (прил. Е), но по причине срока эксплуатации прибора в течении 10-15 лет и снятия с производства, рекомендуется обновить систему до образцов нового поколения на примере стационарного газоанализатора с блоком питания и датчиками сигнализации на примере (прил. Ж).

На Томской ГРЭС-2 в соответствии с регламентом и инструкцией по эксплуатации генератора следует производить взятие проб на наличие водорода в корпусе (картере) подшипников и наличие кислорода в корпусе генератора один раз в сутки. Ответственным за данное мероприятие является химический цех. Точкой забора с корпусов подшипников являются, как правило, трубопроводы слива масла с подшипников генератора в количестве двух штук (рис 11)



Рисунок 11 – Забор пробы на чистоту газа

Один раз в неделю проверяется чистота водорода в корпусе генератора, содержание кислорода в бачках продувки, в поплавковом гидрозатворе, а также один раз в неделю определяется газовая плотность в корпусе генератора (суточная утечка).

«Использование устанавливаемых в машинных залах стационарных, лафетных стволов с ручным управлением имеет ряд существенных сложностей по их применению, что объясняется следующими обстоятельствами:

- ручное управление предполагает работу человека в зоне воздействия открытого огня, повышенной температуры, токсичных продуктов горения, дыма, возможного обрушения конструкции и взрыва;

— не позволяет обеспечить достаточную точность наведения струй воды на металлические фермы, поскольку это наведение происходит визуально в условиях сильного задымления;

— ввиду быстрого обрушения конструкций ферм подача охлаждающих струй воды должна осуществляться с самого момента обнаружения пожара. Однако дежурный персонал при обнаружении пожара должен предпринять целый ряд действий по защите оборудования и не может обеспечить одновременное ручное управление несколькими лафетными стволами» [13].

По вышеперечисленным причинам было бы эффективней использовать автоматизированные лафетные установки с системой управления и программным обеспечением (прил. И). Противопожарные устройства обеспечивают надёжное охлаждение металлических конструкций ферм. При сравнении моделей автоматических лафетных стволов с моделью ручного управления, можно определить, что явным преимуществом автоматизации будет возможность замены человека в критических условиях, а также освобождение сотрудников пожарных служб для тушения других очагов возгораний. С помощью автоматических лафетных установок охлаждение металлических перекрытий цехов становится более эффективным и простым по технической реализации способом для снижения температуры у нагретой от воздействия огня поверхности.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Научно-исследовательская работа направлена на определение величин пожарных рисков при эксплуатации турбогенератора на теплоэнергетической станции. Разработка инженерно-технических мероприятий для объекта ГРЭС-2 АО «Томская генерация» по предупреждению ЧС техногенного характера. Анализ рабочей зоны старшего машиниста ТЦ: помещение турбинного отделения и блочного щита управления (БЩУ)

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Регулирование трудового процесса осуществляет Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 года № 197-ФЗ, целями которого являются:

- создание благоприятных условий труда;
- защита прав и интересов работников и работодателей;
- установление государственных гарантий трудовых прав и свобод граждан.

Согласно ТК РФ, N 197 - ФЗ старший машинист турбинного отделения Томской ГРЭС -2 имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра. [16]

6.2 Производственная безопасность

6.2.1 Анализ опасных и вредных факторов

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [16].

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в (табл. 10).

Таблица 10 – Опасные и вредные производственные факторы в ТЦ

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1.Наблюдение за работой оборудования 2.Обеспечение бесперебойной и экономичной работы оборудования 3. Пуск, останов, опробование, оборудования	1.Повышенный уровень электромагнитных полей [1,2]; 2.Недостаточная освещенность [2,3]; 3.Повышенный уровень шума на рабочем месте [1,4]; 4.Неудовлетворительный микроклимат [1,5]; 5.Повышенный уровень вибрации [1]	1.Поражение электрическим током [10] 2.Пожаровзрывоопасность	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СанПиН 2.2.4.1191-03 СП 52.13330.2011 СанПиН 2.2.4.548–96 СН2.2.4/2.1.8.562–96 ГОСТ 30494-2011 ГОСТ 12.1.003-2014 ГОСТ 12.1.002-84 СанПиН 2.2.4.3359-16

Шум

Основными источниками шума в турбинном цехе является технологическое оборудование: турбины, генератор турбины, возбудитель генератора, система деаэрации. По характеру спектра шум широкополосный; По временным характеристикам – постоянный

Согласно ГОСТ 12.1.003-2015 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности» устанавливает предельно допустимые условия шума для производственных помещений и на территории предприятия не должен превышать 80 дБА [16].

Таблица 11 – Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах.

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ, на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Работа, выполняемая с частично получаемыми указаниями акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля;, операторская работа, наблюдения и с речевой связью по телефону,	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Согласно [26] уровень шума в турбинном цехе более 92,3 дБ и относится к вредному классу условий труда: 3.2 – вредный 2 степени.

Устранение вредного воздействия шума на человека в производственных условиях достигается рядом мер, в соответствии с ГОСТ 12.1.003 ССБТ:

- строительно-акустические мероприятия;
- экранирование площадок обслуживания оборудования;
- дистанционное управление шумным оборудованием;
- звукоизоляция рабочего места и оборудования;
- ограничения времени пребывания вблизи источника шума;
- применение средств индивидуальной защиты (наушники, вкладыши противושумные «Беруши»).

Так же важна организация режима труда и отдыха, регламентированный перерыв.

Вибрация

Источниками вибрации в турбинном цехе являются: ротор турбины, статор турбины, генератор турбины, возбудитель генератора, конденсатный насос (КЭН), питательный электронасос, деаэратор, подогреватели низкого, высокого и среднего давления.

По СН 2.2.4/2.1.8.566-96 в турбинном цехе действует общая вибрация 3 категории типа «а» (на постоянных рабочих местах производственных помещений).

Таблица 12 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории 3, типа «а»

Вибрация	Допустимый уровень виброскорости в полосах со среднегеометрическими частотами полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Технологическая вибрация на постоянных рабочих местах стационарных машин	108	99	93	92	92	92

Устранение вредного воздействия вибрации на человека в производственных условиях в соответствии с ГОСТ 12.1.003ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования», достигается путем применения:

- звукоизолирующих материалов;
- виброизолирующих материалов под оборудования (пружины, резины и другие прокладочные материалы);
- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- установка звукоизолирующих кабин;
- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия локальной и общей вибрации, работающие должны использовать средства индивидуальной защиты: рукавицы или перчатки (ГОСТ 12.4.002-74. "Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие требования"); спецобувь (ГОСТ 12.4.024-76. "Обувь специальная виброзащитная").

Освещение

В помещении турбинного отделения предусматривается совмещенное освещение по СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»:

- естественное освещение дневным светом – через остекленные проемы;
- искусственное;
- комбинированное.

В качестве источников света применяются лампы типа ДРЛ-250, ДРЛ-500, НГ-30, ЛБ-40.

Искусственное освещение разделяется на:

- рабочее, в соответствии с характером выполняемых работ;
- аварийное- для возможности продолжения работ при отключении основного освещения;
- эвакуационное – по основным проходам и лестничным проходам.

Таблица 13 – Нормы освещения по СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»

Наименование помещения	Характер работы	Нормируемое значение КЕО, %		Нормируемая освещенность при искусственном освещении, Лк		Тип светильника
		Комбинированное	Боковое	Комбинированное	Боковое	
Турбинное отделение	Наблюдение за производственным процессом	1	0,3	75	75	ДРЛ-500
БЩУ	Наблюдение за измерениями, приборами и фиксация	5	2	500-750	300-500	СД ЛБ-40

Согласно [26] освещение в помещении турбинного отделения и БЩУ соответствует допустимым нормам.

Микроклимат

Санитарные требования к воздуху рабочей зоны ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ, устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест помещений с учетом категории тяжести выполняемой работы, времени выполнения работы, периода года, содержат требования к методам измерения и контроль микроклиматических условий [21].

Если измеренные параметры соответствуют требованиям СанПиН 2.2.4.3359-16, то условия труда по показателям микроклимата характеризуются как оптимальные (1 класс) или допустимые (2 класс). В случае несоответствия условия труда относят к вредным и устанавливают степень вредности, которая характеризует уровень перегревания или охлаждения организма человека [21].

Помещение турбинного цеха характеризуется: повышенной температурой; наличием теплового излучения; повышенной относительной влажностью.

Работа машиниста ТЦ связана с наблюдением за работой обслуживаемого оборудования, обеспечение бесперебойной и экономичной работы оборудования турбинного отделения.

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 работа машиниста соответствует классу тяжести IIa. Для данного класса приведены оптимальные величины (табл. 14) и допустимые (табл. 15) величины показателей микроклимата [22].

Таблица 14 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Катег. работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	IIa	19-21	18-22	40-60	0,2
Теплый	IIa	20-22	19-23	40-60	0,2

Таблица 15 – Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	ниже оптимальных величин	выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	17-18,9	21,1-23	16-24	15-75	0,1	0,3
Теплый	18-18,9	22,1-27	17-28	15-75	0,1	0,3

Согласно [29] микроклимат в помещении турбинного отделения соответствует допустимым нормам.

Поражение электрическим током

Турбинный цех, согласно «Правил устройства электроустановок», относится к помещениям с повышенной опасностью, с рабочим напряжением 0,4 до 6кВ.

Для защиты от поражения электрическим током правилами (ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ) предусматривается:

- изоляция;
- недоступность токоведущих частей;
- применение электрического тока малого напряжения;
- автоматы отключения и блокировка нерасчётных режимов;
- применение индивидуальных средств защиты;
- защитное заземление;
- защитное зануление.

Защитное заземление ГОСТ 12.1.030-81 (применяют в электроустановках до 1 кВ и более переменного тока с изолированной нейтралью или изолированным выводом однофазного тока, а также в электроустановках постоянного тока с изолированной средней точкой при повышенных требованиях безопасности: сырые помещения, передвижные установки, торфяные разработки и т.д.);

Зануление ГОСТ 12.1.030-81 (применяют в электроустановках до 1 кВ с глухозаземлённой нейтралью или глухозаземлённым выводом источника однофазного тока, а также глухозаземлённой средней точкой в трёхпроводных сетях постоянного тока). К общей системе заземления подключают все металлические нетоковедущие части оборудования, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания, на корпус.

Электромагнитные поля

К источникам электромагнитных излучений на производстве относятся линии электропередач, трансформаторы, антенны, устройства защиты и автоматики и другое оборудование.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) магнитных полей регламентируют СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях" в зависимости от времени пребывания персонала для условия общего и локального воздействия.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) напряженности электрических полей регламентируют "СанПиН выполнения работ в условиях воздействия промышленной частоты электрических полей (50 Гц)" в зависимости от времени пребывания. Нормативным документом является СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

Таблица 16 – Предельно-допустимые уровни магнитного поля

Время пребывания, ч	Допустимые уровни магнитного поля Н(А/м)/В(мкТл)	
	Общий	Локальный
≤ 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

Защитные мероприятия от электромагнитного излучения включают:

- уменьшение мощности источника излучения;
- заземление всех изолированных от земли крупногабаритных объектов, находящихся в зоне влияния электромагнитных полей, к которым возможно прикосновение работающих;
- экранирование источника излучения;

- экранирование рабочего места, находящегося вблизи от источника излучения или удаление рабочего места от него (дистанционное управление); применение индивидуальных экранирующих комплектов, комбинезонов, халатов, очков.

Для защиты от электромагнитных полей в турбинном цехе применяют стационарные и переносные экранирующие устройства, изготовленные из стального листа толщиной 0,5 мм и снабженных обязательным заземлением.

6.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

При производстве энергии, связанном со сжиганием любого вида топлива, происходит «тепловое загрязнение» природной среды. Так, при сжигании топлива атмосфера загрязняется газообразными и паро-пылевыми выбросами, в ряде случаев имеет место термическое загрязнение поверхностных вод, при использовании твердого топлива земная поверхность загрязняется золой.

На Томской ГРЭС - 2 охлаждающая вода пропускается через градирни и затем повторно используется в конденсаторе. Поэтому термического загрязнения поверхностных вод не происходит.

Через дымовые трубы электростанции в атмосферу поступают: летучая зола и частицы недогоревшего пылевидного топлива (унос), сернистый и серный ангидрид, окислы азота и газообразные продукты неполного сгорания, а при сжигании мазута, поступают соединения ванадия, соли натрия, кокс и частицы сажи, удаляемые с поверхностей нагрева при их обдувке. В золе некоторых видов топлива содержатся также мышьяк, свободная двуокись кремния, свободная окись кальция и другие вещества.

При сжигании природного газа выброс окислов азота является единственным, но весьма существенным загрязнителем атмосферы. Поэтому особое внимание на станции уделяется очистке и отводу в атмосферу дымовых газов. На современных ТЭС применяют различные аппараты для очистки дымовых газов от золы: батарейные циклоны, золоуловители со смоченной поверхностью, электрофильтры и комбинированные золоуловители.

В частности, на Томской ГРЭС - 2 применяют золоулавливающие установки с рубами Вентури. Они относятся к золоуловителям мокрого типа и являются инерционными, но в них в процессе осаждения частиц летучей золы активное участие принимает вода. Положительными качествами таких золоуловителей является их сравнительно высокая эффективность и простота в обращении при относительно невысоких стоимости и эксплуатационных расходах.

6.3.2 Меры, принимаемые на ГРЭС-2 для охраны окружающей среды

На снижение сбросов промливневых вод в р.Ушайку повлиял ряд нижеперечисленных мероприятий, ежегодно выполняемых на станции:

1. Обеспечение работы очистных сооружений «Промышленных дождевых и талых вод» в технологическом режиме (капитальный и текущий ремонт очистных сооружений и подводящих канализационных трубопроводов).

2. Проведение мероприятий по сокращению сброса сточных вод, улучшению качества сбросных вод и выполнению нормативов Предельно Допустимых Сбросов. Сбросные воды химического цеха направляются в систему оборотного гидрозолоудаления.

3. В химическом цехе вода после регенерации, имеющая кислую и щелочную среду используется многократно. Использование на станции подогретой воды после конденсатора 5-й машины для нужд химического цеха снижает термическое загрязнение атмосферы, затраты топлива на

подогрев речной воды, потери воды при транспортировке, а также исключает сброс (продувку) с оборотной системы градирен.

Мероприятия по предотвращению пыления золоотвала ГРЭС - 2: рекультивация нарушенных тальми водами участков, ранее рекультивированных и дождевание территории старого золоотвала. Экологический эффект от выполнения этих мероприятий - отсутствие пыления дорог и золоотвала.

Томская ГРЭС - 2 осуществляет контроль за качеством атмосферного воздуха в санитарно-защитных зонах предприятия и старого золоотвала. Лабораторные исследования проводятся по четырем показателям: окислам азота, сернистому ангидриду; золе; двуокиси кремния.

Так же контроль осуществлялся за качеством воды теплосети (бактериологический анализ). Химический и бактериологический контроль проводится за качеством воды из скважины на новом золоотвале.

Нарушений природоохранного законодательства, предписаний, штрафных санкций не было. Аварий на ГРЭС-2 с экологическими последствиями не происходило.

6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС - это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;

3. Геофизические опасные явления (землетрясения);

4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления;

Тепловая станция является в основном источником техногенной ЧС, так как в силу ряда причин могут произойти:

- аварии;
- пожары;
- взрывы;
- обрушения зданий и сооружений;
- выбросы газа.

Поэтому на каждой станции существует план действий при возникновении ЧС. Каждый работник предприятия, в соответствии с занимаемой должностью, обязан четко представлять себе план действий, который ему необходимо будет осуществить, при возникновении ЧС.

Устойчивость работы турбинного отделения в чрезвычайных ситуациях обеспечивается путем:

- проведение ежемесячных противопожарных и противоаварийных тренировок оперативного персонала;
- указанием в инструкциях по эксплуатации оборудования, возможных чрезвычайных ситуаций, регламент действий каждого работника при их возникновении;
- технические мероприятия, позволяющие не допустить возникновения чрезвычайных ситуаций, а при их возникновении не допустить развития.

6.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении турбинного цеха. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и

противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Источником возникновения пожара (взрыва) может явиться турбинное масло и водород, которые используются на данной станции. Турбинное отделение согласно НПБ 105-03 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» относятся к категории «Г», степени огнестойкости – II.

Общие требования по пожарной безопасности регламентируются ГОСТ 12.1. 004.ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования безопасности».

Основными причинами пожара в турбинном отделении являются:

- воспламенение водорода;
- возгорание турбинного масла.

Система маслоснабжения рассчитана на применение турбинного масла марки ТП-22. В большинстве случаев пожар возникает вследствие нарушения плотности маслосистемы. Пожар может возникнуть при образовании взрывоопасной смеси водорода и воздуха внутри генератора, картеров подшипников генератора.

Система пожарной защиты предусматривает, наряду с мерами предотвращения возникновения пожара и распространение его за пределы очага возгорания, также применение средств пожаротушения и пожарной сигнализации.

В целях повышения пожарной безопасности на тепловых электростанциях запрещены кабели с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой, необходимо применять только кабели с негорючими покрытиями.

В каждом цехе на случай возникновения пожара обеспечивают возможность быстрой и безопасной эвакуации людей через эвакуационные выходы - двери, ворота, проходы.

В зависимости от причин возникновения пожара на территории цеха предусмотрены первичные средства тушения и лафетные установки.

Работа по обеспечению пожарной безопасности на Томской ГРЭС-2 ведется в соответствии с утвержденным планом мероприятий

6.4.3 Действия персонала при возникновении пожара

При возникновении пожара на оборудовании, в помещении и сооружении ГРЭС-2 первый заметивший очаг пожара должен немедленно сообщить начальнику смены станции, в пожарную охрану и приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения, соблюдая при этом правила техники безопасности и пожарной безопасности.

Начальник смены станции обязан немедленно сообщить о пожаре в пожарную охрану, руководству ГРЭС-2 (по специальному списку) и диспетчеру энергосистемы.

До прибытия подразделений противопожарной службы МЧС России руководителем тушения пожара является начальник смены станции, который обязан организовать:

- удаление с места пожара всех посторонних лиц;
- установление места возникновения пожара, возможные пути его распространения и возникновения новых очагов горения (тления);
- проверку включения системы автоматического пожаротушения, а в случае отказа ее ручное включение;
- выполнение подготовительных работ с целью обеспечения эффективного тушения пожара;
- тушение пожара персоналом и средствами пожаротушения ГРЭС-2;
- встречу подразделений ГПС МЧС России лицом, хорошо знающим безопасные маршруты движения, расположение водоисточников.

Отключение оборудования в зоне пожара производится персоналом ГРЭС-2 по распоряжению начальника смены станции.

После прибытия на место пожара первого подразделения ГПС МЧС России руководителем тушения пожара является старший начальник этого подразделения. Начальник смены станции при передаче ему руководства

тушением пожара должен информировать о принятых мерах и организовать дальнейшие действия персонала ГРЭС-2, согласно указаний РТП.

Решение о подаче огнетушащих средств принимается руководителем тушения пожара после проведения инструктажа и выполнения, необходимых мер безопасности.

Руководитель тушения пожара имеет право приступить к тушению оборудования, находящегося под напряжением только после получения письменного допуска на тушение от начальника смены станции, инструктажа личного состава пожарных подразделений представителями ГРЭС-2 и создания условий визуального контроля за электроустановками.

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Пожары на теплоэлектростанциях могут привести к остановке энергетического комплекса, а в последствии и вовсе нарушению в подаче тепловой и электрической энергии потребителям.

Проблема обеспечения безопасности при обеспечении пожарного риска в процессе эксплуатации является весьма актуальной.

Объектом исследования данной выпускной работы является расчет пожарных рисков турбогенератора Томской государственной районной электростанции – 2. В случае возникновения аварии с последующим возгоранием на участках турбины и турбогенератора и в целом в турбинном цеху теплоэлектростанции, последствия могут представлять собой большую опасность для окружающей среды, селитебной зоны и может привести к существенному экономическому ущербу, что указывает на необходимость предупреждения и возможной минимизации рисков возникновения ЧС.

Суть исследования заключается в разработке мероприятий, обеспечивающих безопасное и надежное функционирование технологического оборудования в турбинном цехе и на основе результатов методики определить территориального пожарного риска.

Потенциальными потребителями результатов проведенного исследования, являются предприятия топливно-энергетического комплекса.

7.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Данный анализ произведём с помощью оценочной карты (табл. 17). Оценка будет происходить по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей в сумме должны составлять 1.

Таблица 17 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентно-способность	
		Бф	Бк1	Кф	Кк1
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Удобство в эксплуатации	0,200	5	5	1	1
2. Потребность в дополнительных исследованиях	0,100	5	4	0,5	0,4
3. Специальное оборудование	0,080	5	3	0,4	0,24
4. Универсальность метода	0,060	4	5	0,24	0,3
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Суммарная стоимость оборудования	0,200	5	5	1	1
2. Цена	0,060	4	4	0,24	0,24
3. Специалисты узкого профиля для работы с методикой	0,200	5	5	1	1
4. Конкурентоспособность	0,100	4	4	0,4	0,4
	1	37	35	4,78	4,58

Список обозначений:

Бф – пожарная безопасность технологических процессов. Метод контроля. Оценка пожарной опасности технологических процессов проводится на основе оценки их риска. Выбор параметров пожарной опасности определяется исходя из рассматриваемых вариантов аварий и свойств опасных веществ;

Бк1 – методика определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов. Методика позволяет определить условия теплового самовозгорания материалов. Так же позволяет определять пожаробезопасные условия переработки транспортирования и хранения самовозгорающихся веществ. Проводится на основании экспериментальных исследований.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Опираясь на полученные результаты из (табл. 16), можно заключить что «Пожарная безопасность технологических процессов. Метод контроля» является наиболее эффективным и целесообразным способом для определения пожарных рисков на теплоэлектростанциях. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как необходимость дополнительных исследований для получения достоверных результатов, использование дополнительного специального оборудования, необходимость иметь в штате сотрудников, узких специалистов, для работ с данными методиками на предприятии.

7.2 Планирование научно-исследовательских работ

7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входит преподаватель и студент. Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, а также распределение исполнителей по видам работ представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Составление и утверждения темы выпускной квалификационной работы (ВКР)	Научный руководитель, студент
	2	Составление предварительного плана выполнения ВКР	Научный руководитель, студент
	3	Корректировка и утверждение плана выполнения ВКР	Научный руководитель, студент
Основной этап	4	Изучение и подбор литературных и других источников информации по теме ВКР для написания работы	Студент
	5	Сбор, анализ и обобщение информации по теме ВКР	Студент
	6	Написание теоретической части ВКР	Студент
	7	Подведение промежуточных итогов	Научный руководитель, студент
	8	Выполнение практической части ВКР	Студент
Заключительный этап	9	Оценка и анализ полученных результатов выпускной квалификационной работы	Научный руководитель, студент
	10	Оформление ВКР	Студент

7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из данных в (табл. 17) найдем ожидаемое (среднее) значение трудоемкости каждого этапа проделанной работы. Все полученные данные сведены в (табл. 18).

Исходя из полученных результатов ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Исходя из данных в (табл. 18) и ожидаемого (среднего) значения трудоемкости каждого этапа проделанной работы, найдем продолжительность одной работы T_{pi} на каждом этапе. Все полученные данные сведены в (табл. 18).

По результатам расчетов можно заключить, что наибольшую трудоемкость и продолжительность будут иметь 4-ый, 5-ый, 6-ый, 10-ый этапы работы.

7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитаем коэффициент календарности (5):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в (табл. 19).

Таблица 19 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, Т _{рi}	Длительность работ в календарных днях, Т _{кi}
		t _{min} , чел.-дн.	t _{max} , чел.-дн.	t _{ож} , чел.-дн.			
1	Составление и утверждения темы выпускной квалификационной работы (ВКР)	2	5	3,2	Научный руководитель, студент	1,6	2
2	Составление предварительного плана выполнения ВКР	2	6	3,6	Научный руководитель, студент	1,8	3
3	Корректировка и утверждение плана выполнения ВКР	6	10	7,6	Научный руководитель, студент	3,8	6
4	Изучение и подбор литературных и других источников информации по теме ВКР для написания работы	12	20	15,2	Студент	15,2	22
5	Сбор, анализ и обобщение информации по теме ВКР	9	18	12,6	Студент	12,6	19
6	Написание теоретической части ВКР	10	20	20	Студент	20	30
7	Подведение промежуточных итогов	3	7	4,6	Научный руководитель, студент	2,3	3
8	Выполнение практической части ВКР	5	10	7	Студент	8	12
9	Оценка и анализ полученных результатов выпускной квалификационной работы	3	7	7	Научный руководитель, студент	3,5	5
10	Оформление ВКР	12	20	15,2	Студент	15,2	22

На основе (табл. 19) построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта) с разбивкой по месяцам и декадам (10

дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различным цветом в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 20 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполни тели	Тк, кал дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февр		март			апрель			май			ию
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Составление и утверждения темы выпускной квалификационной работы (ВКР)	Научный руководи тель, студент	2												
2	Составление предварительного плана выполнения ВКР	Научный руководи тель, студент	3												
3	Корректировка и утверждение плана выполнения ВКР	Научный руководи тель, студент	6												
4	Изучение и подбор литературных и других источников информации по теме ВКР для написания работы	Студент	22												
5	Сбор, анализ и обобщение информации по теме ВКР	Студент	19												
6	Написание теоретической части ВКР	Студент	30												
7	Подведение промежуточных итогов	Научный руководи тель, студент	3												
8	Выполнение практической части ВКР	Студент	12												
9	Оценка и анализ полученных результатов ВКР	Научный руководи тель, студент	5												
10	Оформление ВКР	Студент	22												

7.3.1 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

7.3.2 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, приведен в табл. (21).

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат на приобретение материалов

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб
Бумага А4	пачка	1	350	350
Картридж для принтера	штука	1	1700	1700
Тетрадь формата А4, 80 листов		1	150	150
Карандаш простой		2	20	40
Ручка шариковая		1	30	30
Ручка гелевая		1	50	50
Папка-файл		5	10	50
Папка-скоросшиватель		2	25	50
Степлер		1	350	350
Итого				2770

7.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в (табл. 23). Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{ЗП} = З_{осн} + З_{доп} \quad (6)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \times T_p \quad (7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_M \times M}{F_d}, \quad (8)$$

где $З_M$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 22).

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	28
- невыходы по болезни	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	192	212

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}}, \quad (9)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ - коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ - районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Все полученные значения сведены в (табл. 23)

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дни	$З_{\text{осн}}$, руб
Научный руководитель	22000	0,3	0,3	1,3	45968	2490	13	32370
Студент	8000	0,3	0,2	1,3	15600	824	84	62216
Итого, $З_{\text{осн}}$								94586

5.3.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} \quad (10)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Следовательно, дополнительная зарплата научного руководителя:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,14 \times 32370 = 4532 \text{ руб.}$$

Дополнительная зарплата студента:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,14 \times 62212 = 8710 \text{ руб.}$$

7.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (11)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В 2019 году ставка на размер страховых взносов – 28% (п.1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность). Отчисления во внебюджетные фонды представим в (табл. 24).

Таблица 24 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	32370	4532
Студент	62216	8710
Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, $k_{\text{внеб}}$	0,28	

Продолжение таблицы 24

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Отчисления во внебюджетные фонды ($Z_{внеб}$), руб.		
Научный руководитель	10332	
Студент	19859	
Итого	30191	

7.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \times k_{нр}, \quad (12)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равна 16%

7.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Сводные показатели, которые формируют бюджет затрат ВКР отражены в (табл. 25).

Таблица 25 – Расчет бюджета затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты НТИ	2770	Пункт 5.3.2
2	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	94586	Пункт 5.3.3
3	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13242	Пункт 5.3.4
4	Отчисления во внебюджетные фонды	30191	Пункт 5.3.5
5	Накладные расходы	22526	16% от суммы ст. 2-5
6	Бюджет затрат НТИ	163315	Сумма ст. 2- 6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенной оценки пожарного риска Томской ГРЭС – 2 был изучен технологический процесс турбинного цеха и технологического оборудования. В процессе изучения были выявлены основные источники пожарной опасности, такие как турбинное масло и наличие водорода в системе охлаждения генератора.

При оценке рисков была применена «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах № 404».

Проанализирован сценарий возникновения наиболее неблагоприятной аварии с последующим пожаром в турбинном отделении и построена логико-вероятностная модель развития ЧС на основе «дерева отказов» для определения наиболее вероятных причин, приводящих к возгоранию.

Рассчитаны критерии пожаровзрывоопасности и получены следующие результаты на расстоянии 20 м:

- избыточное давление - 8 кПа;
- интенсивность теплового излучения «огненного шара» на расстоянии 20 м – 71,28 кВт/м²;
- время существования «огненного шара» – 4,25 с;
- эффективный диаметр «огненного шара» $D_s = 33,4$ м
- избыточное давление (на открытом пространстве) на расстоянии 20 м – 110,36 кПа;
- импульс волны давления – 380 Па·с.

В соответствии с приведенными расчетами было выявлено, что при возникновении утечки водорода из корпуса турбогенератора и при инициаторе зажигания существует опасность смертельного поражения людей, находящихся в помещении на расстоянии около 20 м; есть вероятность возгорания турбинного масла, находящегося в системах подшипников генератора и возможные повреждения (от термического воздействия и волны избыточного давления) находящихся поблизости технологического оборудования.

Рассчитаны радиусы зон полных, сильных, средних и слабых разрушений, находящихся на расстоянии:

- радиус зоны полных разрушений – 25 м.;
- радиус зоны сильных разрушений – 42 м;
- радиус зоны средних разрушений – 50 м;
- радиус зоны слабых разрушений – 80 м.

Вероятность распространения пожара на прилегающей от станции территории отсутствует, и зоны разрушений не выйдут за пределы помещения.

В случае нахождения персонала рядом с очагом возгорания в радиусе 20 метров персонал получит смертельные поражения, в радиусе 30 метров будут получены ожоги 2-й степени, в радиусе 50 м – ожоги 1-ой степени, в радиусе 60 метров и более – поражений не будет.

Для повышения пожарной безопасности были предложены рекомендации по предупреждению чрезвычайной ситуации.

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был произведен анализ конкурентных технических решений и построена оценочная карта.

Была определена трудоемкость выполнения работ для научного руководителя и студента на основе этапов работ и распределения исполнителей. Был построен ленточный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Были рассчитаны материальные затраты исследования и основная заработная плата исполнителей.

В результате проведения расчетов по основным статьям, составляющим бюджет НТИ, все итоги были сведены в таблицу, где представлено, что сумма бюджета затрат НТИ составила 163315 рублей. Основная часть затрат приходится на выплату основной заработной платы исполнителям темы в сумме 94586 рублей.

В ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» объектом исследования является помещение турбинного отделения и блочный щит управления (БЩУ), где работает старший машинист турбинного оборудования. В ходе работы были проанализированы потенциально возможные вредные и опасные факторы производственной среды. Исходя из специальной оценки условий труда (СОУТ) проводимой на предприятии, был сделан анализ соответствия допустимым нормам.

Так же был выполнен анализ экологической безопасности и меры, проводимые предприятием для охраны окружающей среды. Были проанализированы возможные ЧС на объекте.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ. – М.: Проспект, 2019. – 120 с.
2. Белов В.В, Пергаменщик Б.К. Крупные аварии на ТЭС и их влияние на компоновочные решения главных корпусов, 2013. – 20 с.
3. Доклад Министерства энергетики Российской Федерации «О ходе подготовки субъектов электроэнергетики Российской Федерации к осенне-зимнему периоду 2014-2015 годов» от 31.10.2014.
4. Справочно-правовая система Гарант [Электронный ресурс] / Приказ от 10 июля 2009 г. № 404 "Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах" – Режим доступа: <http://base.garant.ru/196118/>. Дата обращения: 10.04.2019.
5. Справочно-правовая система Гарант [Электронный ресурс] / Приказ от 30 июня 2009 г. № 382 "Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" Режим доступа: <http://base.garant.ru/12169057/>. Дата обращения: 01.05.2019.
6. Оценка пожарного риска на производственных объектах: учебное пособие / сост. Иванов Ю.И, Зубарева В.А, Беспёрстов Д.А, Пашкевич Н.А; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2013. – 228 с.
7. Голоднова О.С. Уплотнения вала турбогенераторов с водородным охлаждением и их системы маслоснабжения. Часть 2. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2000. — 56 с.
8. Справочно-правовая система Гарант [Электронный ресурс] / Федеральный закон от 21 июля 2011 г. N 256-ФЗ "О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса" Режим доступа: <http://base.garant.ru/12188188/>. Дата обращения: 10.04.2019.
- 9.

10. РосТепло [Электронный ресурс] / РД 153-34.0-45.512-97. Типовая инструкция по эксплуатации газомасляной системы водородного охлаждения генераторов. Режим доступа: <http://www.rosteplo.ru/>.Дата обращения: 12.04.2019
11. РД 153-34.0-03.301-00 Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий (3-е издание с изменениями и дополнениями). – М.: «ИНЦ ЭНАС»,2004. – 20 с.
12. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. – Москва – 2014. – 15 с.
13. Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – 399 с.
14. Голоднова О.С. Уплотнения вала турбогенераторов с водородным охлаждением (устройство, эксплуатация, причины, признаки и предупреждение отказов) М.: НТФ «Энергопрогресс», 2004. — 128 с.
15. Справочно-правовая система Гарант [Электронный ресурс] / Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. Режим доступа: <http://base.garant.ru/12125268/>.Дата обращения: 01.05.2019.
16. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Москва – 2015. – 12 с.
17. Правовой и нормативный фонд [Электронный ресурс] / ГОСТ 12.1.002-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200271>.Дата обращения:10.05.2019
18. Правовой и нормативный фонд [Электронный ресурс] / ГОСТ 12.1.003-2014 (ССБТ) Шум. Общие требования безопасности. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606/>.Дата обращения:18.05.2019
19. Правовой и нормативный фонд [Электронный ресурс] / ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в

помещениях. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>.

Дата обращения: 13.05.2019.

20. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.1-2.1.1.1278-03. Введ. 2003–06–15. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003. – 34 с.

21. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введ. 1989–01–01. М.: Госстандарт СССР, 1989. – 49 с.

22. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. СанПиН 2.2.4.3359-16. Введ. 2017–01–01. М.: Роспотребнадзор, 2017. – 68 с.

23. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» – М.: Стандартинформ, 2016. – 5 с.

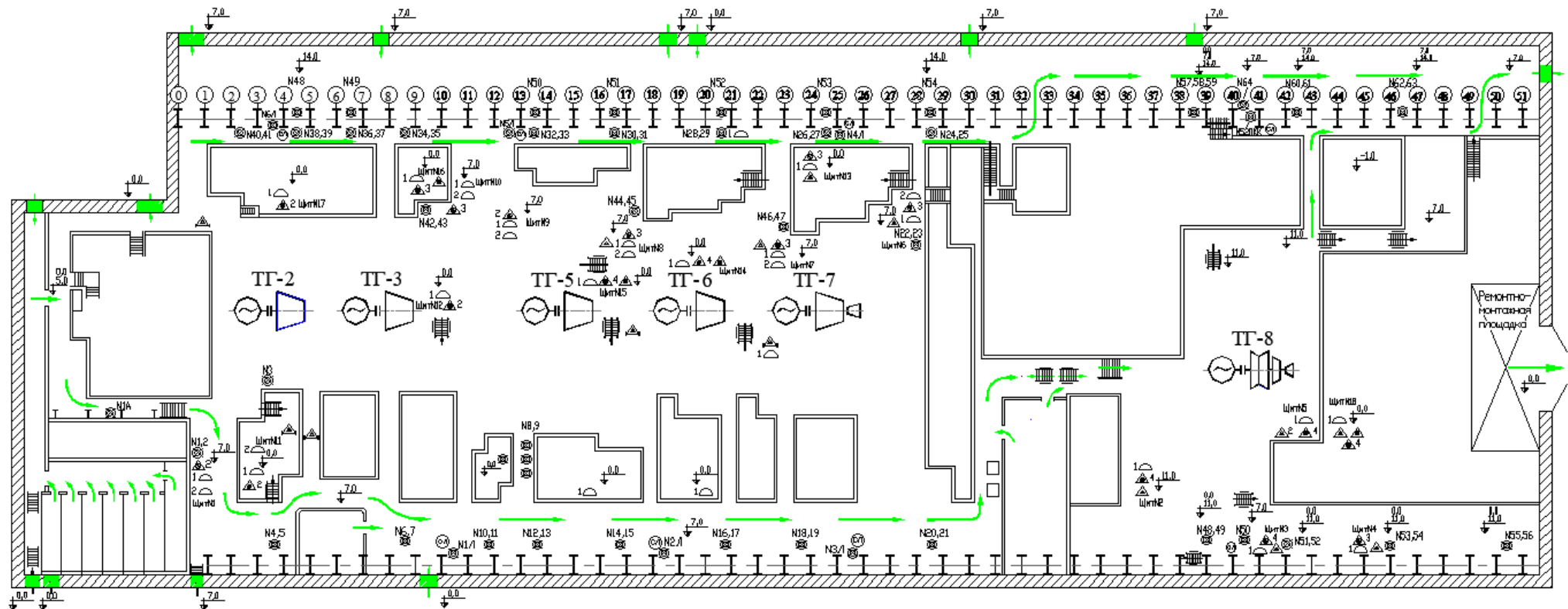
24. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для теплоэнерг. спец. вузов. – М.: Энергия, 1967. – 400 с.

25. Инструкция о мерах пожарной безопасности на ГРЭС – 2

26. Специальная оценка условий труда на ГРЭС – 2

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Схема размещения средств пожаротушения ТЦ и схема безопасного прохода по территории цеха.



Наименование	Условное обознач.
пожарный кран	⊗
пенный огнетушитель	▲
ящик с песком	1 ▽
асбестовое полотно	2 ▽
ОУ-80	▲
CO ₂ огнетушитель	▲
путь эвакуации	→
ствол лагетный	⊙

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

<i>Дата</i>	<i>Место аварии</i>	<i>Характеристика аварии, причины</i>
17.04.2005	Южно-Кузбасская ГРЭС ОАО «Кузбассэнерго»	По причине внутреннего повреждения блочного трансформатора произошел выброс горящего масла. Горящее масло попало в кабельный канал, в результате чего были повреждены силовые и контрольные кабели. Снижалась электрическая нагрузка электростанции с 240 МВт до 220 МВт. Возгорание ликвидировано дежурным персоналом и пожарными подразделениями МЧС России.
20.12.2006	Рефтинская ГРЭС ОАО «ОГК-5»	Вследствие разрушения бандажного кольца ротора генератора № 10 произошло внутреннее трехфазное короткое замыкание в генераторе с выбросом масла и его возгоранием. От температурного воздействия на металлоконструкции ферм перекрытий и подстропильную балку по ряду А в осях 19-20 произошла недопустимая деформация балки, разрушение сварных швов крепления балки к опорному столу и ее обрушение в осях 16-20 машзала на площади около 2500 м ² . Силами персонала ГРЭС и объектовой пожарной части пожар был ликвидирован
15.08.2006	Читинская ТЭЦ	По причине повреждения изолятора трансформатора собственных нужд, произошёл выброс масла через разрушенный изолятор фазы «В» на стороне 10 кВ с последующим его воспламенением. Станция снижала нагрузку с 185МВт до 125МВт
07.10.2007	Питерская ТЭЦ	В цехе турбогенераторов произошёл пожар, площадь возгорания составила около 50 квадратных метров. В результате от горячего водоснабжения были отключены более 650 жилых домов. Данные о пострадавших не указаны.
17.02.2008	Улан Удэ, ТЭЦ	Загорелся электрокабель, затем огонь перекинулся на одну из семи турбин. Остальные шесть турбин автоматически отключились. Из за сгоревшей турбины трое суток без тепла остались около 170 тыс. человек.
04.09.2009	«Мосэнерго» ТЭЦ25	В машинном отделении котлотурбинного цеха ТЭЦ произошла технологическая авария. Взорвался турбогенератор №3 (мощность 25мВт), после чего произошёл выброс машинного масла. Разбившегося на площади 50 квадратных метров. Произошло возгорание масла.
21.10.2011	Курганская ТЭЦ	Из-за разрушения бандажного кольца ротора генератора произошло внутреннее короткое замыкание в генераторе с выбросом масла и его возгоранием. Пострадали два человека. С термическими ожогами и электротравмами они доставлены в реанимацию.
29.03.2013	Углигорская ТЭЦ	В результате пожара были разрушены четыре турбины. Пожару предшествовал взрыв в котлотурбинном цехе. По данным аварии один человек погиб, пятеро госпитализированы с ожогами и отравлением угарным газом.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Расчет избыточного давления для горючих газов

Избыточное давление ΔP для индивидуальных горючих веществ, определяется по формуле [12]:

$$\Delta p = (p_{\max} \times p_0) \times \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г.п}}} \times \frac{100}{C_{\text{ст}}} \times \frac{1}{K_{\text{н}}}, \quad (13)$$

где $p_{\max}$ – максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газозоудшнй или парозоудшнй смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным (для водорода равен 730 кПа);

p_0 – начальное давление, кПа (допускается принимать равный 101 кПа);

m – масса горючего газа (ГГ) вышедшего в результате расчетной аварии в помещение, вычисляемая для ГГ по формуле (18), кг;

Z – коэффициент участия горючего при сгорании газопарозоудшнй смеси, который может быть рассчитана на основе характера распределения газов и паров в объеме помещения (для водорода равен 1);

$V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м³;

$\rho_{\text{г.п}}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг/м³, вычисляемая по формуле (15);

$C_{\text{ст}}$ – стехиометрическая концентрация ГГ, % (об.), вычисляемая по формуле (16);

$K_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать $K_{\text{н}}$ равным трем.

1) Найдем свободный объем помещения турбинного отделения:

$$V_c = 200 \times 40 \times 28 \times 0,8 = 179200 \text{ м}^3 \quad (14)$$

2) Найдем плотность газа:

$$\rho_{\text{г.п}} = \frac{M}{V_0(1 + 0,00366 \times t_p)} = \frac{2}{22,413 \times 1,1366} = 0,0783 \text{ кг/м}^3 \quad (15)$$

3) Найдем $C_{\text{ст}}$:

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \times \beta}, \quad (16)$$

, где $\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_0}{2}$ – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания; n_c , n_H , n_0 , n_x – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего.

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_0}{2} = 0 + \frac{2 - 0}{4} - \frac{0}{2} = 0,5 \quad (17)$$

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \times \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \times 0,5} = 29,24\%(\text{об.}).$$

Продолжение приложения В

4) Найдем массу ГГ вышедшего в результате расчетной аварии в помещении:

Масса поступившего в помещение при расчетной аварии газа, определяется по формуле:

$$m = (V_a + V_T) \times \rho_T, \quad (18)$$

где V_a – объем газа, вышедшего из аппарата, м³;

V_T – объем газа, вышедшего из трубопроводов, м³.

$$V_a = 0,01 \times P_1 V, \quad (19)$$

где P_1 - давление в аппарате, кПа; (давление – 150 кПа = 0,5 кгс/см²)

Для исключения подсоса воздуха в корпус генератора давление водорода в аппарате поддерживается выше атмосферного, в пределах от 1,03 до 4 кгс/см²

V – объем аппарата, м³; (объем аппарата – 50 м³).

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (20)$$

где V_{1T} – объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м³;

V_{2T} – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м³.

$$V_{1T} = q \times T, \quad (21)$$

где q – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т.д., м³ · с⁻¹; (расход газа 16 м³/с);

T – расчетное время, отключения трубопроводов (по ГОСТ 12.3.047.2012 равно 120 с) [13].

$$V_{2T} = 0,01 \times \pi P_2 (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots r_n^2 L_n), \quad (22)$$

где P_2 - максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;

$r_{1,2,\dots,n}$ - внутренний радиус трубопроводов, м;

$L_{1,2,\dots,n}$ - длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

$$V_a = 0,01 \times P_1 V = 0,01 \times 150 \times 50 = 75 \text{ м}^3$$

$$V_{1T} = q \times T = 16 \times 120 = 1920 \text{ м}^3$$

$$V_{2T} = 0,01 \times \pi P_2 (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots r_n^2 L_n) = 0,01 \times 3,14 \times 500 \times (0,02^2 \times 20,6) = 0,13 \text{ м}^3$$

$$V_T = V_{1T} + V_{2T} = 1920 + 0,14 = 1920,14 \text{ м}^3$$

$$m = (V_a + V_T) \times \rho_T = (75 + 1920,14) \times 0,0783 = 156,6 \text{ кг}$$

$$\Delta p = (p_{max} \times p_0) \times \frac{mZ}{V_{св} \rho_{г.п}} \times \frac{100}{C_{ст}} \times \frac{1}{K_H} == (629) \times \frac{156,6}{179200 \times 0,0783} \times \frac{100}{29,24} \times \frac{1}{3} = 8 \text{ кПа}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Расчет интенсивности теплового излучения и времени существования «огненного шара»

Интенсивность теплового излучения q (кВт/м²) для огненного шара определяется по формуле:

$$q = E_f \times F_q \times \tau, \quad (23)$$

где E_f – среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени, кВт/м²;

F_q – угловой коэффициент облученности;

τ – коэффициент пропускания атмосферы.

Значение E_f принимается на основе имеющихся экспериментальных данных (допускается принимать E_f равной 450 кВт/м²).

Значение F_q определяется по формуле:

$$F_q = \frac{D_s^2}{4 \times (H^2 + r^2)}, \quad (24)$$

где H – высота центра огненного шара, м;

D_s – эффективный диаметр огненного шара, м;

r – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром огненного шара, м

Эффективный диаметр огненного шара D_s определяется по формуле:

$$D_s = 6,48 \times m^{0,325}, \quad (25)$$

где m – масса продукта, поступившего в окружающее пространство;

Величину H допускается принимать равной $D_s/2$.

Время существования огненного шара t_s определяется по формуле:

$$t_s = 0,92m^{0,303}, \quad (26)$$

Коэффициент пропускания атмосферы τ для «огненного шара» рассчитывается по формуле:

$$\tau = \exp \left[7,0 \times 10^{-4} \times \sqrt{r^2 + H^2 - \frac{D_s}{2}} \right] \quad (27)$$

1) Определяем эффективный диаметр «огненного шара» (25):

$$D_s = 6,48 \times m^{0,325} = 6,48 \times 156,6^{0,325} = 33,4 \text{ м}$$

2) Принимая $H = D_s / 2 = 16,7$ м, находим угловой коэффициент облученности (24):

Продолжение приложения Г

$$F_q = \frac{\frac{H}{D_s} + 0,5}{4 \left[\left(\frac{H}{D_s} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{r}{D_s} \right)^2 \right]^{1,5}} = \frac{\frac{16,7}{33,4} + 0,5}{4 \left[\left(\frac{16,7}{33,4} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{20}{33,4} \right)^2 \right]^{1,5}} = 0,16$$

3) Находим коэффициент пропускания атмосферы (15):

$$\tau = \exp \left[7,0 \times 10^{-4} \times \sqrt{r^2 + H^2 - \frac{D_s}{2}} \right] = \exp \left[7,0 \times 10^{-4} \times \sqrt{20^2 + 16,7^2 - \frac{33,4}{2}} \right] = 0,99$$

4) Принимая $E_f = 450 \text{ кВт/м}^2$, находим интенсивность теплового излучения (23):

$$q = E_f \times F_q \times \tau = 450 \times 0,16 \times 0,99 = 71,28 \text{ кВт/м}^2$$

5) Определяем время существования «огненного шара» (26):

$$t_s = 0,92 m^{0,303} = 0,92 \times 156,60^{0,303} = 4,25 \text{ с}$$

6) Доза действия теплового излучения на человека.

Доза теплового излучения Q , Дж/м² рассчитывается по формуле:

$$Q = q \times t_s = 71,28 \times 10^3 \times 4,25 = 3,2 \times 10^3 \text{ Дж/м}^2 \quad (28)$$

Таблица 26 – Предельно допустимая доза теплового излучения при воздействии «огненного шара» на человека.

Степень поражения	Доза теплового излучения, Дж/м ²
Ожог 1-й степени	$1,2 \cdot 10^5$
Ожог 2-й степени	$2,2 \cdot 10^5$
Ожог 3-й степени	$3,2 \cdot 10^5$

Доза теплового излучения по полученным данным составляет $3,2 \times 10^3 \text{ Дж/м}^2$, следовательно, человек получит ожоги не совместимые с жизнью на расстоянии 20м. Рассчитаем дозу теплового излучения и степень поражения людей при расстояниях: 30 м; 40 м; 50 м; 60 м; 70 м и сведем в (табл. 6, глава 4)

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Расчет параметров волны давления при сгорании горючего вещества

Избыточное давление Δp , развиваемое при сгорании газопаровоздушных смесей, рассчитывают по формуле [12]:

$$\Delta p = p_0 \left(\frac{0,8m_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + \frac{3m_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + \frac{5m_{\text{пр}}}{r^3} \right) \quad (29)$$

где p_0 – атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

r – расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака, м;

$m_{\text{пр}}$ – приведенная масса газа или пара, кг, рассчитывается по формуле:

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{сг}}}{Q_0} \times m_{\text{г.п}} Z, \quad (30)$$

где $Q_{\text{сг}}$ – удельная теплота сгорания газа или пара, Дж/кг;

Z – коэффициент участия, который допускается принимать равным 0,1;

Q – константа, равная $4,52 \times 10^6$ Дж/кг;

$m_{\text{г.п}}$ – масса горючих газов и (или) паров, поступивших в результате аварии в окружающее пространство, кг.

Импульс волны давления рассчитывают по формуле:

$$i = \frac{123 \times m_{\text{пр}}^{0,66}}{r} \quad (31)$$

1) Находим приведенную массу по формуле (30):

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{сг}}}{Q_0} \times m_{\text{г.п}} Z = \left(140 \times \frac{10^6}{4,52} \times 10^6 \right) \times 156,6 \times 0,1 = 516,32 \text{ кг}$$

2) Находим избыточное давление по формуле (17):

$$\begin{aligned} \Delta p &= p_0 \left(\frac{0,8m_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + \frac{3m_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + \frac{5m_{\text{пр}}}{r^3} \right) = 101 \times \left(0,8 \times \frac{516,32^{0,33}}{20} + 3 \times \frac{516,32^{0,66}}{20^2} + \frac{516,32}{20^3} \right) \\ &= 110,36 \text{ кПа} \end{aligned}$$

3) Находим импульс волны давления по формуле (31):

$$i = \frac{123 \times m_{\text{пр}}^{0,66}}{r} = 123 \times \frac{516,32^{0,66}}{20} = 380 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Все расчеты критериев пожарной опасности произведены на расстоянии 20 м. Аналогично рассчитаем избыточное давление и степень поражения людей на расстоянии: 30 м; 40 м; 50 м; 60 м; 70 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

ГТВ-1101ВЗ газоанализатор водорода стационарный (снят с производства)	Характеристика модуля
	<i>Газоанализатор водорода ГТВ-1101ВЗ</i> предназначен для автоматического непрерывного измерения объемной доли водорода в воздухе, в азоте, в кислороде, в углеводородах, а также кислорода в водороде. Область применения газоанализатора водорода ГТВ 1101ВЗ: - нефтеперерабатывающие заводы; - электролизные установки; - контроль утечек водорода в охлаждающей системе турбогенераторов и других технологических установках. <i>Газоанализатор ГТВ 1101ВЗ</i> имеет блочно-модульную конструкцию, состоящую из преобразователя измерительного и выносных преобразователей первичных, расстояние между которыми не более 200 метров. В зависимости от исполнения газоанализатор может иметь от 1-го до 4-х каналов измерения.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

ДАМ датчик-газоанализатор однокомпонентный стационарный БПС-21М блок питания и сигнализации датчиков стационарный	Характеристика модуля
	Стационарные однокомпонентные датчики-газоанализаторы ДАМ предназначены для непрерывного автоматического измерения одного компонента (водорода; кислорода; дейтерия; диоксида углерода) в воздухе рабочей зоны помещений и наружных установок, контроля технологических сред промышленных предприятий. <i>Область применения датчика ДАМ:</i> - системы контроля технологических процессов энергетики, нефтехимической, химической и других областей промышленности, в том числе во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок; - системы контроля атмосферы промышленных объектов повышенной опасности СКАПО и совместно с БПС-21М. Внешне блок БПС-21М представляют собой автоматический стационарный контрольно-измерительный вторичный прибор с непрерывным принципом действия, выполненный в общепромышленном и взрывозащищённом искробезопасном исполнении. Блоки с одним каналом имеют моноблочную конструкцию. <i>Основные области и отрасли применения блока БПС-21М:</i> контроль атмосферы промышленных объектов в процессе добычи и переработки газа и нефти; на промышленных предприятиях металлургической и химической промышленности; на объектах автомобильных и газовых хозяйств; на производствах красок и лаков; на аккумуляторных станциях, в гальванических цехах; на складах ГСМ производственно-промышленных предприятий (в морских, речных портах, на ж/д, нефтебазах и других). Для контроля любых промышленных объектов средней и малой площади возможно использование измерительной мини-системы контроля горючих и токсичных газов на базе блока сигнализации и питания БПС-21М различной канальности, имеющей возможность подключения нескольких датчиков.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Пожарный лафетный ствол	Характеристика работы
 Рисунок 3. Пожарный лафетный ствол. Вид спереди 1 – кабель №1; 2 – Кабель №2; 3 – труба переходная; 4 – Привод Y; 5 – резьбовая муфта G2½"; 6 – труба ствольная; 7 – датчик углового положения Y; 8 - датчик углового положения X; 9 – Привод X; 10 – фланец опорный Ду 65	Основные режимы работы установки, следующие: - автоматический режим управления стволом; - дистанционный режим управления стволом; - ручной режим управления стволом. <i>Автоматический режим управления</i> стволом переводит установку в дежурное состояние и при наличии сигнала от датчиков пожара установка автоматически осуществляет поиск очага пожара, производит выдачу командного сигнала на открытие водозапорного клапана, выдачу сигнала тревоги, осуществляет сканирование лафетного ствола в направлении очага пожара. <i>Дистанционный режим управления</i> стволом позволяет дистанционно управлять движением ствола с помощью кнопок на панели управления, а также включить водозапорный клапан с помощью кнопки на панели управления. Кроме того, в этом режиме автоматически запоминается траектория движения ствола, исполнение которой возможно неограниченное число раз. Данный режим особенно целесообразен в случаях прибытия на объект пожарных, спасателей, осуществляющих борьбу с пожаром по оперативному плану. В этом случае оперативный персонал может управлять лафетным стволом из безопасного места, что благоприятно сказывается на морально-физическом факторе оперативного персонала.