



Юргинский технологический институт  
Направление подготовки: 280700 Техносферная безопасность  
Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях  
Кафедра безопасности жизнедеятельности, экологии и физического воспитания

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Вероятностная оценка опасностей и расчет пожарного риска на ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод»</b>

УДК 614.84:621.311.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
17Г20	Наливкина Алена Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	к.т.н.		

#### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭиАСУ	Нестерук Д.Н.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. БЖДЭиФВ	Луговцова Н.Ю.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. БЖДЭиФВ	Филонов А.В.			

#### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе  
направления 280700 – Техносферная безопасность

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания, достаточные для комплексной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области техносферной безопасности для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с организацией защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей, осуществлять надзорные и контрольные функции в сфере техносферной безопасности.
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных, на этой основе разрабатывать технику и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
P5	Использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов, знания по охране труда и охране окружающей среды для успешного решения задач обеспечения техносферной безопасности.
P6	Обоснованно выбирать, внедрять, монтировать, эксплуатировать и обслуживать современные системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
<b>Универсальные компетенции</b>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельной работе и к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному

самосовершенствованию в инженерной профессии.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Юргинский технологический институт

Направление подготовки: 280700 Техносферная безопасность

Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях

Кафедра безопасности жизнедеятельности, экологии и физического воспитания

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой БЖДЭиФВ

\_\_\_\_\_ С.А. Солодский

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

## ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
17Г20	Наливкиной Алене Владимировне

Тема работы:

Вероятностная оценка опасностей и расчет пожарного риска на ТЭЦ  
ООО «Юргинский машзавод»

Утверждена приказом директора (дата, номер) 29.01.2016 г. № 28/с

Срок сдачи студентам выполненной работы:

10.06.2016 г.

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	1 Объект исследования – ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод». 2 Краткая характеристика предприятия 3 План ликвидации аварийных ситуаций хим. цеха. 4 Количество хранящихся пожаро- и взрывоопасных веществ.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1 Аналитический обзор проблемы пожаро- и взрывоопасности ТЭЦ. 2 Характеристика объекта исследования. 3 Построение сценариев развития аварийных

	<p>ситуаций с указанием основных причин их возникновения.</p> <p>4 Построение «Дерева отказов» и «Дерева событий».</p> <p>5 Расчет вероятных зон действия поражающих факторов.</p> <p>6 Расчет пожарного риска.</p>
<b>Перечень графического материала</b>	<p>1 Общий план предприятия.</p> <p>2 «Дерево событий» развития аварийных ситуаций.</p> <p>3 «Дерево отказов» в результате аварийной ситуации.</p> <p>4 Зоны поражающих факторов.</p>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Нестерук Дмитрий Николаевич
Социальная ответственность	Луговцова Наталья Юрьевна
Нормоконтроль	Филонов Александр Владимирович

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	10.02.2016 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	к.т.н.		10.02.2016

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
17Г20	Наливкина Алена Владимировна		10.02.2016

## Реферат

Выпускная квалификационная работа \_ страницы, \_ рисунков, \_ таблицы, источников.

Ключевые слова: АВАРИЙНАЯ СИТУАЦИЯ, ПАРОВЫЕ КОТЛЫ, ПАРОВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ, ИЗБЫТОЧНОЕ ДАВЛЕНИЕ, ВЗРЫВ, ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ПОЖАРНЫЙ РИСК, ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОЖАРНЫЙ РИСК.

Объектом исследования является ТЭЦ ООО «Юргинский машиностроительный завод».

Предмет исследования – котельный цех ТЭЦ ООО «Юргинский машиностроительный завод».

Цель работы – Оценка опасностей и расчет пожарного риска на ТЭЦ ООО «Юргинский машиностроительный завод».

В процессе исследования были выявлены основные виды опасностей, которые могут привести к возникновению аварийной ситуации на территории ТЭЦ, были выявлены зоны поражений в результате взрыва парового котла, а также рассчитаны пожарные риски.

Область применения: Взрывопожаробезопасность.

Экономическая эффективность и значимость работы высокая.

ВКР оформлена в текстовом редакторе MW 7,0 и представлена в распечатанном виде формата А4.

## The abstract

Final qualifying work - pages, - drawings, - tables, - sources.

Keywords: EMERGENCY SITUATION, STEAM BOILERS, STEAM – AIR COMPOUND, OVERPRESSURE , EXPLOSION, POTENTIAL FIRE RISK, INDIVIDUAL FIRE RISK .

The object of the research is CHP LLC "Yurgin Machine-Building Plant".

Subject of research – boiler plant CHP LLC "Yurgin Machine-Building Plant".

Objective - Assessment of dangers and the calculation of the fire risk in the CHP LLC "Yurgin Machine-Building Plant".

In the process of the study was to identify the basic types of hazards that can lead to emergency situations on the territory of TETS were identified zone of defeats in the explosion of a steam boiler, as well as calculated fire risks.

Applications: explosion and fire.

Cost-effectiveness and significance of the work is high.

FQW framed in a text editor MW 7.0 and presented in printed form A4.

## Определения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Система стандартов безопасности труда.

ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности. Система стандартов безопасности труда.

СанПиН 2.2.4.548.96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.

СП 2.2.2.1327-03 Гигиена труда. Технологические процессы, материалы и оборудование, рабочий инструмент. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**турбогенератор:** Синхронный генератор, работающий в паре с турбинной.

**золоотвал:** Место складирования, хранилище золы тепловых электростанций, работающих на твердом топливе.

**электрофильтры:** Устройства, в которых очистка газов от взвешенных в них твердых или жидких частиц происходит под действием электрических сил

**экономайзер:** Теплообменник, в котором питательная вода перед подачей в котел подогревается, уходящими из котла газами.

**горелки:** Приборы, служащие для сжигания жидких и газообразных продуктов.

**форсунки:** Механические распылители жидкости или газа.

В работе использовались следующие сокращения:

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

РОУ - редуционно-охладительное устройство;

АХОВ – аварийно- химически опасное вещество;

ХПК - химическое потребление кислорода;

ГВС – горячее водоснабжение;

ОПФ – основные производственные фонды;

КЭС – коммунально-энергетические сети;

ПДК – предельно допустимая концентрация.



## Оглавление

Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. ....	7
Введение.....	11
1. Аналитический обзор проблемы пожаро – и взрывоопасности ТЭЦ .....	13
1.1 Краткая оценка возможной обстановки на территории ТЭЦ при возникновении крупных производственных аварий, катастроф, стихийных бедствий .....	16
2. Объект и методы исследования .....	20
2.1 История развития ТЭЦ ООО «Юргинский машиностроительный завод» .....	20
2.2 Структура ТЭЦ ОАО «Юргинский машиностроительный завод» .....	21
2.2.1 Цех топливоподачи.....	22
2.2.2 Котельный цех .....	22
2.2.3 Цех тепловой автоматики и измерений предназначен для: .....	25
2.2.4 Химический цех.....	25
2.3 Краткая характеристика котлоагрегата БКЗ 220 – 100ЖЩ(котел №4). ....	27
2.4 Технологический процесс производства пара.....	29
2.5 Методы исследования .....	30
2.5.1 Методика расчета физических взрывов.....	30
2.5.2 Методика расчета пожарных рисков .....	31
3. Расчеты и аналитика.....	33
3.1 «Дерево отказов».....	35
3.2 Расчет параметров взрыва резервуара с перегретой водой.....	36
3.2.1 Возможность возникновения взрыва.....	36
3.2.2 Расчет избыточного давления: .....	37
3.2.3 Расчет тротилового эквивалента взрыва.....	38
3.2.4 Расчет радиуса зон разрушений .....	39
3.3 Расчет значений критериев пожарной опасности для горючей пыли .....	40
3.3.1 Избыточное давление $\Delta P$ для горючей пыли .....	41
3.3.2 Расчет тротилового эквивалента угольной пыли .....	42
3.3.3 Радиус зоны разрушения (м) в общем виде определяется выражением: .....	42
3.4 Оценка поражения людей, при разрыве топочной части котла. ....	43
3.6 Расчет значений индивидуального и потенциального пожарных рисков в здании объекта.....	45
3.6.1 Потенциальный пожарный риск в помещении котельного цеха.....	45
3.6.2 Индивидуальный пожарный риск для работника находящегося в помещении котельного цеха.....	46
3.6.3 Расчет времени эвакуации людей .....	46
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49

4.1 Оценка прямого ущерба .....	49
4.1.1 Ущерб основных производственных фондов .....	50
4.1.2 Ущерб оборотных средств .....	52
4.2 Оценка косвенного ущерба .....	53
4.2.1 Средства, необходимые для ликвидации ЧС.....	54
4.2.2 Затраты, связанные с восстановлением производства .....	55
5. Социальная ответственность .....	58
5.1 Анализ выявленных вредных факторов.....	58
5.1.1 Ненормируемые параметры микроклимата.....	58
5.1.2 Производственный шум. ....	60
5.1.3 Вибрации.....	60
5.1.4 Освещение .....	61
5.3 Пожаровзрывоопасность.....	61
5.4 Электроопасность.....	63
5.3 Охрана окружающей среды. ....	64
ТЭЦ является одним из основных загрязнителей атмосферы твёрдыми частицами золы, окислами серы азота, другими веществами, оказывая вредное воздействие на здоровье людей, а также углекислым газом, способствующим возникновению «парникового эффекта»[21]. ....	64
5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	66
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	66
Заключение .....	68
Список литературы.....	70

## Введение

Обеспечение безопасной и эффективной работы объектов топливно-энергетического комплекса, обусловлено тем, что он относится к особо важным объектам жизнеобеспечения. Авария, сбой в работе и даже частичное отклонение от заданных технологических параметров отражаются на потребителях услуг и на населении. Поэтому проблема обеспечения пожарной безопасности объектов ТЭК является одной из самых сложных и острых во всех странах [44].

К основным топливно-энергетическим комплексам относятся теплоэлектростанции.

Каждому технологическому процессу присущ риск возникновения той или иной аварийной ситуации, в результате которой происходит гибель людей, наносится ущерб зданиям, а также приносит вред окружающей среде.

Значительное количество оборудования на ТЭЦ эксплуатируется еще с середины прошлого века. Износ основного оборудования может привести к серьезным авариям. Во избежание этого, необходимо увеличивать уровень безопасности на производстве. Произвести анализ возможных опасностей, а также разработать мероприятия по снижению возникновения чрезвычайной ситуации.

Объектом исследования в данной работе, является ТЭЦ ООО «Юргинский машиностроительный завод».

Цель работы: Оценка опасностей и расчет пожарного риска на ТЭЦ ООО «Юргинский машиностроительный завод», в соответствии с целью, были поставлены следующие задачи:

- Выявление опасностей способных привести к возникновению аварийных ситуаций;
- Вероятностная оценка возникновения аварийной ситуации путем построения «Дерева событий» и «Дерева отказов»;

- Определение зоны поражения в результате возникновения аварийной ситуации;

- Расчет пожарного риска.

После выполнения всех поставленных задач, необходимо сделать вывод о выявленных проблемах ТЭЦ, рассчитать индивидуальный пожарный риск для работников. Если полученные данные будут превышать допустимые значения, разработать мероприятия по снижению уровня опасности на ТЭЦ.

## 1. Аналитический обзор проблемы пожаро – и взрывоопасности ТЭЦ

Пожарная безопасность на предприятии является одним из важных факторов сохранности рабочей территории и жизни персонала.

Пожарной безопасности нужно уделять значительное внимание, так как от этого зависит жизнь людей, материальных ценностей и состояние окружающей среды.

В связи с развитием инновационных технологий, ежегодно растет выработка и потребление электроэнергии в стране, что составляет около 1050 млрд. кВт.ч[1].

Все более актуальной ставится тема пожарной безопасности на ТЭЦ, так как в России происходит быстрый темп развития энергетики. За последние годы, увеличились случаи возникновения пожаров на теплоэлектростанциях[3].

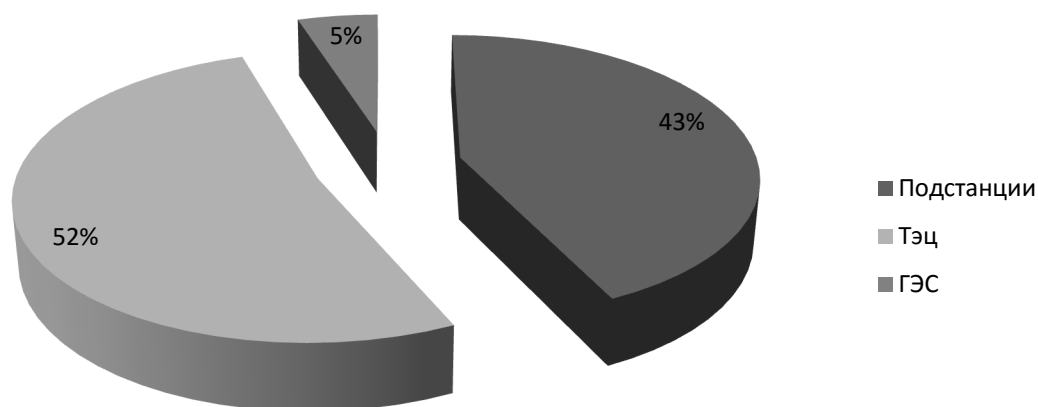


Рис 1. Статистические данные по пожарам на энергообъектах

Данная диаграмма показывает, что наибольшее количество аварий происходит на ТЭЦ.

Несвоевременное тушение пожаров на этих объектах приводит не только к большому материальному ущербу, но и к перебоям в электроснабжении. ТЭЦ относится к объектам, имеющим важное значение для жизнеобеспечения городов.

Во избежание случаев возникновения пожаров, необходимо проводить комплексные мероприятия по предупреждению чрезвычайной ситуации, а также выявлять причины их возникновения.

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) – разновидность тепловой электростанции, осуществляющая двойную функцию, это производство электроэнергии и в тоже время обеспечение тепловой энергией в централизованных системах теплоснабжения, используя в качестве топлива уголь и газ [4].

Основными производственными направлениями ТЭЦ являются выработка или отпускание тепловой энергии, а также электрической энергии[5].

Теплоэлектроцентраль по типу соединения котлов и турбин делятся на блочные и не блочные (с поперечными связями). В блочных ТЭЦ турбины и котлы соединены попарно, иногда применяется дубль – блочная схема: два котла на одну турбину, они имеют большую электрическую мощность 100 – 300 МВт[47].

Поперечное соединение (не блочное) позволяет перебросить пар от любого котла на любую турбину. Для этого необходимо установить крупные паропроводы вдоль главного корпуса станции. Кроме того, все котлы и все турбины поперечного соединения должны иметь одинаковые номинальные параметры пара (давление, температуру). Для принудительного изменения параметров пара может быть использовано редуционно-охладительное устройство (РОУ).

ТЭЦ по типу паропроизводящих установок могут быть с паровыми котлами, с парогазовыми установками и с ядерными реакторами (атомная ТЭЦ). Паровые котлы различаются в зависимости от вида топлива: уголь, мазут, газ.

В зависимости от выдачи тепловой мощности различают турбины с регулируемым теплофикационными отборами пара, с регулируемым производственными отборами пара, а также с противодавлением. На ТЭЦ одновременно могут работать турбины различных типов в зависимости от требуемого сочетания тепловых нагрузок [4].

Потенциальными источниками возгорания на ТЭЦ является пожароопасное оборудование, к ним относятся маслonaполненное электрооборудование, маслобаки, тракты топливоподачи, системы водородного охлаждения генераторов, мазутные баки и т.д [8].

Каждое оборудование, при неправильной эксплуатации может привести к серьезным опасностям. Количество случаев возникновения аварий на теплоэлектроцентралях за последние 5 лет хоть и снизилось, но все же при этом уровень опасности остается значительно высоким[2].

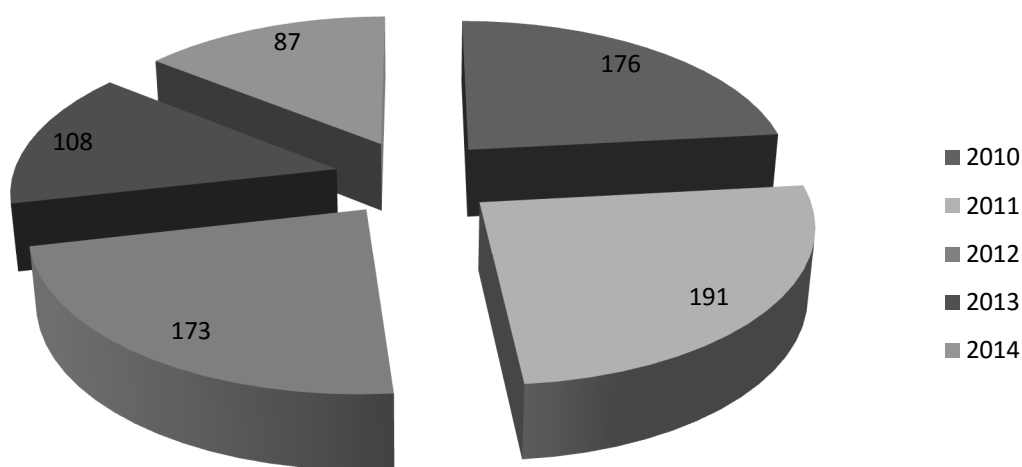


Рис 3. Количество аварий за последние 5 лет

## 1.1 Краткая оценка возможной обстановки на территории ТЭЦ при возникновении крупных производственных аварий, катастроф, стихийных бедствий

В результате возникновения крупных производственных аварий, катастроф или стихийных бедствий на территории теплоэлектроцентрали возможны следующие аварийные ситуации: разрушение дамбы золоотвала, повреждение водозабора ТЭЦ, возникновение пожара в кабельном хозяйстве ТЭЦ, пожары в котельном цехе и цехе топливоподачи, прекращения поступления твердого топлива, аварии с АХОВ[9].

Каждый из данных случаев влечет за собой серьезные последствия.

В случае разрушения дамбы золоотвала возможен залповый сброс воды с высокой бихроматной окисляемостью (ХПК – химическое потребление кислорода) и водородным показателем среды, а также массовая гибель рыбы и других водных организмов в результате нарушения кислородного режима и кислотно – щелочного равновесия водоёма непосредственно в месте сброса.

Повреждение водозабора может повлечь за собой прекращение подачи холодной воды на ТЭЦ и последующая остановка ТЭЦ (турбогенераторов, котлов), прекращение подачи пара на производство и город, прекращение открытого водоразбора горячей воды и отключение отопления в городе и на заводе, ограничение подачи электроэнергии собственной выработки на завод или полное прекращение, аварийная остановка основного оборудования ТЭЦ.

В случае пожара в кабельном хозяйстве ТЭЦ возможно: повреждение силовых кабелей собственных нужд и отходящих фидеров; повреждение кабелей вторичной коммуникации и связи; повреждение панелей управления, силовых трансформаторов; исчезновение освещения, останов насоса пожарно-хозяйственной воды; прекращение подачи пара на производство, отключение ГВС и отопления города и завода; останов вспомогательного и основного оборудования ТЭЦ (котлов, турбогенераторов, насосов и пр.); ограничение подачи электроэнергии на завод.



Прекращение поступления твердого топлива и отсутствия природного газа привлечет за собой: прекращение отпуска тепловой энергии на завод, город; ограничение отпуска электроэнергии на завод; останов котлов.

Разрушение трубопроводов второго вывода ТЭЦ – город на выходе с территории завода возможно прекращение подачи горячей воды в районы города.

Во время весеннего ледохода и паводка, возможен выход из строя водозаборных сооружений и останов ТЭЦ.

На ТЭЦ в больших количествах обращаются взрывопожароопасные, горючие вещества и материалы: в энергетических котлах сжигается природный газ, уголь или мазут, в турбогенераторах для охлаждения нередко применяется водород, в маслосистемах используются минеральные масла в больших количествах. Пожары в машинных залах и в кабельном хозяйстве ТЭЦ приводят к остановке отдельных агрегатов и узлов либо всего объекта. В случаях, когда пожар затрагивает систему управления и безопасности, могут иметь место крупные аварии турбогенераторов[11].

Неправильная эксплуатация паровых котлов может повлечь за собой взрыв. Причинами могут быть: недостаточное количество воды, большой слой накипи на стенках, превышение расчетного давления[46].

Недостаточное количество воды в котле приводит к перегреванию стенки, так как тепло горючих газов, рассчитанное на нагревание и испарение воды, не отводится. Механическая прочность металла стенок котла уменьшается, при дальнейшем повышении давления появляются трещины и котел взрывается. Восполнение упущенной воды может ускорить взрыв котла, так как вода, попавшая на перегретые стенки, мгновенно испаряется, что приводит к возникновению давления, превышающая расчетное[32].

Также перегрев стенок котла и снижение его прочности происходит в результате отложения накипи от воды на внутренних стенках котла, и от несвоевременной его чистки[13].

На данном графике представлены данные об авариях, в зависимости от видов технических устройств[2].

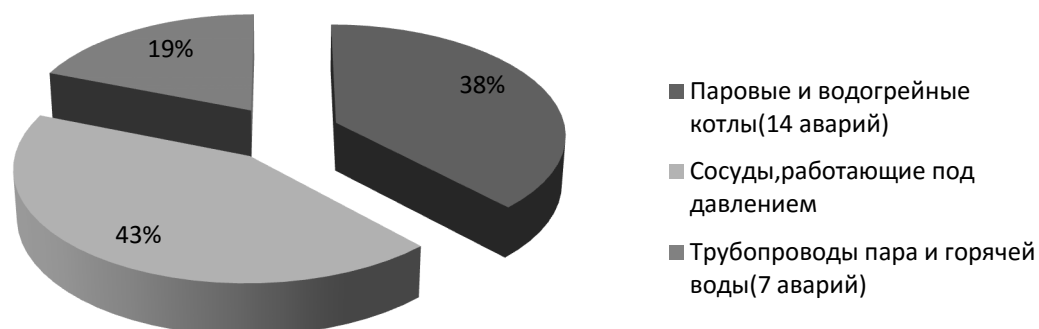


Рис 4. Распределение аварий по видам технических систем

Повышение аварийности на данных устройствах влечет за собой значительное количества пострадавших в результате несчастных случаев на производстве[45].

Так, на Западно-Сибирской ТЭЦ (г.Новокузнецк Кемеровской области), при растопке парового котла произошел хлопок угольной пыли в бункере пыли с выбросом продуктов горения, приведшие к взрыву угольной пыли с разрушением строительных конструкций здания и повреждением оборудования и трубопроводов в зоне воздействия взрывной волны. В результате взрыва пострадали 10 человек из них 1 – смертельно[2].

3 июня 2014 г. при проведении парового опробования и настройки предохранительных клапанов из-под площадки в районе правого барабана котла БКЗ-50-39Ф, установленного в котельном отделении Вологодской ТЭЦ Главного управления ОАО «ТГК-2» по Вологодской области, изготовленного Барнаульским котельным заводом в 1953 г. и введенного в эксплуатацию в 1955

г., произошел резкий выброс насыщенного пара. В результате инцидента пострадали 5 человек, 1 из них смертельно[2].

Количество пострадавших в результате несчастных случаев за последние годы значительно уменьшается, это говорит о том, что происходит улучшение уровня системы пожарной безопасности[2].

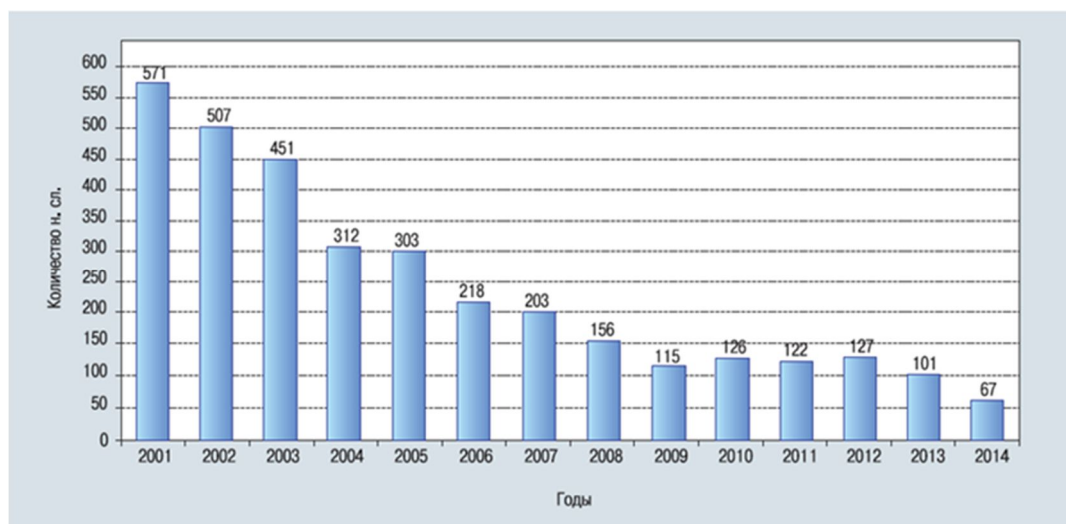


Рис 5. Количество несчастных случаев на теплоэлектростанциях.

Как показывают статистические данные, все несчастные случаи на ТЭЦ происходят из за износа оборудования, большинство из которых введены в эксплуатацию еще в 50 – 60-е годы. В первую очередь это относится к котлам и котлам- утилизаторам, а также к трубопроводам пара[14].

## 2. Объект и методы исследования

### 2.1 История развития ТЭЦ ООО «Юргинский машиностроительный завод»

ТЭЦ ОАО «Юргинский машиностроительный завод» является одним из основных источников централизованного теплоснабжения г.Юрга, а также является основным поставщиком тепловой энергии на Юргинский машиностроительный завод [8].

Строительство ТЭЦ началось летом 1950 года, и необходимость строительства было вызвано быстрым ростом промышленных предприятий и жилого массива города в послевоенные годы, а также малыми мощностями существующего энергетического хозяйства Юргинского машиностроительного завода.

В марте 1953 года строительство было закончено, а в декабре 1953 года было проведено комплексное опробование котлов № 1,2 и турбогенератора № 1, который был включен в параллельную работу с системой «Кузбассэнерго» и дал первый промышленный ток 28 апреля 1954 года.

28 апреля 1954 года была включена в работу магистраль 8-13 ата и дан пар на производство в цеха завода.

8 января 1955 года был принят в эксплуатацию котел № 3 и произведен пуск бойлерной установки. На этом строительство I очереди ТЭЦ было завершено, город и завод полностью перешли на централизованное теплоснабжение. Энергетическая мощность ТЭЦ составила:

- 25 мВт– электрическая мощность;
- 141 Гкал/ч–тепловая мощность.

К концу пятидесятых годов, в связи с быстрым ростом тепловых и электрических нагрузок, мощность ТЭЦ стала недостаточной для полного обеспечения потребителей энергоносителями, и поэтому 17 сентября 1960 года

Кузбасским СНХ было утверждено проектное задание на строительство II очереди ТЭЦ.

Строительство II очереди началось в 1962 году. В октябре 1963 года был пущен в работу турбогенератор № 2. В декабре 1967 года были приняты в эксплуатацию два водогрейных пиковых котла ПТВМ-50. В сентябре 1972 года запущены в работу котел № 4 и турбогенератор № 3. В сентябре 1973 года пущен котел № 5, а с вводом в эксплуатацию в 1977 году двух пиковых водогрейных котлов ПТВМ-100 было закончено строительство II очереди ТЭЦ. В 1986 году котлы ПТВМ-50 в связи с физическим износом были демонтированы[5].

В результате расширения ТЭЦ энергетическая мощность возросла более чем в 3 раза и составила:

- 89 мВт - электрическая мощность;
- 614 Гкал/ч - тепловая мощность.

## 2.2 Структура ТЭЦ ОАО «Юргинский машиностроительный завод»

ТЭЦ подразделяется на отдельные цеха [50]:

- Производственно-технический отдел;
- Цех топливоподачи;
- Котельный цех;
- Турбинный цех;
- Электрический цех;
- Химический цех;
- Цех тепловой автоматики и измерений;
- Строительно-монтажный цех;
- Ремонтно-механический участок.

### 2.2.1 Цех топливоподачи

Цех топливо подачи	
Основные направления	Корпуса цеха
<ul style="list-style-type: none"> <li>- выгрузки угля из вагонов МПС;</li> <li>- складирования и хранения угля на угольном штабеле;</li> <li>- подготовка и транспортировка угля в БСУ котлов 1,2,3,4,5;</li> <li>- ремонта оборудования;</li> <li>- перемещением грузов автотракторной техникой в пределах предприятия.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дробильный корпус;</li> <li>- здание разгрузсарая;</li> <li>- помещение для ремонта грейфера;</li> <li>- эстакада 1-го подъёма;</li> <li>- эстакада 2-го подъёма;</li> <li>- галерея транспортёров 10,11;</li> <li>- здание конвейера № 12.</li> </ul>

### 2.2.2 Котельный цех

В котельном цехе выполняется производство пара высокого и среднего давления. Производится подогрев сетевой воды при основных и пиковых нагрузках теплосети.

Котельный цех предназначен:

- для приема мазута хранения и подачи его на котлы;
- удаления золы и шлака на золоотвал;
- обеспечения очистки дымовых газов;
- выполнения ремонтных работ основного и вспомогательного оборудования.

Таблица 1 – Основное оборудование котельного цеха

Наименование оборудования. стационарный	Паровой котел	Водогрейный пиковый котел
---	---------------	---------------------------

номер и тип котла	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
	«Саймон-Карвес»			БКЗ-220/100Ж III	БКЗ- 250/100	ПТВМ-100	
Год ввода в эксплуатацию	1953	1953	1955	1972	2008	1977	1977
Проектные технические характеристики	150 тн/ч; 32 ата; 420°С; $\eta^{6p} = 86\%$			<b>1. Работа котлов №4 и №5 на буром угле:</b> 220 тн/ч; 100 ата; 540°С; $\eta^{6p} = 90,38\%$ <b>2. Перевод котла №5 на каменный уголь:</b> 250 тн/ч; 100 ата; 540°С; $\eta^{6p} = 90,7\%$		100 Гкал/ч; 70/150°С; 1500÷2140 тн/ч; $\eta^{6p} = 89\div 91\%$	
Фактические технические характеристики	120 тн/ч; 32 ата; 420°С; $\eta^{6p} = 82\div 85\%$			200 тн/ч; 100 ата; 540°С; $\eta^{6p} = 92\%$ (на газе)	230 тн/ч; 100 ата; 540°С; $\eta^{6p} = 90,7\%$	100 Гкал/ч; 70/150°С; 1500÷2140 тн/ч; $\eta^{6p} = 94\%$ (на газе)	
Характеристик и проектного топлива	Черемховский уголь: $Q_p^H = 5330$ ккал/кг ; $V^T = 45\%$ ; $W^P = 12\%$ ; $S^P = 1,02\%$ ; $A^P = 15\%$			Назаровский бурый уголь: $Q_p^H = 3060$ ккал/кг $V^T = 48\%$ ; $W^P = 40\%$ ; $S^P = 0,6\%$ ; $A^P = 7,2\%$	Караканский уголь*: $Q_p^H = 4990$ ккал/кг $V^T = 42,5\%$ ; $W^P = 16,5\%$ $S^P = 0,2\%$ ; $A^P = 11,7\%$	Мазут 100: $Q_p^H = 9170$ ккал/кг $W^P = 3\%$ ; $S^P = 2,9\%$ ; $A^P = 0,3\%$	
Характеристик и применяемого топлива	Кузнецкие угли: $Q_p^H = 4400\div 5600$ ккал/кг $V^T = 42\div 45\%$ ; $W^P = 8\div 23\%$ ; $S^P = 0,34\div 0,72\%$ ; $A^P = 10\div 20\%$			Природный газ: $Q_p^H = 7900\div 8470$ ккал/кг	Кузнецкие угли**	Природный газ: $Q_p^H = 7900\div 8470$ ккал/кг	
Отработано часов со времени пуска на 1.10.08г.	32637 6	33362 8	31394 6	156724	115651	45509	51341

Таблица 2 – Тягодутьевое оборудование котельного цеха

	«Саймон-Карвес»		БКЗ-220/100ЖЩ		ПТВМ-100	
	Дутьевой вентилятор	Дымосос	Дутьевой вентилятор	Дымосо с	Дутьевой вентилятор	Дымосо с
Количество на котел	2	2	2	2	16	1
Тип	ВДН-18- II	Произво д. Англия	ВДН-18- II	Д20х2	ЦД-57	Д20х2
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	120000	200000	130000/ 170000	195000/ 245000	10000	195000
Напор, м.вод.ст.	203	204	230/390	258/408	160	250
Мощность эл.двиг., кВт	250;132	246	85/200	250/500	10	320

Вспомогательное оборудование котельного цеха:

- РОУ 100/33;
- РРОУ100/1,2–2,5;
- электрофильтры котлов №4,5;
- дымовая труба 100 м;
- мазутное хозяйство;
- общестанционные трубопроводы;
- система гидрозолоудаления и золоотвал.

Для пылеприготовление используют молотковые мельницы и качающие питатели на каждый котел по четыре штуки.

Производительность мельниц - 12 тн/ч на котлах «Саймон –Карвес» и 24 тн/ч на котлах БКЗ-220/100ЖЩ, мощность привода соответственно 160кВт и 320 кВт

- схема: подача угля из бункеров котлов качающимися питателями на мельницы котлов, измельчение угля в молотковых мельницах и прямой вдвух угольной пыли в топку котлов

Золоотвал расположен на расстоянии 2,5 км от ТЭЦ, занимает площадь 35,8 га, введен в эксплуатацию в 1968 году.



### 2.2.3 Цех тепловой автоматики и измерений предназначен для:

В цехе тепловой автоматики эксплуатируются средства измерений технологических параметров, устройства автоматического регулирования теплотехнических процессов, устройств технологических защит и сигнализации, устройств дистанционного управления исполнительными механизмами ; ремонта, монтажа и ведомственной поверки средства измерений технологических параметров, устройств автоматического регулирования теплотехнических процессов, устройств технологических защит и сигнализации, устройств дистанционного управления исполнительными механизмами.

В цех тепловой автоматики и измерений входят:

- Ремонтный участок;
- Эксплуатационный участок;
- Оперативный персонал.

### 2.2.4 Химический цех.

Требования к качеству потребляемой воды на ТЭЦ очень высокие и основываются они на установленных нормах «Правил технической эксплуатации электрических станций» РД 34.20.501-95. Вода, получаемая из реки Томь, которая после химической обработки превращается в готовый продукт – химически очищенную воду с заданными показателями качества.

Согласно проекта на ТЭЦ принято 4 схемы хим.подготовки воды[47]:

- Схема химического обессоливания используется для питания котлов высокого давления № 4,5 БКЗ-220-100ЖШ производительностью 216 т/час. В отопительный период с сентября по май хим.обессоленной водой подпитываются все энергетические котлы (среднего и высокого давления) I и II очереди.

- Схема двухступенчатого натрий катионирования используется для питания котлов среднего давления «СайменКарвес» производительностью 180 т/час. По данной схеме работают только на котлы среднего давления (летний период июнь – август).

- Схема натрий катионирования – умягчение используется для подпитки теплосети – отопление горячего водоснабжения города и завода производительностью – 700 т/час.

- Очистка замасленного конденсата с производства. Производительность – 60 т/час.

Поступившая вода в химический цех подвергается предварительной очистке. В весенне–осенний паводковый период, предварительная очистка предназначена для коагуляции исходной воды , очистка от механических и коллоидных загрязнений. Сернокислый алюминий: применяют в качестве коагулянта.

- Доза коагулянта зависит от качества исходной воды (щелочности, содержания органических и взвешенных веществ, солевого состава);

- Для ускорения процесса коагуляции применяется флокулянт – полиакриламид (ПАА);

- Щелочь применяется для повышения щелочности исходной воды необходимой для коагуляции.

В состав ремонтно - механического участка входят:

- участок ремонта арматуры

- механический участок

Участок ремонта арматуры предназначен для ремонта и ревизии запорной арматуры, применяемой в тепловых, паровых, газовых, водопроводных сетях.

Участок расположен в отдельном здании на территории ТЭЦ.

### 2.3 Краткая характеристика котлоагрегата БКЗ 220 – 100ЖШ(котел №4).

Процесс образования пара происходит в паровых котлах с естественной циркуляцией.

Паровой котёл БКЗ220 – 100ЖШ предназначен для работы на электростанции с поперечными связями и сжигания кузнецкого каменного угля или природного газа. Допускается совместное сжигание угля и природного газа в разных горелках [15].

Для растопки котла используется мазут или природный газ. Для "подхвата" пылеугольного факела используется мазут [35].

Котел имеет газоплотную топку и оснащен следующим оборудованием:

- двумя дутьевыми вентиляторами (ДВ);
- двумя дымососами (ДС);
- одним дымососом рециркуляции газов (ДРГ);
- четырьмя пылесистемами с молотковыми мельницами (ММ);
- восемью пылегазовыми горелками;
- четырьмя растопочными газомазутными горелками;
- двенадцатью защитно-запальными устройствами;
- группой сопел заднего газового дутья;
- группой сопел нижнего воздушного дутья;
- системой шлакоудаления;
- системой золоулавливания.

Пылесистема выполнена по схеме прямого вдувания. Сушка топлива осуществляется горячим воздухом с присадкой холодного воздуха с напора дутьевых вентиляторов [16].

Пылегазовые горелки установлены на фронтальной стене топки в два яруса, растопочные газомазутные горелки – на боковых стенах топки в один ярус. В каждую пылегазовую и газомазутную горелки встроено защитно-запальное устройство.

На подводе мазута к каждой форсунке предусмотрена установка запорного устройства с ручным приводом и запорного устройства с электрическим приводом, а на подводе мазута к каждой форсунке "подхвата" факела дополнительно к двум запорным устройствам установлен электромагнитный клапан на байпасе запорного устройства с электрическим приводом.

На подводе газа к каждой горелке предусмотрена установка предохранительно-запорного (отсечного) клапана и запорного устройства с электроприводом, и трубопровода безопасности между ними.

Четыре форсунки обеспечивают растопочную нагрузку котла, равную 30 % от номинальной. Эти форсунки используются для розжига пылеугольных горелок.

При работе котла на угольной пыли две форсунки включаются автоматически защитой "Потускнение пылеугольного факела" или при действии защиты на снижение нагрузки котла до 60 % номинальной – для "подхвата" пылеугольного факела.

По условиям взрывобезопасности растопка котла на мазуте или газе может начинаться с розжига любой растопочной горелки и выполняется в последовательности, указанной в инструкции по эксплуатации котельной установки.

В сопла нижнего дутья, расположенные на фронтном и заднем скатах холодной воронки, подается горячий воздух. На каждом из двух подводов воздуха к соплам нижнего воздушного дутья установлено по регулирующему клапану.

В сопла газового дутья, расположенные на задней стене топки, через клапан подаются холодные дымовые газы рециркуляции от ДРГ и в этот же тракт через отдельный клапан подведен горячий воздух.

Вторичный воздух, поступающий в воздушный канал пылегазовой горелки, подается через свой клапан.

## 2.4 Технологический процесс производства пара

Для получения пара применяются парогенераторы (паровые котлы). Топливо, служащее источником тепла для превращения воды в пар сжигается в топках. Стены топочной камеры закрыты экранными трубами, по которым циркулирует вода. Экраны служат испарительными поверхностями для нагрева, одновременно, защищая обмуровку топки от воздействий продуктов сгорания[17].

В экранных трубах идет интенсивное парообразование, полученная пароводяная смесь поступает в барабан, где пар отделяется от воды. Вода по не обогреваемым опускным трубам возвращается в экранные трубы. Так осуществляется естественная циркуляция воды в котлах барабанного типа.

Насыщенный пар, пройдя через пароперегреватель, поступает к потребителю.

Горючие продукты сгорания, отдав часть тепла в топочной камере и пароперегревателя, направляется в опускной газоход, где омывают трубы экономайзера, подогревая питательную воду, затем поступает в воздухоподогреватель. Охлажденные продукты сгорания выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу.

Для преодоления аэродинамического сопротивления газового трака котла перед трубой ставится дымосос, а труба служит для рассеивания продуктов сгорания в атмосферу.

Для уменьшения загрязнённости окружающей среды и снижения износа дымососа потоком золовых частиц, зола отделяется от газов в электрофильтрах или мокрых золоуловителях, и направляется в систему золоудаления.

Воздух необходимый для горения, подается в топку дутьевым вентилятором через воздухоподогреватель.

## 2.5 Методы исследования

### 2.5.1 Методика расчета физических взрывов

Взрыв, вызванный в результате изменения физического состояния вещества, называется физическим взрывом [18].

Внезапное разрушение сосуда с перегретой жидкостью может вызвать физический взрыв, например в паровых котлах. Перегретая вода, имеющая большой запас энергии, находящаяся в барабане котла, мгновенно вскипает, при разрыве стенки барабана.

Последствия таких взрывов очень тяжелые, кроме больших разрушений рабочие подвергаются термическому воздействию горячей воды и пара.

Для определения причин взрыва строится «Дерево отказа»[20].

Для расчета взрыва необходимо определить возможность возникновения взрыва. Если результат расчета превышает допустимые значения, вероятность возникновения взрыва резко увеличивается.

При разгерметизации барабана котла часть кипящей воды мгновенно испаряется, образуется большой объем пара, что и приводит к взрыву. Поэтому рассчитывается объем образовавшегося пара, который повлечет за собой разрушение.

Для определения радиуса разрушения, рассчитывается избыточное давление и тротильный эквивалент взрыва.

По классификации зон разрушения [9] определяется размер разрушения здания в зависимости от величины избыточного давления, после чего проводится анализ последствий в результате взрыва[11].

## 2.5.2 Методика расчета пожарных рисков

В соответствии с п. 6 ст. 6 Федерального закона от 02.07.08 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» расчеты по оценке пожарного риска являются составной частью декларации пожарной безопасности или декларации промышленной безопасности (на объектах, для которых они должны быть разработаны в соответствии с законодательством Российской Федерации)[6].

Под пожарным риском, понимается, мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.

Индивидуальный пожарный риск – это риск, который может повлечь за собой человеческие жертвы в результате воздействия опасных факторов пожара.

Социальный пожарный риск – степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Пожарная опасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующее возможность возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара [6].

Определение величин пожарных рисков осуществляется на основании:

- анализа пожарной опасности объекта;
- определения частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев развития;
- наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений.

Анализ пожарной опасности рассматривается как сценарий развития той или иной опасной ситуации, которая может повлечь за собой гибель людей. Для

основания развития опасного сценария, производится анализ параметров технологических процессов и технологической среды.

Для определения частоты реализации пожароопасной ситуации используются статистические данные об аварийности или расчетные данные по надежности технологического оборудования.

С помощью построения «деревьев событий» определяется сценарий возникновения и развития пожаров[19].

Для оценки последствий воздействия опасных факторов пожара, взрыва на людей используются критерии поражения людей опасными факторами пожара.



### 3. Расчеты и аналитика

Рассматривая проблемы пожаро- и взрывоопасности ТЭЦ, были определены основные виды опасностей, которые могут возникнуть, в результате эксплуатации большого количества горючих материалов и пожароопасного оборудования.

К ним относятся:

- пожары на складах топлива и топливоподачи;
- самовозгорание угольной пыли в бункерах;
- пожары в кабельном хозяйстве;
- пожары в турбогенераторах;
- взрывы паровых котлов.

В данной работе, рассматривается вероятность возникновения взрыва парового котла БКЗ – 220 – 100ЖШ (№4), находящегося в котельном цехе ТЭЦ, который может повлечь за собой пожар.

Паровой котел БКЗ – 220 – 100ЖШ однобарабанный, вертикально-водотрубный с естественной циркуляцией. Предназначен для получения пара высокого давления при сжигании Назаровского бурого угля с твердым шлакоудалением. В качестве резервного топлива принят природный газ [15].

Компоновка котла выполнена по П-образной схеме.

Топка является первым (подъемным) газоходом. Во втором (горизонтальном) газоходе расположены ступени пароперегревателя. После горизонтального газохода газы через поворотный газоход направляются в опускной газоход, где расположены экономайзер и воздухоподогреватель [21].

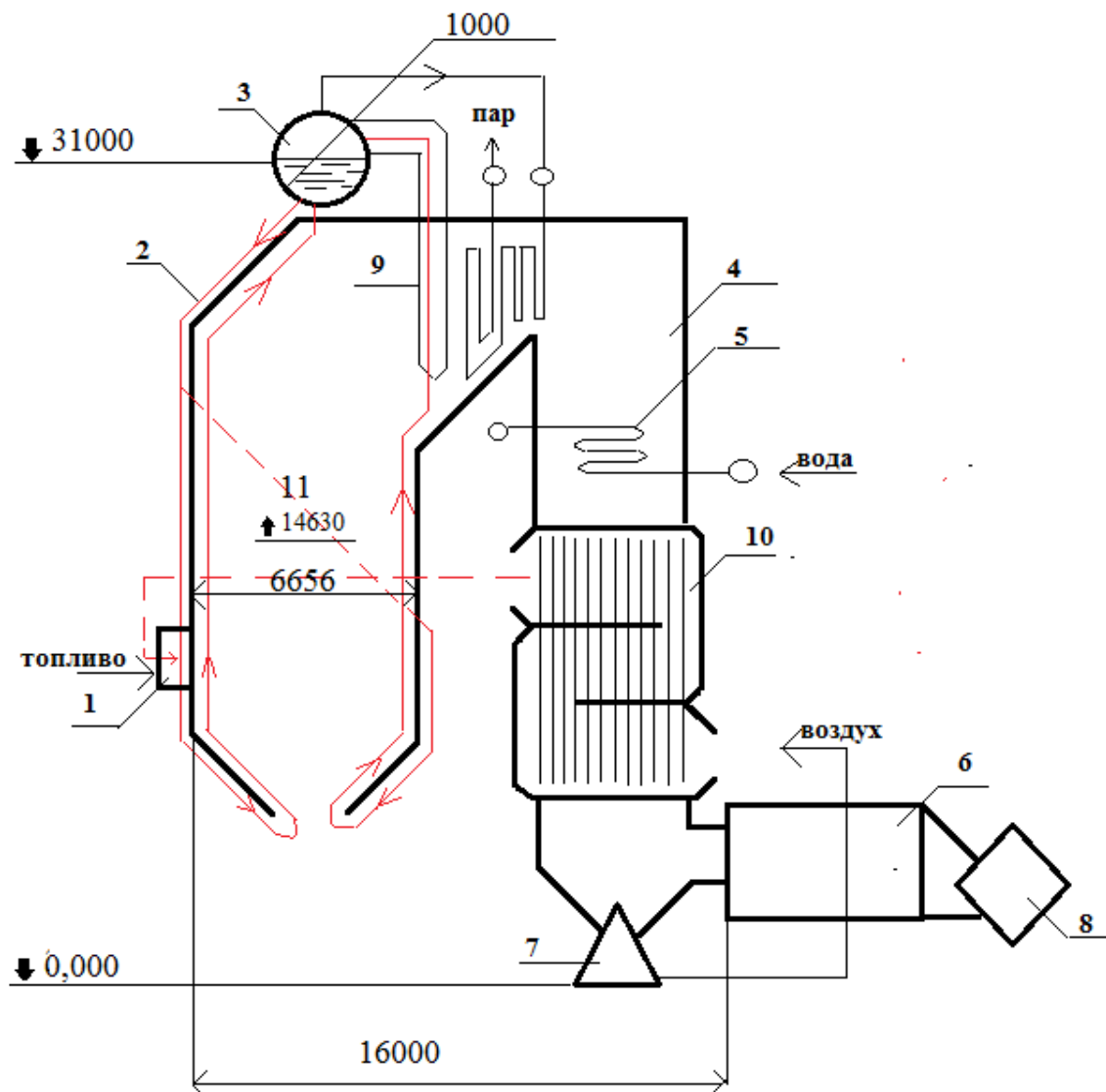


Рис 7. Схема барабанного котла с естественной циркуляцией [49]

1 – горелки; 2 - опускные трубы; 3 – барабан; 4 – опускной газоход; 5 – экономайзер; 6 – электрофильтры; 7 – дутьевой вентилятор; 8 – дымосос; 9 – пароперегреватель; 10 – воздухопровод; 11 – топка котла.

Для выявления причин, взрыва парового котла, производится оценка возникновения аварийной ситуации путем построения «Дерева отказов»;

### 3.1 «Дерево отказов»

Дерево отказов представляет собой, логическую цепочку позволяющую выявить причины взрыва парового котла[20].

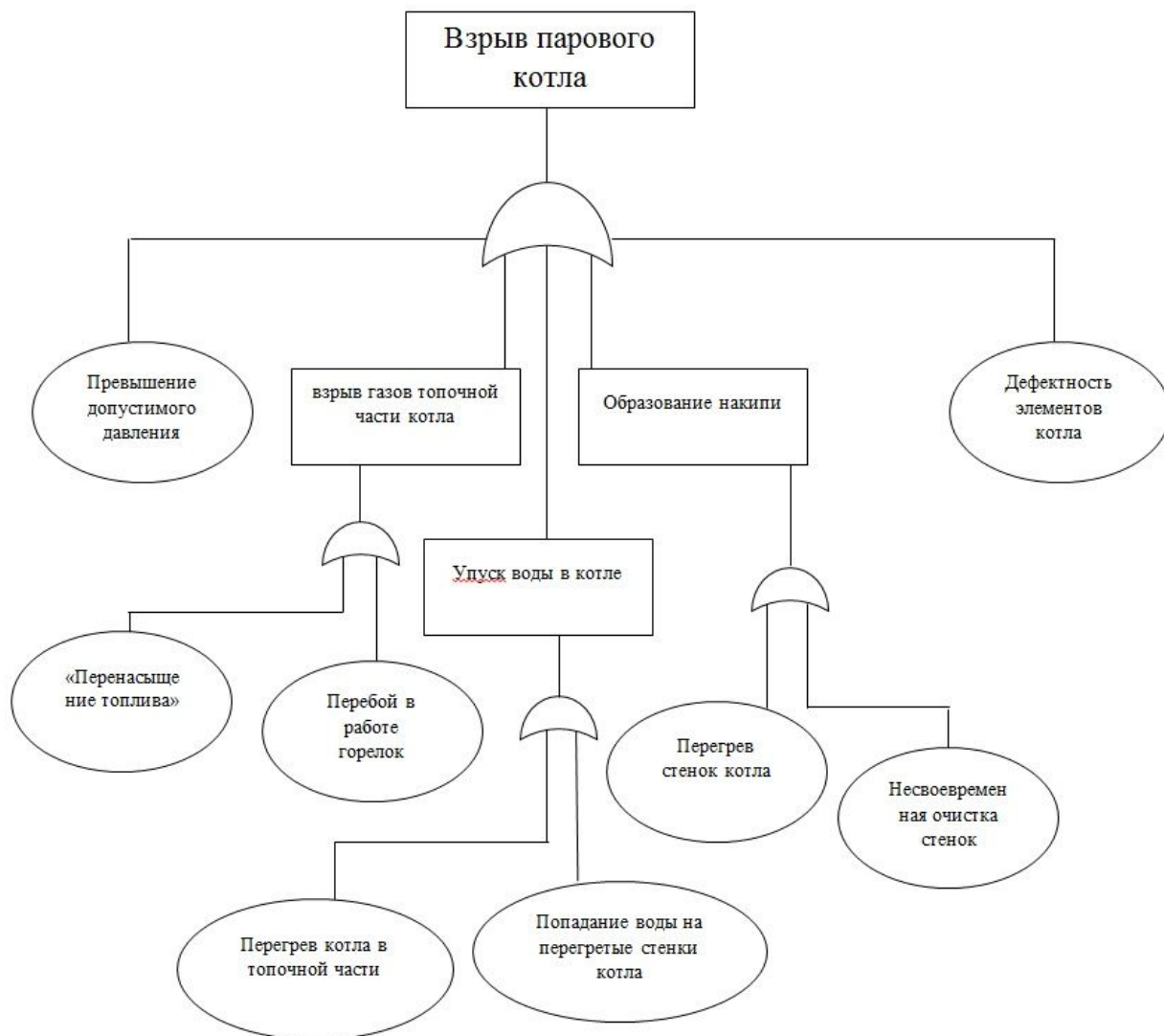


Рис 8. Дерево отказов.

### 3.2 Расчет параметров взрыва резервуара с перегретой водой

Расчет параметров взрыва резервуара с перегретой водой производится на основе ГОСТ Р 12.3.047–98[22].

Таблица 3 – Исходные данные к расчету параметров взрыва резервуара с перегретой.

Параметры	$h_{вн}$ ,кДж/кг	$r_{исп}$ , кДж/кг	$h_{в}$ ,кДж/кг	$V_{в}$ , м <sup>3</sup>	$r$ , м	$\vartheta^*$ , м <sup>3</sup> / кг	$\vartheta^{**}$ , м <sup>3</sup> / кг
Значения	419,1	1329	1399	0,6	14,6	0,001044	1,675

#### 3.2.1 Возможность возникновения взрыва

$$\delta = \frac{h_{в} - h_{вн}}{r_{исп}} \quad (3.1)$$

$$\delta = \frac{1399 - 419,1}{1329} = 0,7$$

где  $h_{в}$  – удельная энтальпия воды в барабане котла кДж/кг;

$h_{вн}$  – удельная энтальпия кипящей воды при атмосферном давлении, кДж/кг. При расчетах  $h_{вн}$  принимается равной 419,1 кДж/кг.

$r_{исп}$  – удельная теплота испарения воды при атмосферном давлении, кДж/кг.

Если испарение воды происходит при атмосферном давлении, то при расчетах ее можно принимать равной  $r_{исп} = 1329$  кДж/кг.

В результате расчета получилось что, расчётное значение превышает допустимого  $\delta = 0,7 > \delta = 0,35$ , значит, произойдет взрыв.

При разгерметизации барабана котла часть кипящей воды мгновенно испаряется, образуется большой объем пара, что и приводит к взрыву.

Масса кипящей воды определяется по формуле:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{в}} \frac{h_{\text{в}} - h_{\text{вн}}}{Q_0} \quad (3.2)$$

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{в}} \frac{h_{\text{в}} - h_{\text{вн}}}{Q_0} = 563,9 \frac{1481,9}{4,52 \cdot 10^3} = 184,9 \text{ кг.}$$

где разность энтальпий  $h_{\text{в}} - h_{\text{вн}}$  показывает значение удельной тепловой энергии, выделяющейся при адиабатном расширении 1 кг кипящей воды, находящейся в барабане котла, кДж/кг.

$Q_0$  – константа, равная  $4,52 \cdot 10^3$  кДж/кг.

Масса воды до взрыва, определяется по формуле:

$$M_{\text{в}} = \frac{V_{\text{в}}}{\vartheta^*}, \quad (3.3)$$

$$M_{\text{в}} = \frac{V_{\text{в}}}{\vartheta^*} = \frac{0,58875}{0,001044} = 563,9 \text{ кг.}$$

где  $V_{\text{в}}$  – объем воды в барабане котла, м<sup>3</sup>;  $\vartheta^*$  – удельный объем кипящей воды при атмосферном давлении в барабане, применяется 0,001044 м<sup>3</sup>/кг.

Масса образовавшегося при взрыве пара  $M_{\text{п}}$  определяется по формуле:

$$M_{\text{п}} = \frac{M_{\text{в}}(h_{\text{в}} - h_{\text{вн}})}{r_{\text{исп}}} = \frac{563,9(1399 - 419,1)}{1329} = 415 \text{ кг.}$$

Объем образовавшегося пара, м<sup>3</sup> составит:

$$V_{\text{п}} = M_{\text{п}} \cdot \vartheta^{**} = 415 \cdot 1,675 = 696,3 \text{ м}^3$$

где  $\vartheta^{**}$  – удельный объем пара в состоянии насыщения при атмосферном давлении, принимается 1,675 м<sup>3</sup>/кг.

Проведя расчеты, было выявлено, что в барабане парового котла произойдет взрыв.

### 3.2.2 Расчет избыточного давления:

$$\Delta P = P_0 \left( 0,8 \frac{M_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + 3 \frac{M_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{M_{\text{пр}}}{r^3} \right), \quad (3.4)$$

$$\Delta P = 101,3 \left( 0,8 \frac{122^{0,33}}{14,9} + 3 \frac{122^{0,66}}{14,9^2} + 5 \frac{122}{14,9^3} \right) = 84 \text{ кПа}$$

где  $P_0$  – атмосферное давление, равное 101,3 кПа;

$M_{\text{пр}}$  – масса кипящей воды, кг;

$r$  – расстояние от геометрического центра паровоздушного облака, до рассматриваемого объекта.

По результатам расчетов, можно сделать вывод, что избыточное давление, которое составило 84 кПа, значительно превышает допустимое.

### 3.2.3 Расчет тротилового эквивалента взрыва

Тротильный эквивалент взрыва, кг, определяется по формуле:

$$W_T = \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{Q_H}{Q_T} \cdot Z \cdot m, \quad (3.5)$$

где 0,4 – доля энергии взрыва парогазовой смеси, затрачиваемой непосредственно на формирование ударной волны;

0,9 – доля энергии взрыва тринитротолуола, затрачиваемой непосредственно на формирование ударной волны;

$Q_H$  – удельная (низшая) теплота сгорания парогазовой среды, кДж/кг;

$Q_T$  – удельная теплота взрыва, равная 4240 кДж/кг;

$Z$  – доля приведенной массы паров, участвующей во взрыве, которая принимается для горючих газов 0,5.

$m$  – масса горючего газа, кг.

Так как, причиной взрыва послужило мгновенное испарение воды, то в данной формуле вместо значения  $Q_H$ , берется удельная теплота парообразования воды  $L$ , равная 2256 кДж/кг.

Тогда, тротильный эквивалент взрыва равен:

$$W_T = \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{2256}{4240} \cdot 0,5 \cdot 370,3 = 43,8 \text{ кг.}$$

### 3.2.4 Расчет радиуса зон разрушений

Полученные значения избыточного давления взрыва и тротилового эквивалента взрыва используются для расчета радиуса зон разрушений.

Таблица 4 – Классификация зон разрушения.

Класс зоны разрушения	Безразмерный коэффициент $K$	$\Delta P$ , кПа
1	3,8	$\geq 100$
2	5,6	70
3	9,6	28
4	28,0	14
5	56,0	$\leq 2,0$

Радиус зоны разрушения (м) в общем виде определяется выражением:

$$R = K \cdot \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{\frac{1}{6}}}, \quad (3.6)$$

где  $K$  – безразмерный коэффициент, характеризующий воздействие взрыва на объект. Так как избыточное давление  $\Delta P$  составило 104 кПа, то согласно классификации зон разрушения  $K = 5,6$ .

$$R = 5,6 \cdot \frac{\sqrt[3]{43,8}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{43,8}\right)^2\right]^{\frac{1}{6}}} = 5,6 \cdot \frac{3,52}{4,17} = 4,7 \text{ м.}$$

При влиянии сильного давления, произойдет разрыв топки котла, в котором содержится горючее топливо. Вторичным фактором взрыва будет являться пожар.

### 3.3 Расчет значений критериев пожарной опасности для горючей пыли

Расчетная масса пыли, поступившей в окружающее пространство при расчетной аварии, определяется по формуле:

$$M = M_{\text{вз}} + M_{\text{ав}}, \quad (3.7)$$

$$M = M_{\text{вз}} + M_{\text{ав}} = 170,9 + 10,98 = 181,88 \text{ кг.}$$

где  $M$  – расчетная масса поступившей в окружающее пространство горючей пыли, кг;

$M_{\text{вз}}$  – расчетная масса взвихрившейся пыли, кг;

$M_{\text{ав}}$  – расчетная масса пыли, поступившей в результате аварийной ситуации, кг;

Величину  $M_{\text{вз}}$  определяют по формуле:

$$M_{\text{вз}} = K_{\text{г}} \cdot K_{\text{вз}} \cdot M_{\text{н}} \quad (3.8)$$

$$M_{\text{вз}} = K_{\text{г}} \cdot K_{\text{вз}} \cdot M_{\text{н}} = 1 \cdot 0,9 \cdot 12,2 = 10,98 \text{ кг.}$$

где  $K_{\text{г}}$  – доля горючей пыли в общей массе отложений пыли, равная 1;

$K_{\text{вз}}$  – доля отложений вблизи аппарата пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации, 0,9;

$M_{\text{н}}$  – масса отложившейся вблизи топки котла пыли к моменту аварии, 12,2 кг.

Величину  $M_{\text{ав}}$  определяют по формуле:

$$M_{\text{ав}} = (M_{\text{ан}} + q \cdot T) K_{\text{н}} \quad (3.9)$$

$$M_{\text{ав}} = (M_{\text{ан}} + q \cdot T) K_{\text{н}} = (61 + 2,34 \cdot 120) \cdot 0,5 = 170,9 \text{ кг.}$$

где  $M_{\text{ан}}$  – масса горючей пыли выбрасываемой в окружающее пространство при разгерметизации топки котла, кг. При отсутствии ограничивающих выброс пыли инженерных устройств следует полагать, что в момент расчетной аварии происходит аварийный выброс в окружающее пространство всей находившейся в аппарате пыли, 61 кг;



$q$  – производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения,  $2,34 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$ ;

$T$  – расчетное время отключения, 120 с.;

$K_n$  – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение, равный 0,5 – для пыли с дисперсностью не менее 350 мкм.

### 3.3.1 Избыточное давление $\Delta P$ для горючей пыли

Определяется приведенная масса горючей пыли, кг:

$$m_{\text{пр}} = M \cdot Z \frac{H_T}{H_{TO}} \quad (3.10)$$

$$m_{\text{пр}} = M \cdot Z \frac{H_T}{H_{TO}} = 181,88 \cdot 0,1 \frac{30 \cdot 10^6}{4,6 \cdot 10^6} = 118,6 \text{ кг.}$$

где..... $M$  – масса горючей пыли, поступившей в результате аварии в окружающее пространство, кг;

$Z$  – коэффициент участия пыли в горении, значение которого допускается принимать равным 0,1;

$H_T$  – теплота сгорания пыли,  $30 \cdot 10^6 \text{ Дж}\cdot\text{кг}^{-1}$ ;

$H_{TO}$  – константа, принимаемая равной  $4,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}\cdot\text{кг}^{-1}$ .

Расчетное избыточное давление, кПа:

$$\Delta P = P_0 \left( 0,8 \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + 3 \frac{m_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{m_{\text{пр}}}{r^3} \right) = 66 \text{ кПа}$$

где ..... $P_0$  – атмосферное давление, равное 101,3 кПа;

$r$  – расстояние от геометрического центра паровоздушного облака, до рассматриваемого объекта.

### 3.3.2 Расчет тротилового эквивалента угольной пыли

Тротильный эквивалент взрыва, кг, определяется по формуле:

$$W_T = \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{Q_H}{Q_T} \cdot Z \cdot m = \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{25000}{4240} \cdot 0,5 \cdot 61 = 79,9 \text{ кг.}$$

где, 4 – доля энергии взрыва парогазовой смеси, затрачиваемой непосредственно на формирование ударной волны;

0,9 – доля энергии взрыва тринитротолуола, затрачиваемой непосредственно на формирование ударной волны;

$Q_H$  – удельная (низшая) теплота сгорания 25000, кДж/кг;

$Q_T$  – удельная теплота взрыва, равная 4240 кДж/кг;

$Z$  – доля приведенной массы паров, участвующей во взрыве, которая принимается для горючих газов 0,5.

$m$  – масса горючего газа, кг.

Тогда, тротильный эквивалент взрыва равен:

$$W_T = \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{25000}{4240} \cdot 0,5 \cdot 61 = 79,9 \text{ кг.}$$

3.3.3 Радиус зоны разрушения (м) в общем виде определяется выражением:

$$R = K \cdot \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{\frac{1}{6}}}$$

где  $K$  – безразмерный коэффициент, характеризующий воздействие взрыва на объект. Так как избыточное давление  $\Delta P$  составило 66 кПа, то согласно классификации зон разрушения  $K = 5,6$ .

$$R = 5,6 \cdot \frac{\sqrt[3]{79,9}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{79,9}\right)^2\right]^{\frac{1}{6}}} = 5,6 \cdot \frac{4,3}{3,41} = 7,06 \text{ м.}$$

### 3.4 Оценка поражения людей, при разрыве топочной части котла.

Таблица 5. Характеристики поражения людей ударной волной.

вид поражения	характеристики поражения	Величина избыточного давления, $\Delta P_{\phi}$ , кПа
Легкие	легкая контузия, временная потеря слуха, ушибы и вывихи конечностей	20-40
Средние	травмы мозга с потерей сознания, повреждения органов слуха, кровотечения из носа и ушей, сильные переломы и вывихи конечностей	40-60
Тяжелые	сильная контузия всего организма, повреждения внутренних органов и мозга, тяжелые переломы конечностей. Возможны летальные исходы	60-100
крайне тяжелые	получаемые травмы очень часто приводят к летальному исходу	>100

Согласно таблице 4, при избыточном давлении взрыва топки котла, который составляет 66 кПа, класс зоны разрушения будет соответственно 2.

При втором классе разрушения произойдет 50% развал парового котла, части конструкции которого, травмируют рабочий персонал.

Как показывает таблица 5, взрыв нанесет тяжелые травмы рабочим, такие как сильная контузия всего организма, повреждение внутренних органов и мозга, тяжелые переломы конечностей., а также возможны летальные исходы.

Наибольшая рабочая смена в котельном цехе составляет 32 человека.

Учитывая, что весь рабочий персонал может находиться в радиусе разрушения, который составляет 7 м, потери могут составить 50%, это 16 человек, которые могут получить тяжелые поражения, и 15% от всего персонала, т.е. 4 человека с летальным исходом (таблица 6). Остальные рабочие получают средние увечья, такие как травмы головного мозга, с потерей сознания, повреждения органов слуха, кровотечения из носа и ушей, сильные переломы и вывихи конечностей.

Таблица 6. Структура возможных поражений

Характер застройки	Зоны разрушения	Потери, %					
		Всего	Безвозвратные	Санитарные			
				Всего	Тяжесть поражения		
					Крайне тяжелая и тяжелая	Средняя	Легкая
Кирпичные жилые дома и здания производственного типа	Полного	90	80	10	5	5	-
	Сильного	50(14)	15(9)	35(5)	15(2)	5(2)	15(1)
	Среднего	40	15	25	10	8	7
	Слабого	15	-	15	-	-	15
Деревянные дома	Полного	75	55	20	10	10	-
	Сильного	35	5	30	-	5	25
	Среднего	20	-	20	-	-	20
	Слабого	5	-	5	-	-	5

Вторичным фактором взрыва может быть пожар, для этого рассчитывается индивидуальный пожарный риск для каждого рабочего персонала, находящегося в момент взрыва в котельном цехе.

Для расчета индивидуального пожарного риска, рассматривается сценарий развития той или иной опасной ситуации, которая может повлечь за собой гибель людей

### 3.5 «Дерево событий»

Вероятностная оценка возникновения событий в результате разрушения топки котла представляется в виде «дерева событий»[18].

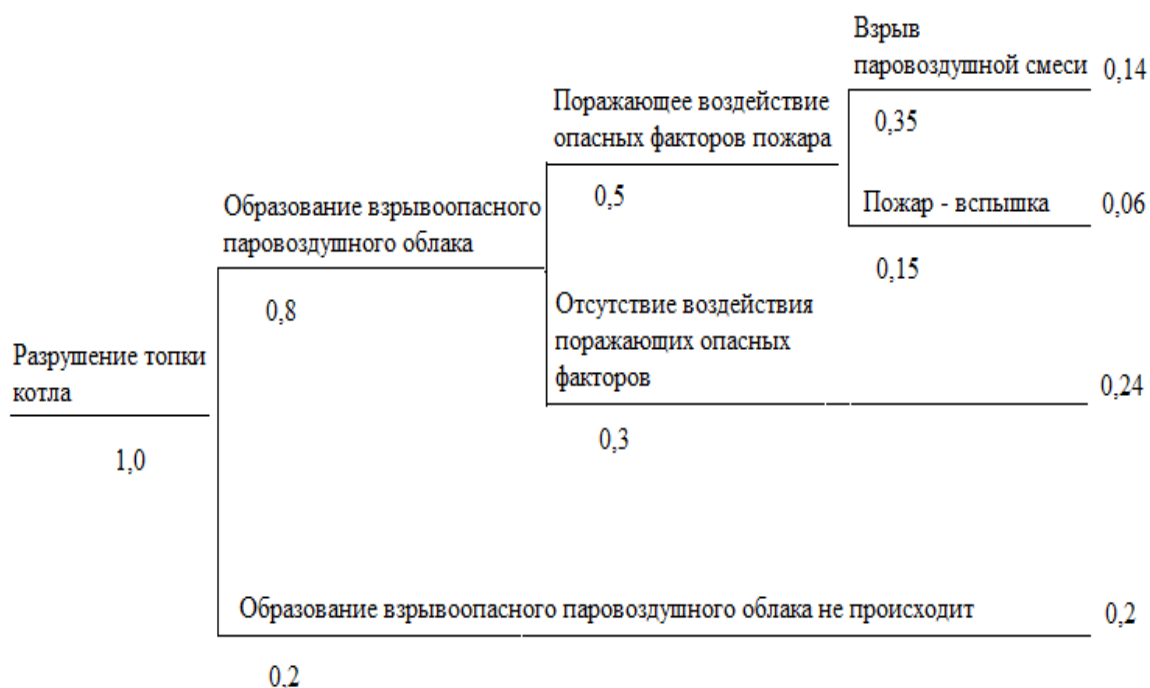


Рисунок 9 – Дерево событий

### 3.6 Расчет значений индивидуального и потенциального пожарных рисков в здании объекта

#### 3.6.1 Потенциальный пожарный риск в помещении котельного цеха

$$P(i) = \sum_{j=1}^J Q_{ij} \cdot Q_j, \quad (3.11)$$

$$P(i) = \sum_{j=1}^J Q_{ij} \cdot Q_j = 0,00000015 \cdot 1 = 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$$

где .....J – число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров, ветвей логического дерева событий), в данном случае число сценариев составляет 1;

$Q_{ij}$  – условная вероятность поражения человека при его нахождении в котельном помещении, 1;

$Q_j$  – частота реализации в течение года развития пожароопасных ситуаций,  $0,15 \text{ год}^{-1}$ .

Согласно Федеральному закону от 02.07.08 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», здание котельного цеха, по пожарной и взрывопожарной опасности, относится к помещениям категории Б, поэтому условная вероятность поражения человека в котельном цехе принимается равной 1.

3.6.2 Индивидуальный пожарный риск для работника находящегося в помещении котельного цеха

$$R_m = q_m \cdot P_m \quad (3.12)$$

$$R_m = q_m \cdot P_m = 0,15 \cdot 0,99 = 0,148 \cdot 10^{-6}$$

где  $P_m$  - величина потенциального риска в помещении здания, год<sup>-1</sup>;  
 $q_m$  – вероятность присутствия работника в помещении, 0,99.

3.6.3 Расчет времени эвакуации людей

$$t_{pij} = \frac{l}{v}, \quad (3.13)$$

где  $l$  – длина первого участка пути, м;  
 $v$  – скорость движения людского потока м/мин. по табл. (в зависимости от плотности потока  $D$ );

$$D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \sigma}, \quad (3.14)$$

где  $N$  – число людей на первом участке, чел.;

$f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м<sup>2</sup>, принимаемая равной 0,125;

$\sigma$  – ширина первого участка пути, м

Первый участок:

- Расчетное время эвакуации людей из помещения, мин определяется по формуле:

$$t_{Pij} = \frac{l}{v} = \frac{10,5}{47} = 0,22 \text{ мин.} \approx 13 \text{ сек.}$$

$$D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \sigma} = \frac{32 \cdot 0,125}{10,5 \cdot 1,5} = 0,25 \text{ м}^2\text{м}^2$$

где  $N$  – число людей на первом участке, чел.;

$f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека,  $\text{м}^2$ , принимаемая равной 0,125;

$\sigma$  – ширина первого участка пути, м

Второй участок:

- Расчетное время эвакуации людей из помещения, мин определяется по формуле:

$$t_{Pij} = \frac{l}{v} = \frac{14}{60} = 0,23 \text{ мин.} \approx 14 \text{ сек.}$$

$$D = \frac{N \cdot f}{l \cdot \sigma} = \frac{32 \cdot 0,125}{14 \cdot 1,5} = 0,19 \text{ м}^2\text{м}^2$$

Таблица 7 – Исходные данные.

Плотность потока $D$ , $\text{м}^2/\text{м}^2$	Горизонтальный путь		Дверной проем, интенсивность $q$ , м/мин	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Скорость $v$ , м/мин	Интенсивность $q$ , м/мин		Скорость $v$ , м/мин	Интенсивность $q$ , м/мин	Скорость $v$ , м/мин	Интенсивность $q$ , м/мин
0,01	100	1,0	1,0	100	1,0	60	0,6
0,05	100	5,0	5,0	100	5,0	60	3,0
0,10	80	8,0	8,7	95	9,5	53	5,3
0,20	60	12,0	13,4	68	13,6	40	8,0
0,30	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6

Плотность потока $D$ , $\text{м}^2/\text{мин}$	Горизонтальный путь		Дверной проем, интенсивность $q$ , $\text{м}/\text{мин}$	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Скорость $v$ , $\text{м}/\text{мин}$	Интенсивность $q$ , $\text{м}/\text{мин}$		Скорость $v$ , $\text{м}/\text{мин}$	Интенсивность $q$ , $\text{м}/\text{мин}$	Скорость $v$ , $\text{м}/\text{мин}$	Интенсивность $q$ , $\text{м}/\text{мин}$
0,40	40	16,0	18,4	40	16,0	26	10,4
0,50	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11,0
0,60	28	16,3	19,05	24,5	14,1	18,5	10,75
0,70	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,80	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,90 и более	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Таблица 8 – Расчетные данные

Потенциальный пожарный риск, $\text{год}^{-1}$	Индивидуальный пожарный риск, $\text{год}^{-1}$	Время эвакуации, сек	
		1 путь	2 путь
0,15	0,148	13	14

Допустимое значение индивидуального пожарного риска составляет  $10^{-6}$   $\text{год}^{-1}$  [27]. В данной работе, он составил  $0,148 \cdot 10^{-6}$ , отсюда можно сделать вывод, что расчетное значение приемлемо, так как не превышает допустимого.



#### 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Котельный цех теплоэлектроцентраля расположен в главном корпусе ТЭЦ, занимая площадь 3818 м<sup>2</sup>.

Основным оборудованием котельного цеха являются паровые и водяные котлы. В результате превышения избыточного давления в барабане произошел взрыв парового котла №4. Радиус зоны разрушения составил  $R = 7$  м. Произошло полное разрушения котла. Разлетевшиеся части котла повредили рядом стоящий паровой котел №5. Повреждение конструкции здания не произошло.

Ущерб, полученный в результате воздействия поражающих факторов на объект экономики, является одним из наиважнейшим критериев при оценке устойчивости объекта.

Полный ущерб представляется в виде суммы прямого и косвенного ущерба, и рассчитывается по формуле:

$$Y = Y_{\text{пр}} + Y_{\text{к}}, \quad (4.1)$$

$$Y = Y_{\text{пр}} + Y_{\text{к}} = 9081000 + 915569,55 = 9996569,55 \text{ руб.}$$

где  $Y_{\text{пр}}$  – прямой ущерб, руб;

$Y_{\text{к}}$  – косвенный ущерб, руб.

##### 4.1 Оценка прямого ущерба

Оценка прямого ущерба представляет собой сумму ущерба, который наносится основным производственным фондам (ОПФ) и оборотным средствам (ОС). Рассчитывается по формуле:

$$Y_{\text{пр}} = C_{\text{ОПФ}} + C_{\text{ОС}}, \quad (4.2)$$

$$Y_{\text{пр}} = 7934400 + 1146600 = 9081000 \text{ руб.}$$

#### 4.1.1 Ущерб основных производственных фондов

Основные фонды производственных предприятий складываются из материальных и вещественных ценностей производственного и непромышленного назначения, необходимых для выполнения производственными предприятиями своих функций, в нашем случае это производственное, технологическое оборудование, коммунально-энергетические сети и производственное помещение, где произошел взрыв.

Ущерб основных производственных фондов находим по формуле:

$$C_{\text{ОПФ}} = C_{\text{ТО}} + C_{\text{КЭС}} + C_{\text{з}}, \quad (4.3)$$

$$C_{\text{ОПФ}} = 7560000 + 248400 + 126000 = 7934400 \text{ руб.}$$

В результате взрыва был разрушен паровой котел №4 и поврежден паровой котел №5. Ущерб здания минимален, в результате взрыва была повреждена вентиляционная система, расположенная над местом аварии.

Ущерб, нанесенный зданиям, технологическому оборудованию, коммунально-энергетическим сетям равен:

$$C_{\text{з}} = C_{\text{зост}} \cdot G_{\text{з}}, \quad (4.4)$$

$$C_{\text{ТО}} = C_{\text{ТОост}} \cdot G_{\text{ТО}}, \quad (4.5)$$

$$C_{\text{КЭС}} = C_{\text{КЭСост}} \cdot G_{\text{КЭС}}, \quad (4.6)$$

где  $C_{\text{зост}}, C_{\text{ТО}}, C_{\text{КЭС}}$  – остаточная стоимость здания, технологического оборудования, КЭС к моменту ЧС, руб.;

$G$  – относительная величина ущерба, нанесенного зданию, виду технологического оборудования, КЭС.

На основании статистических данных, полученных при испытаниях и катастрофах, относительная величина ущерба при сильных повреждениях составляет – 0,6.

$$C_3 = 12600000 \cdot 0,6 = 7560000 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТО}} = (276000 + 138000) \cdot 0,6 = 248400 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{КЭС}} = 210000 \cdot 0,6 = 126000 \text{ руб.}$$

Определить остаточную стоимость здания, технологического оборудования и КЭС, можно по формуле:

$$C_{3_{\text{ост}}} = C_3 \left( 1 - \frac{N_{a_3} \cdot T_{\phi_3}}{100} \right), \quad (4.7)$$

$$C_{\text{ТО}_{\text{ост}}} = C_{\text{ТО}} \left( 1 - \frac{N_{a_{\text{ТО}}} \cdot T_{\phi_{\text{ТО}}}}{100} \right), \quad (4.8)$$

$$C_{\text{КЭС}_{\text{ост}}} = C_{\text{КЭС}} \left( 1 - \frac{N_{a_{\text{КЭС}}} \cdot T_{\phi_{\text{КЭС}}}}{100} \right), \quad (4.9)$$

где  $C_3, C_{\text{ТО}}, C_{\text{КЭС}}$  – балансовые стоимости здания, вида технологического оборудования, КЭС, тыс. руб.;

$N_{a_3}, N_{a_{\text{ТО}}}, N_{a_{\text{КЭС}}}$  – норма амортизации здания, вида технологического оборудования, КЭС, % в год;

$T_{\phi_3}, T_{\phi_{\text{ТО}}}, T_{\phi_{\text{КЭС}}}$  – фактический срок эксплуатации здания, технологического оборудования, КЭС до ЧС, год.

Для определения остаточной стоимости необходимы следующие исходные данные:

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета остаточной стоимости

	Балансовые стоимости,	Норма амортизации, % в	Фактический срок

	тыс. руб.	год.	эксплуатации, год.
Котельный цех (ТЭЦ)	210000	2	47
Паровой котел №4	2300	2	44
Паровой котел № 5	2300	2	47
КЭС	3500	2	47

Норма амортизации:

$$H_{a_3} = \frac{1}{T_{\phi_3}} \cdot 100 = \frac{1}{47} \cdot 100 = 2 \%,$$

$$H_{a_{mo1}} = \frac{1}{T_{\phi_{mo}}} \cdot 100 = \frac{1}{44} \cdot 100 = 2 \%,$$

$$H_{a_{mo1}} = \frac{1}{T_{\phi_{mo}}} \cdot 100 = \frac{1}{47} \cdot 100 = 2 \%,$$

$$H_{a_{KЭС}} = \frac{1}{T_{\phi_{KЭС}}} \cdot 100 = \frac{1}{47} \cdot 100 = 2 \%.$$

Остаточная стоимость здания, технологического оборудования и КЭС:

$$C_{з_{ост}} = 210000 \left( 1 - \frac{2 \cdot 47}{100} \right) = 12600000 \text{ руб.},$$

$$C_{то1_{ост}} = 2300 \left( 1 - \frac{2 \cdot 44}{100} \right) = 276000 \text{ руб.},$$

$$C_{то2_{ост}} = 2300 \left( 1 - \frac{2 \cdot 47}{100} \right) = 138000 \text{ руб.},$$

$$C_{KЭС_{ост}} = 3500 \left( 1 - \frac{2 \cdot 47}{100} \right) = 210000 \text{ руб.}$$

#### 4.1.2 Ущерб оборотных средств

Оборотные средства включают в себя производственные запасы, остатки незавершенного производства, готовую продукцию и другие ценности, необходимые для бесперебойной производственной деятельности и реализации продукции.

$$C_{oc} = C_{об.ср} \cdot N_{oc} \cdot G_{oc}, \quad (4.10)$$

где  $C_{об.ср}$  – фактическая себестоимость оборотных средств на единицу ресурса,  $\frac{\text{руб}}{\text{шт}}$ ,  $\frac{\text{руб}}{\text{м}^3}$ ;

$N_{oc}$  – количество оборотных средств в натуральном выражении, шт, м<sup>3</sup>;

$G_{oc}$  – относительная величина ущерба, причиненного оборотным средствам.

При взрыве, в топке котла находилось 91 тонна бурого угля. Стоимость за тонну угля составляет 2100 руб.

$$C_{oc} = 2100 \cdot 91 \cdot 0,6 = 114660 \text{ руб.}$$

#### 4.2 Оценка косвенного ущерба

Оценка косвенного ущерба представляет собой сумму средств необходимых для ликвидации аварии и затраты, связанные с восстановлением производственного помещения для дальнейшего его функционирования.

Выражение для косвенного ущерба может быть представлено в виде:

$$Y_k = C_v + C_{лчс},$$

где  $C_v$  – затраты, связанные с восстановлением производства, руб.;

$C_{лчс}$  – средства, необходимые для ликвидации ЧС, руб.

$$Y_k = 4950 + 910619,55 = 915569,55 .$$

Средства необходимые для ликвидации ЧС зависят от ее характера и масштабов, определяющих объемы спасательных и других неотложных работ.

Основной вид работы, выполняемый при ликвидации ЧС и определяющими затраты – является тушение пожара, возникшего в результате взрыва.

#### 4.2.1 Средства, необходимые для ликвидации ЧС

Средства необходимые для ликвидации аварии определяем по формуле:

$$C_{\text{лчс}} = C_{\text{о.с}} + C_m + C_{\text{и.о}}, \quad (4.11)$$

$$C_{\text{лчс}} = 394143,75 + 2966,4 + 513509,4 = 910619,55 \text{ руб.}$$

где  $C_{\text{о.с}}$  – расход на огнетушащие средства, руб.;

$C_{\text{и.о}}$  – расходы связанные с износом пожарной техники и пожарного оборудования, руб.;

$C_m$  – расходы на топливо (горюче-смазочные материалы) для пожарной техники, руб.

Расход на огнетушащие средства находим по формуле:

$$C_{\text{о.с}} = S_T \cdot L_{\text{тр}} \cdot C_{\text{о.с}} \cdot t, \quad (4.12)$$

$$C_{\text{о.с}} = S_T \cdot L_{\text{тр}} \cdot C_{\text{о.с}} \cdot t = 38,5 \cdot 0,15 \cdot 45,5 \cdot 1500 = 394143,75 \text{ руб.}$$

где  $t$  – время тушения пожара, 25 мин = 1500 сек;

$C_{\text{о.с}}$  – цена огнетушащего средства – вода, 45,5 руб/м<sup>3</sup>;

$L_{\text{тр}}$  – интенсивность подачи огнетушащего средства, при II степени огнестойкости здания равна 0,15 л/с·м<sup>2</sup>;

$S_T$  – площадь тушения пожара, составит.

Площадь тушения пожара определяем по формуле:

$$S_m = 3,14 \cdot \frac{R^2}{4} \quad (4.13)$$

$$S_m = 3,14 \cdot \frac{R^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{7^2}{4} = 38,5 \text{ м}^2.$$

Расходы связанные с износом пожарной техники и пожарного оборудования определяем по формуле:

$$C_{\text{и.о.}} = (K_{\text{ап}} \cdot C_{\text{об}} \cdot N_{\text{ап}}) + (K_{\text{ср}} \cdot C_{\text{об}} \cdot N_{\text{ср}}) + (K_{\text{пр}} \cdot C_{\text{об}} \cdot N_{\text{пр}}), \quad (4.14)$$

где  $N_{\text{ап}}$  – число единиц пожарного автомобиля, 3 ед.;

$N_{\text{ср}}$  – число единиц ручных стволов, 3 шт.;

$N_{\text{пр}}$  – число единиц пожарных рукавов, 6 шт.;

$C_{\text{об}}$  – стоимость единицы оборудования, руб./шт.;

$K_{\text{ап}}$  – норма амортизации пожарного автомобиля;

$K_{\text{ср}}$  – норма амортизации ручного ствола;

$K_{\text{пр}}$  – норма амортизации пожарных рукавов.

$$C_{\text{и.о.}} = (0,03 \cdot 5684060 \cdot 3) + (0,05 \cdot 1800 \cdot 3) + (0,09 \cdot 3100 \cdot 6) = 513509 \text{ руб.}$$

Расходы на топливо (горюче-смазочные материалы) для пожарной техники находим по формуле:

$$C_m = P_m \cdot C_m \cdot L, \quad (4.15)$$

где  $C_m$  цена за литр топлива, 33,5 руб/л;

$P_m$  – расход топлива, 0,0385 л/мин;

$L$  – весь путь, 2300 м.

$$C_m = 0,0385 \cdot 33,5 \cdot 2300 = 2966,4 \text{ руб.}$$

#### 4.2.2 Затраты, связанные с восстановлением производства

При возникновении аварии в помещении цеха пострадали вентиляционная система. Затраты, связанные с восстановлением производственного помещения определяются по формуле:

$$C_g = C_{gc} = 4950 \text{ руб.}$$

Где  $C_{gc}$  –затраты, связанные с монтажом вентиляционной системы.

Затраты, связанные с монтажом вентиляционной системы находим по формуле:

$$C_{gc} = (C_g \cdot V_g) + (V_g \cdot R_g), \quad (4.16)$$

$$C_{gc} = (C_g \cdot V_g) + (V_g \cdot R_g) = (210 \cdot 15) + (15 \cdot 120) = 4950 \text{ руб.}$$

где  $C_g$  – стоимость вентиляционной системы, 210 руб./м;

$R_g$  – расценка за выполнениеработ по замене вентиляционной системы 120 руб./м;

$V_g$  –объемработ необходимый по замене вентиляционной системы в зависимости от радиуса зоны разрушений равен 15 м.

Таблица – Основные расчеты по разделу

Наименование	Стоимость, руб.
Полный ущерб	9996569,55
Оценка прямого ущерба	9081000
Ущерб основных производственных фондов	7934400
Ущерб, нанесенный технологическому оборудованию	248400
Ущерб, нанесенный коммунально-энергетическим сетям	12600
Ущерб, нанесенный производственному помещению	7560000
Ущерб оборотных средств	114660
Оценка косвенного ущерба	915569,55
Средства, необходимые для ликвидации ЧС	3202461,25
Расход на огнетушащие средства	394143,75
Расходы, связанные с износом пожарной техники и пожарного оборудования	513509
Расходы на топливо (ГСМ) для пожарной техники	2966,4
Расходы на восстановление вентиляционной системы	4950



Взрыв, повлекший за собой пожар, который произошел в котельном цехе главного корпуса ТЭЦ, нанес ущерб в виде повреждения оборудования, вентиляционной системы и материалу предназначенного к реализации. Сумма полного ущерба составляет 9996569,55 руб.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что данному производственному помещению необходимо следить за технологическим процессом производства, соблюдать правила пожарной безопасности, а также улучшить систему по мерам взрывопожарной безопасности.

## 5. Социальная ответственность

Условия труда на теплоэлектроцентралях, не отвечают гигиеническим требованиям и характеризуются наличием ряда неблагоприятных факторов производственной среды (нагревающего микроклимата, интенсивного шума, на отдельных рабочих местах, загазованности, запыленности)[40].

Исследуя технологические процессы производства на ТЭЦ, были выявлены основные вредные факторы:

- ненормируемые параметры микроклимата;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- ненормируемое освещение;
- воздух рабочей зоны.

### 5.1 Анализ выявленных вредных факторов.

#### 5.1.1 Ненормируемые параметры микроклимата.

К параметрам микроклимата в производственных помещениях относятся:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Неблагоприятные микроклиматические условия в котельном и турбинном цехах обусловлены наличием основного и вспомогательного оборудования, ограждений, перекрытий, температура поверхностей которых существенно превышает гигиенические нормативы[43].

Параметры микроклимата в холодный и теплый периоды представлены в таблице 1.

	Турбинный цех		Котельный цех	
	Оборудования	Ограждений, Пол	Оборудования	Ограждений, пол
Температура поверхностей в холодный период года, °С	23-90	12-58	27-250	17-85
Температура поверхностей в теплый период года, °С	23-90	17-85	11-150	14-76
Интенсивность теплового излучения	206-670 Вт/м <sup>2</sup>		250-2500 Вт/м <sup>2</sup>	
Скорость движения воздуха	0,5-0,7м/с		0,4-0,8м/с	
Температура воздуха, М	16-41		19-48	
Относительная влажность	29-63%		24-94%	

Данные параметры отрицательно влияют на работоспособность персонала. Длительное нахождение рабочего в помещении котельного цеха, может привести к плохому самочувствию, возникает общая слабость, обильное потоотделение, головная боль, головокружение, тошнота и т.д

Предлагаемые средства защиты: применение приточно – вытяжной вентиляции.

### 5.1.2 Производственный шум.

Основными источниками шума на ТЭЦ являются турбогенераторы, компрессоры, вентиляторы, насосы, мельницы и т.д. В турбинном цехе наблюдается повышенный уровень шума, который составляет 82 Дб, при норме 80Дб[28] . Длительное воздействие шума на организм человека приводит к заболеваниям органов слуха, нервной и сердечно – сосудистой системы, происходит учащение дыхания и пульса, снижается производительность труда.

Повышенный шум возникает при работе электродвигателей с перегрузкой, обрыве одной фазы или износ токосъемных контактов. Устранение этих причин позволяет существенно снизить уровень шума.

Средства защиты: противошумные шлемы, наушники

### 5.1.3 Вибрации

Общая вибрация возникает при работе генераторов, турбин, компрессоров, насосов, вентиляторов. Наивысшем показателем шума на ТЭЦ, является турбинный цех, который составляет 101 Гц.

Вредное влияние вибрации выражается в том, что у работающих возникает расстройство нервной и сердечно – сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата, что в конечном итоге приводит к виброболезни [37].

Предлагаемые мероприятия по снижению уровня вибрации:

- произвести точную балансировку всех вращающихся частей машин, особенно быстроходных;
- оборудования, машины и механизмы, являющиеся источниками вибрации установить на специальные фундаменты, рассчитанные так, чтобы амплитуда колебаний подошвы фундамента не превышала 0,1-0,2 мм.

- уменьшение числа оборотов источников вибрации или снижение жесткости крепления оборудования к фундаменту (установка прокладок из резины, пружин).

Предлагаемые средства защиты:

- резиновые изоляторы (резиновые коврики);
- обувь на толстой резиновой подошве.

#### 5.1.4 Освещение

Естественное освещение положительно влияет не только на зрение, но также тонизирует организм человека в целом и оказывает благоприятное психологическое воздействие. В связи с этим все помещения в соответствии с санитарными нормами и правилами должны иметь естественное освещение[24]. При недостаточном по нормам естественного освещения, оно дополняется искусственным освещением.

Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем, когда по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированные значения.

В результате аттестации рабочего места, на все территории ТЭЦ, был установлен второй класс условий труда в зависимости от параметров освещенности, следовательно, можно сделать вывод, что показатели на данном рабочем месте являются допустимыми, и не требуют каких-либо мероприятий по их улучшению[5].

#### 5.3 Пожаровзрывоопасность.

Для обеспечения пожарной безопасности:

- помещения обеспечиваются средствами тушения пожара и связи для немедленного вызова пожарной команды;

- первичные средства пожаротушения в производственных помещениях и на территории устанавливаются на специальные пожарные щиты (оборудуются 2-мя огнетушителями ОП, лопатой, багром, топором, ведром, ящиком с песком).

- пожарные краны внутреннего противопожарного водовода оборудуются рукавами и стволами, заключенными в шкафы;

- местоположение пожарных кранов указано на схеме пожарного водовода;

Во всех помещениях электроустановок оборудуются посты с первичными средствами пожаротушения:

- углекислотные огнетушители (ОУ-2, ОУ-5);
- ящики с песком;

Места оборудования постов с первичными средствами пожаротушения согласуются с органами пожарной охраны;

Использование пожарных средств для производственных и хозяйственных нужд запрещается.

В помещении вывешиваются плакаты на противопожарную тематику, у всех телефонов вывешена информация с номерами телефонов пожарной части.

За обеспечение пожарной безопасности ответственность несет директор станции. Все рабочие и служащие проходят подготовку, состоящую из противопожарного инструктажа (первичного и вторичного) и занятий по пожарно-техническому минимуму по специальной программе[42].

На предприятии имеется пожарная часть и пожарно-техническая комиссия.

Средства защиты: противогазы, пневмомаски, перчатки, рукавицы, комбинезоны.

#### 5.4 Электроопасность.

Помещения ТЭЦ по степени безопасности обслуживания электроустановок относятся к помещениям с повышенной опасностью (высоковольтное оборудование) и особенно опасным (распределительное устройство генераторного напряжения)[41].

Работы в электроустановках и на электрооборудовании напряжением до и выше 1 кВ должны производиться при соблюдении следующих условий:

- на производство работ должно быть разрешение лица ответственного за электрохозяйство станции (наряд, распоряжение);
- работа должна производиться не менее чем двумя лицами;
- должны быть выполнены технические и организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.

При обслуживании электроустановок и производства оперативных переключений должны применяться защитные средства[1].

Защитными средствами в электроустановках являются приборы, аппараты, переносные приспособления и устройства, а также отдельные части приборов приспособлений и аппаратов, служащие для защиты персонала от поражения электрическим током и воздействия электрической дуги и продуктов её горения.

Основные защитные средства:

- диэлектрические перчатки;
- резиновые коврики;
- диэлектрические сапоги.

В электроустановках высокого и низкого напряжения должны быть приняты следующие меры безопасности:

- все корпуса электрооборудования заземляются путем присоединения их к контуру заземления.
- на проводах аппаратов должны быть четко указаны положения выключателей;

- включение и отключение машин производится лицами, имеющими разрешение на их обслуживание;

- перед пуском нужно осмотреть и убедиться в готовности к подаче напряжения и предупредить персонал;

- на временных ограждениях вывешиваются предупреждающие плакаты «Стой! Опасно для жизни».

Ремонтные работы производятся под контролем наблюдающего, который находится все время на месте производства работ.

### 5.3 Охрана окружающей среды.

ТЭЦ является одним из основных загрязнителей атмосферы твёрдыми частицами золы, окислами серы азота, другими веществами, оказывая вредное воздействие на здоровье людей, а также углекислым газом, способствующим возникновению «парникового эффекта»[21].

Выбросы загрязняющих веществ от ТЭЦ составляет 6,1тыс. тонн[23].

Антропогенная нагрузка на жителя города Юрги составляет 75 кг/чел.

Поступившие в атмосферу газообразные выбросы, в результате сгорания большого количества топлива, образуют соединения углерода, азота и серы.

Время пребывания оксида азота в атмосфере практически не ограничено, он почти не взаимодействует с другими веществами.

Твердые частицы, такие как пыль, зола и шлаки, выносимые в атмосферу дымовыми газами, являются основными видами выбросов ТЭЦ [38].

Водный баланс ТЭЦ зависит от организации системы технического водоснабжения. Для системы гидрозолоудаления используется вода из системы охлаждения подшипников. На химводоочистку поступает циркуляционная вода после выхода ее из конденсаторов.

При промывке поверхностей нагрева котлоагрегатов ТЭЦ мощностью 300МВт образуется до 10 тыс. кубических метров разбавленных растворов



соляной кислоты, едкого натра, аммиака, солей аммония, железа и других веществ[39].

Требования к качеству потребляемой воды на ТЭЦ очень высокие и основываются они на установленных нормах[26]. Вода, получаемая из реки Томь, которая после химической обработки превращается в готовый продукт – химически очищенную воду с заданными показателями качества.

Ветровая эрозия поверхности золоотвала загрязняет атмосферный воздух в сухие периоды года. Пыление золоотвала является недопустимым и должно быть локализовано в пределах санитарно-защитной зоны. Локализация достигается применением мероприятий по пылеподавлению. Выбор мероприятий или их совокупности определяется исходя из основного условия – неперевышения на границе санитарно-защитной зоны золоотвала нормативов качества атмосферного воздуха [36].

Рассмотрев все виды и масштаб загрязнений от деятельности ТЭЦ можно прийти к выводу, что для обеспечения экологических требований к работе ТЭЦ, прежде всего, необходимы [35]:

- обязательный учет экологических показателей при выборе оборудования и разработке схем теплоснабжения;
- вовлечение газа в топливный баланс региона, особенно для производства тепла в котельных;
- перевод в режим котельных действующих городских ТЭЦ с параметрами пара менее 4,0 МПа и выполнение требований по выбросам с учетом фоновых загрязнений;
- вынесение крупных источников, в том числе и котельных, за пределы городской застройки, уменьшение в крупных городах величины энергетической нагрузки новых угольных ТЭЦ с традиционным составом оборудования и целенаправленное строительство отопительных котельных с системами очистки дымовых газов:

- внедрение новых технологий преобразования топлива и, в первую очередь, конденционных отопительных котлов, газотурбинных и парогазовых установок, котлов с кипящим слоем.

#### 5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях.

К основным возможным чрезвычайным ситуациям природного характера на территории ТЭЦ относятся: ливневые дожди, повышенные (до 30м/с) ветровые нагрузки, обильные снегопады, сильные морозы, грозовые разряды, подтопления.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией следует считать сильный снегопад, так как географическое расположение предприятия, в западной части Сибири, сопровождается продолжительной зимой с обильным выпадением осадков[5].

В результате выпадения сильного снега как такового влияния на производственный процесс не будет. Может только замести ленточные конвейеры, которые перевозят уголь в котельный цех. Для это необходимо регулярно очищать территорию подачи топлива от снега.

#### 5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

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.

К специфичным функциям трудового права относятся — производственная и защитная функции[25].

Производственная функция реализуется через воздействие на общественные отношения, связанные с производительностью труда, эффективностью производства, качеством работы.

Защитная (социальная) функция – через воздействие на общественные отношения, связанные с защитой здоровья работников, закреплением и защитой его трудовых прав и интересов, улучшением условий труда.

Одним из обязательных принципов регулирования трудовых отношений является обеспечение права каждого работника на справедливые условия труда, в том числе на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены, права на отдых, включая ограничение рабочего времени, предоставление ежедневного отдыха, выходных и нерабочих праздничных дней, оплачиваемого ежегодного отпуска [25].

При организации технологических процессов, создающих шум, необходимо проводить мероприятия по снижению уровня шума:

- звукоизоляция ограждающих конструкций;
- звукопоглощающие конструкции и экраны;
- глушители шума;

При высоком уровне вибрации можно устанавливать вибрирующие машины на отдельный фундамент, применение вибропоглощающих мастик, нанесенных на кожуха и ограждения. Для индивидуальной защиты использовать обувь на толстой резиновой подошве.

## Заключение

Результаты данной выпускной квалификационной работы следующие:

- произведен аналитический обзор проблем пожаро- и взрывоопасности ТЭЦ;
- выявлены основные опасности, способные привести к аварийной ситуации на ТЭЦ, такие как взрыв парового котла № 4;
- проведена вероятностная оценка причин и последствий данного взрыва, путем построения «Дерево событий» и «Дерево отказов»;
- рассчитано избыточное давление взрыва и зона разрушения;
- в результате взрыва, был определен вторичный фактор, которым явился пожар;
- выявлено количество пострадавших, при разрыве топочной части котла;
- для каждого рабочего находящегося в помещении, был рассчитан индивидуальный пожарный риск, а также время эвакуации ;
- установлены значения принесенного ущерба.

При анализе возможных аварийных ситуаций на ТЭЦ, был выделен самый пожаро- и взрывоопасный участок всей территории, им явился котельный цех.

При дальнейшем построении сценария развития аварийной ситуации, особое внимание было уделено паровому котлу № 4, так как данный котел уже устарел и ни разу не реконструировался.

Для выявления причин возникновения взрыва парового котла, была построена логическая цепочка – «Дерево отказов». В дальнейшем было рассчитано избыточное давление взрыва, в результате которого было выявлено, что при взрыве барабана котла произойдет цепная реакция, которая повлечет за собой разрыв топки котла.

В результате данного сценария , было выявлено, что в радиусе разрушения, который составляет 7 м, мог находиться персонал, исходя из этого были рассчитаны потери персонала, которые составили:

- 16 человек, получившие тяжелые поражения;
- 4 человека с летальным исходом;
- 12 человек со средними увечьями.

Для выявления событий, которые могут произойти из-за разрыва топочной части котла, был рассмотрен сценарий дальнейшего развития аварийной ситуации, построено «Дерево события», по результатам которого был определен вторичный фактор взрыва.

Вторичным фактором разрыва топочной части котла будет являться пожар. Исходя из этого, были рассчитаны индивидуальный пожарный риск для каждого рабочего, а также время эвакуации работающего персонала.

Превышение допустимых значений рисков не выявлено. Это говорит о том, что нет необходимости повышать уровень безопасности .

Что касается взрыва, необходимо разработать комплекс мероприятий по защите персонала, в случае возникновения данной аварийной ситуации.

## Список публикаций студента

1.Наливкина А. В. Анализ опасностей, возникающих от деятельности предприятий ТЭЦ на примере Кемеровской области // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи. В 2-х томах, Юрга, 7-9 Апреля 2016. - Томск: Изд-во ТПУ, 2016 - Т. 2 - С. 440-442



## Список литературы

1. Выработка электроэнергии в России [Электронный ресурс] / Энергетика России. Итоги месяца. – Режим доступа: <http://www.bigpowernews.ru/markets/document68165.phtml>. Дата обращения: 15.02.2016 г.
2. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2014 году. М.: 2015 г. – 442 с.
3. Пожарная безопасность объектов энергоснабжения [Электронный ресурс]/<http://www.ervist.ru/stati/pozharnaya-bezopasnost-obektov-energосnabzheniya.html>
4. Википедия / Теплоэлектроцентраль [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
5. ПМЛА Теплоэлектроцентраль, 28.01. 2012 – 214 с.
6. Федеральный закон от 02.07.08 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
7. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. N 404 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах" (с изменениями и дополнениями).
8. О заводе [Электронный ресурс] / Юргинский Машзавод. – Режим доступа: <http://www.yumz.ru/about/>. Дата обращения: 19.05.2016 г.
9. Расчет процессов горения и взрыва: учебное пособие / В.А. Портола, Н.Ю. Луговцова, Е.С. Торосян; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 108 с.
10. Руководство к выполнению раздела выпускной квалификационной работы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» / Методические указания; Юргинский технологический институт, 2015. – 57 с.



11. Карауш, С.А. Оценка параметров промышленных взрывов: учебное пособие / С.А. Карауш. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 96 с.
12. Приказ №108 от 22.02.2007 Российское Открытое Акционерное Общество Энергетики и Электрификации «ЕЭС РОССИИ»
13. Разрушение и производственный травматизм при взрывах паровых котлов. Причины взрывов паровых котлов и их предотвращение. Шилов А.М. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://pandia.ru/text/77/474/72704.php>.
14. Проблемы и перспективы развития тепловой энергетики в современных условиях. М.М. Долгиев [Электронный ресурс] / Режим доступа : [http://vestnik.adygnet.ru/files/2012.1/1639/dolgiev2012\\_1.pdf](http://vestnik.adygnet.ru/files/2012.1/1639/dolgiev2012_1.pdf).
15. Котел БКЗ – 220-100. Характеристики и испытания [Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://stroystandart.info/index.php?name=pages&op=view&id=1311>.
16. Системы пыле приготовления.[Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://msd.com.ua/parovye-kotly-tes/sistemy-pyleprigotovleniya/>.
17. Студопедия/ Получение пара и горячей воды. [Электронный ресурс]/Режим доступа: [http://studopedia.ru/11\\_6139\\_poluchenie-para-i-goryachey-vodi.html](http://studopedia.ru/11_6139_poluchenie-para-i-goryachey-vodi.html).
18. Взрывы. Медико- тактические характеристики. [Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://locus23.narod.ru/explosion.htm>.
19. Деревья событий [Электронный ресурс] / Энциклопедия по машиностроению. – Режим доступа: <http://mash-xxl.info/info/129134/>. Дата обращения: 26.05.2016 г.
20. Анализ дерева отказов [Электронный ресурс] / Портал знаний. – Режим доступа: <http://statistica.ru/knowledge-clusters/technical-sciences/analiz-dereva-otkazov/>. Дата обращения: 26.05.2016 г.
21. Договор о контроле загрязнений [Электронный ресурс]/ Режим доступа: [http://www.erudition.ru/referat/printref/id.28974\\_1.html](http://www.erudition.ru/referat/printref/id.28974_1.html).

22. ГОСТ Р 12.3.047–98 Пожарная безопасность технологических процессов.

23. Администрация Кемеровской области. Департамент природных ресурсов и экология Кемеровской области «Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2014 году» г.Кемерово 2015 год.

24. Библиофонд / Анализ опасных и вредных производственных факторов при сборке автономного инвертора напряжения [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=492814>.

25. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 года № 197-ФЗ.

26. «Правила технической эксплуатации электрических станций» РД 34.20.501-95.

27. Энциклопедия/ Нормативное значение пожарного риска для зданий и сооружений [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://pozhprouekt.ru/enciklopediya/normativnoe-znachenie-pozharnogo-riska-dlya-zdaniy-i-sooruzhenij>.

28. Санитарные нормы СН 2.2.4/ 2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

29. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

30. Правила устройства электроустановок. М.: Издательства НЦ ЭНАС, 2002

31. ГОСТ 12.1.030- Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

32. Шилов А.М. «Разрушение и производственный травматизм при взрывах паровых котлов. Причины взрывов паровых котлов и их предотвращение» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://fs.nashauchebea.ru/docs/2353/index-239578.html>.

33. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие / С. В. Ефремов, В. В. Цаплин; СПбГАСУ. – СПб., 2011. – 296

34. Activestudy / Загрязнение воздуха котельными и ТЭЦ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.activestudy.info/zagryaznenie-vozduxa-kotelnyimi-i-tec>.

35. РД 34.03.351-93 Правила взрывобезопасности при использовании мазута в котельных.

36. С.В. Комонов, Е.Н. Комонова « Ветровая эрозия и пылеподавление» Курс лекций. – Красноярск: Изд – во СФУ, 2008. – 192 с.

37. Студопедия / Вредность вибрации [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://studopedia.ru/4\\_82223\\_vrednost-vibratsii.html](http://studopedia.ru/4_82223_vrednost-vibratsii.html).

38. Vevivi / Теплоэнергетика и окружающая среда [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.vevivi.ru/best/Теплоэнергетика-i-okruzhayushchaya-sreda-ref82286.html>.

39. Wikidocs / Топливо – энергетический комплекс России и его воздействие на окружающую среду [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.wikidocs.ru/preview/66646/8>.

40. Панаиотти Е.А. Суржиков Д.В. Сибирский научный журнал Выпуск № 1 / 2007 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-otsenka-usloviy-truda-i-riska-dlya-zdorovya-rabotayuschih-v-osnovnyh-tsehah-teplovyh-elektrostantsiy>.

41. Ohrana-bgd / Классификация электроустановок и помещений [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://ohrana-bgd.ru/elektro/elektro1\\_07.html](http://ohrana-bgd.ru/elektro/elektro1_07.html).

42. Студопедия / Оснащение помещения первичными средствами пожаротушения [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://studopedia.ru/6\\_50525\\_osnashchenie-pomeshcheniya-pervichnimi-sredstvami-pozharotusheniya.html](http://studopedia.ru/6_50525_osnashchenie-pomeshcheniya-pervichnimi-sredstvami-pozharotusheniya.html).

43. Studfiles / Гигиена труда / [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/398451/page:2>.

44. Федеральный закон от 21 июля 2011 г. N 256-ФЗ "О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса" (с изменениями и дополнения).

45. Безопасность – ОПО / Аварийность и травматизм на объектах котлонадзора [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://безопасность-опо.рф/avarijnost-i-travmatizm-na-obektah-kotlonadzora-v-diagrammah>.

46. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 мпа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 к (115°с) [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/39/39153](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/39/39153).

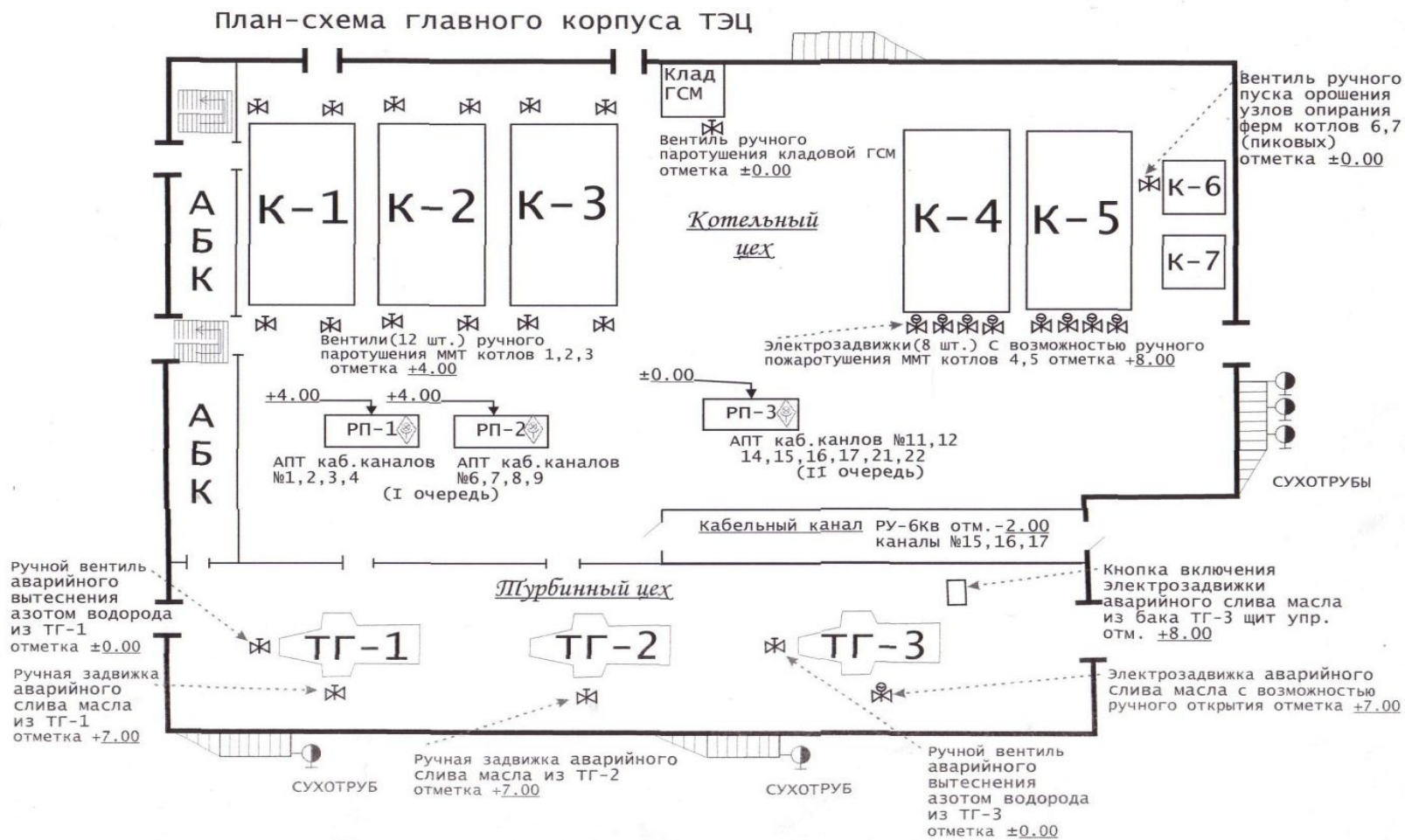
47. Тепло – полис / Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.teplo-polis.com.ua/termin\\_45.html](http://www.teplo-polis.com.ua/termin_45.html).

48. Energ2010 / Водоподготовка и водно-химический режим тепловых электростанций и тепловых сетей [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://energ2010.ru/Doc/Elektro/PTEES/Кн\\_9/4\\_8.htm](http://energ2010.ru/Doc/Elektro/PTEES/Кн_9/4_8.htm).

49. Иванов М. Паровые котлы с естественной циркуляцией / [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://aqua-therm.ru/articles/articles\\_201.html](http://aqua-therm.ru/articles/articles_201.html).

50. Управление по охране окружающей среды комитет по энергетике и инженерному обеспечению 16.06.1998 [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://ecologicals.ru/\\_ld/4/470\\_tregubov\\_a\\_i\\_gr.pdf](http://ecologicals.ru/_ld/4/470_tregubov_a_i_gr.pdf).

# Приложение 1



Приложение 2

