

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

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Системы управления производственной, промышленной и экологической безопасностью
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Промышленная безопасность при эксплуатации энергоустановок

Обучающийся

А.Н. Беспяткин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

д.п.н., профессор, Горина Л.Н.

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

Консультант

к.э.н., доцент, Фрезе Т.Ю.

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

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	9
Перечень сокращений и обозначений.....	11
1 Анализ аварий и инцидентов при эксплуатации энергоустановок (на примере котельных)	12
1.1 Анализ эксплуатации энергоустановок (на примере котельной).....	12
1.2 Аварии и инциденты при эксплуатации энергоустановок (на примере котельных)	26
2 Организация безопасной эксплуатации энергоустановок (на примере котельной)	37
2.1 Организационные вопросы обеспечения промышленной безопасности энергоустановок	37
2.2 Методы предупреждения аварий и инцидентов на энергоустановках..	48
3 Экспериментальная апробация внедрения технологий безопасной эксплуатации энергоустановок	64
3.1 Результаты внедрения технологий безопасной эксплуатации энергоустановок	64
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.....	76
Заключение	94
Список используемых источников.....	97
Приложение А Структурная схема городской системы теплоснабжения	106
Приложение Б Паспорт безопасности потенциально опасного объекта до внедрения технологий	107
Приложение В Паспорт безопасности потенциально опасного объекта после внедрения технологий	111
Приложение Г Форма контрольного листа	115

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования обусловлена высокой вероятностью нанесения крупномасштабного материального ущерба, причинения вреда жизни и здоровью граждан в случае возникновения аварии на объекте теплоснабжения в осенне-зимний период. Несвоевременность действий может привести к размораживанию и выходу системы из строя.

Своевременность проведения исследования показывает высокая аварийность систем теплоснабжения при прохождении отопительно-зимнего периода 2023 – 2024 гг., размораживание сетей теплоснабжения и длительного отсутствия отопления в многоквартирных домах и социально-значимых объектах в ряде населенных пунктов Российской Федерации.

По статистическим данным, приведенным Ростехнадзором за 5 лет, аварийность на оборудовании, работающем под давлением, в более половины случаев произошло на трубопроводах пара и горячей воды.

Низкая выявляемость дефектов при проведении неразрушающего контроля теплотрасс является следствием достаточности для принятия решения о техническом состоянии всего трубопровода результатов контроля всего 2 процентов сварных швов.

Сложность доступа к подземным коммуникациям, отсутствие резервирования оборудования, сложность проведения ремонтно-восстановительных работ в зимнее время, значительный износ основных фондов приводит к высокой аварийности.

Наличие положительного заключение экспертизы промышленной безопасности не гарантирует надежной работы оборудования.

Высокая доля аварий происходит по причине наличия внутренних дефектов в металле, не выявленных при проведении экспертизы промышленной безопасности.

Результаты исследования могут быть использованы для повышения

промышленной безопасности, снижения риска аварий, несчастных случаев и обеспечения соблюдения установленных законодательством в области промышленной безопасности требований.

Объект исследования: объекты теплоснабжения АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО», обладающие характеристиками опасных производственных объектов.

Предмет исследования: обеспечение промышленной безопасности тепловых сетей, основанной на применении мониторинга методом акустической эмиссии и расчетах значений приоритетности риска.

Цель диссертационного исследования: разработка мероприятий повышения промышленной безопасности при эксплуатации объекта теплоснабжения АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО» с учетом специфики предприятия.

Гипотеза исследования состоит в том, что безопасность объектов теплоснабжения возможно повысить если выполнить:

- провести анализ аварий и инцидентов при эксплуатации энергоустановок,
- провести анализ организации безопасной эксплуатации энергоустановок (на примере котельной),
- разработать методику обеспечения промышленной безопасности тепловых сетей, основанная на применении мониторинга методом акустической эмиссии и расчетах значений приоритетности риска, при эксплуатации тепловых сетей,
- провести экспериментальную апробацию внедрения технологии безопасной эксплуатации энергоустановок.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- провести анализ аварий и инцидентов при эксплуатации энергоустановок,

- провести анализ организации безопасной эксплуатации энергоустановок (на примере котельной),
- разработать методику управления промышленной безопасностью при эксплуатации объекта тепловых сетей,
- провести экспериментальную апробацию внедрения технологии безопасной эксплуатации энергоустановок.

Теоретико-методологическую основу исследования составили результаты статистических отчетов по причинам аварий на объектах котлонадзора, правовой и нормативные акты, материалы научно-исследовательских работ отечественных и зарубежных авторов по теме обеспечения промышленной безопасности и проведения неразрушающего контроля на объектах теплоэнергетики.

Базовыми для настоящего исследования явились также нормативно-правовые акты: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», ГОСТ Р 51901.21-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения», локальные документы АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО».

Методы исследования, примененные в работе: анализ статистических данных, анализ отечественных и зарубежных работ в области промышленной безопасности, имитационное моделирование, экспериментальный метод.

Опытно-экспериментальная база исследования – объекты теплоэнергетики АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО».

Научная новизна заключается в разработке методики обеспечения промышленной безопасности тепловых сетей, основанной на расчетах значений приоритетности риска, предложении нового подхода к оценке промышленной безопасности объекта, который позволяет получать более полную информацию о техническом состоянии и выявлять потенциальные угрозы и риски.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке комплекса мер, направленных на минимизацию аварий и несчастных случаев

на опасных производственных объектах АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО», снижение рисков возникновения крупных материальных потерь.

Практическая значимость исследования обусловлена внедрением мониторинга тепловых сетей методом акустической эмиссии и разработанной методики обеспечения промышленной безопасности, основанной на расчетах значений приоритетности риска, в целях обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО».

Достоверность и обоснованность результатов исследования подтверждается успешной реализацией предложенных решений в реальных производственных условиях на инфраструктурных объектах теплоснабжения АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО».

Личное участие автора состоит в проведении исследовательской работы, разработке методики технического обслуживания для повышения безопасности теплоэнергетических объектов, а также во внедрении и тестировании системы мониторинга.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующих конференциях:

- XIV Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы общества, науки и образования» в г. Пенза, 2024 [2].

На защиту выносятся:

- а) результаты исследования статистических данных, позволяющих сделать вывод, что наибольшее количество аварий систем теплоснабжения происходит на трубопроводах и тепловых сетях, аварии на трубопроводах и тепловых сетях представляют наибольшую угрозу прекращения теплоснабжения; основной причиной аварий и инцидентов на системах теплоснабжения (более 50 % случаев) является низкое качество технического

обслуживания, технического освидетельствования или экспертизы промышленной безопасности;

б) способ повышения достоверности результатов технического диагностирования трубопроводов и тепловых сетей, основанный на применении мониторинга методом АЭ; метод основан на приеме и регистрации ультразвуковых волн, исходящих от дефектов в металле и сварных соединениях, а также шумов от различных аномалий, например, связанных с утечкой теплоносителя; метод позволяет проводить контроль трубопроводов на всей протяженности, а также при помощи имеющихся программных комплексов прогнозировать динамику развития дефектов и рассчитывать остаточный ресурс передавать информацию о техническом состоянии объектов контроля заинтересованным сторонам;

в) методика обеспечения промышленной безопасности тепловых сетей, основанная на расчетах значений приоритетности риска, при эксплуатации тепловых сетей, методика состоит из трех этапов:

- 1) присвоение объекту на основании результатов акустико-эмиссионного контроля категории опасности;
- 2) идентификация факторов, оказывающих негативное влияние на прочность и надежность;
- 3) расчетов значений приоритетности риска, учитывающих особенности системы теплоснабжения и своевременность технического обслуживания;

продолжительность возможной эксплуатации участков тепловых сетей до капитального ремонта может отличаться в десятки раз, существенными факторами, влияющими на надежность тепловых сетей, являются условия эксплуатации и технического обслуживания; в методике при расчете значений приоритетности риска вводятся дополнительные коэффициенты, учитывающие

наличие защиты трубопроводов от блуждающих токов, полноту и своевременность проведения технического обслуживания, живучесть системы теплоснабжения – готовность к работе при температурах окружающей среды ниже климатической нормы;

- г) результаты экспериментальной апробации внедрения методики обеспечения промышленной безопасности тепловых сетей АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО» показали возможность регистрировать и определять местоположение утечек, регистрировать отклонения от технологического процесса и передавать информацию аварийным службам, проводить контроль тепловой сети в целом, в том числе участки под автодорогами и к которым затруднен доступ, что позволяет повысить информативность контроля, а также снизить частоту проведения регулярных обходов и осмотров трасс тепловых сетей и колодцев, сократить количество бригад, осуществляющих обходы и, как следствие, затраты рабочего времени и затраты на эксплуатацию автотранспорта; расчеты показали высокую экономическую эффективность предлагаемого метода, срок окупаемости составляет менее 1 года; применение системы позволит улучшить ситуацию по ключевым показателям эффективности в области промышленной безопасности:

- снижение количества травм и несчастных случаев;
- скорость локализации аварийных ситуаций и восстановления поврежденных участков в зимнее время;
- повышение надежности теплоснабжения жилых и социально-значимых объектов.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 8 рисунков, 14 таблиц, списка использованной литературы (63 источника), 4 приложения. Основной текст работы изложен на 103 страницах.

Термины и определения

В настоящей исследовательской работе применяют следующие термины с соответствующими определениями:

акустическая эмиссия – излучение контролируемым объектом упругих волн под воздействием нагрузки;

акустический преобразователь – устройство, способное преобразовывать звуковые колебания в электрический сигнал;

дефект – каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям;

коррозия – физико-химический процесс взаимодействия металла с окружающей средой, приводящий к разрушению;

индивидуальный тепловой пункт – тепловая энергоустановка, предназначенная для перераспределения поступающей тепловой энергии из сети между системами отопления, горячего водоснабжения и вентиляции отдельного здания, в котором и располагается;

контролепригодность – свойство изделия, обеспечивающее возможность, удобство и надежность его контроля при изготовлении, испытаниях, техническом обслуживании и ремонте;

магнитный метод контроля – вид неразрушающего контроля, основанный на способности ферромагнитных материалов изменять свои магнитные характеристики под воздействием внешнего магнитного поля;

метод акустической эмиссии – основан на регистрации сигналов акустической эмиссии, возникающих вследствие деформации кристаллических решеток твердого тела;

мониторинг технического состояния – система наблюдений за деформациями объекта с целью получения достоверных оценок параметров технического состояния объекта;

неразрушающий контроль – проверка качества изделия без изменения присущих ему свойств и характеристик;

нормативный срок эксплуатации – период безопасной эксплуатации оборудования, указанный в проектной, конструкторской или нормативной документации;

оптический метод контроля – оптический неразрушающий контроль основан на анализе взаимодействия оптического излучения с объектом контроля, к оптическим методам контроля относятся, в том числе, осмотр, контроль геометрии;

полезный сигнал – сигнал, возбуждаемый дефектом в процессе проведения контроля;

риск – мера опасности, которая характеризует вероятность возникновения возможных аварий и тяжесть их последствий;

техническое диагностирование – комплекс операций с применением методов неразрушающего и разрушающего контроля, выполняемых в процессе эксплуатации оборудования в целях определения возможности, параметров и условий дальнейшей эксплуатации;

трещина – нарушение сплошности в виде разрыва металла;

физический метод контроля – способ контроля, применение которого позволяет наблюдать за изменением геометрической формы, нарушением структурной целостности и потерей прочности у контролируемых изделий;

центральный тепловой пункт – основной узел в системе теплоснабжения, предназначенный для распределения тепловой энергии из сети по потребителям, располагается в отдельном здании, может обслуживать целый городской квартал.

Перечень сокращений и обозначений

АЭ – акустическая эмиссия

ГОСТ – государственный стандарт

ГРП – газораспределительный пункт

ГРУ – газораспределительное устройство

ИТП – индивидуальный тепловой пункт

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика

КПД – коэффициент полезного действия

НК – неразрушающий контроль

ОПО – опасный производственный объект

ПБ – промышленная безопасность

ПДК – предельно допустимая концентрация

ПК – производственный контроль

РД – руководящий документ

СУГ – сжиженный углеводородный газ

СУПБ – система управления промышленной безопасностью

ТЭС – теплоэлектростанция

ФЗ – федеральный закон

ЦТП – центральный тепловой пункт

1 Анализ аварий и инцидентов при эксплуатации энергоустановок (на примере котельных)

1.1 Анализ эксплуатации энергоустановок (на примере котельной)

Котельные можно классифицировать по типу теплоносителя, виду применяемого топлива, температуре и давлению рабочей среды. В зависимости от назначения котельной, вида топлива и ее выходных параметров применяются различные технологические схемы. Производственные циклы и технологические операции, применяемые оборудование и материалы различаются для котельных различных типов.

По типу теплоносителя котельные бывают:

- паровые,
- водогрейные.

По виду применяемого топлива котельные бывают работающие на топливе:

- твердом,
- жидком,
- газообразном.

При производстве горячей воды в водогрейной котельной можно выделить следующие производственные циклы:

- подготовка исходной воды,
- подготовка и подача топлива,
- нагрев воды,
- транспортировка горячей воды потребителю,
- удаление дымовых газов,
- обслуживание оборудования.

В производственной котельной, производящей насыщенный пар, имеют место также возврат и очистка конденсата, регенеративный подогрев.

Подготовка исходной воды – ответственный процесс. Нормативные документы устанавливают требования к качеству воды, поступающей в котел и систему теплоснабжения в целом. Установлены требования к жесткости, содержанию кислорода и железа, щелочности, прозрачности воды по шрифту. Низкое качество подготовки воды является одной из основных причин возникновения инцидентов и аварийных ситуаций на объектах теплоснабжения.

Высокая жесткость приводит к образованию накипи и шлама (вплоть до прекращения циркуляции), снижению коэффициента теплопередачи поверхностей нагрева и повышению расхода топлива. Под воздействием высоких температур накипь может разлагаться и образовывать кислоты, разъедающие металл поверхностей нагрева котлов.

Повышенное содержание кислорода в системе приводит к развитию коррозионных процессов и преждевременному выходу оборудования из строя.

При проектировании оборудования химводоподготовки берутся анализы исходной воды, определяются исходные показатели: прозрачность, жесткость, щелочность, содержание кислорода, концентрацию водородных ионов (рН). На основании результатов анализов и требований к производительности и качеству подготовленной воды производится подбор оборудования и разрабатывается схема водоподготовки.

Требования к качеству воды для паровых и водогрейных котлов, а также котлов, работающих на различных видах топлива, различаются [31], приложение 3.

Подготовка воды может быть докотловая и внутрикотловая.

При докотловой обработке воды применяют методы:

- осветление,
- умягчение,
- уменьшение щелочности,
- обезжелезивание,

- удаление коррозионноактивных газов,
- связывание.

Начальной технологической операцией при подготовке воды является, как правило, осветление. При осветлении вода очищается от взвешенных частиц (песок, глина, растения).

Очистка проводится с применением резервуаров-отстойников или фильтров, заполненных кварцевым песком. Для более полной очистки применяют коагуляцию: в воду добавляют сернокислый алюминий или сернокислое железо, которые образуют хлопья, осаждающиеся на дне фильтра.

Умягчение воды заключается в удалении из воды катионов жесткости кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} . Количественное содержание ионов кальция и магния характеризуют жесткость воды, или способность образовывать накипь.

Вода проходит через фильтры, заполненные сульфогуглем или синтетическим катионитом. Катионит извлекает из воды ионы кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} , взамен передает воде ионы натрия Na^+ , водорода H^+ или аммония NH_4^+ . В зависимости от применяемого катионита различают способы умягчения:

- натрий-катионирование,
- водород-катионирование,
- аммоний-катионирование.

Производственный цикл работы фильтров умягчения состоит из четырех операций:

- умягчение,
- взрыхление,
- регенерация,
- отмывка.

Умягчение – основная рабочая операция, заключается в поглощении

ионов кальция и магния из пропускаемой в фильтре воды.

Взрыхление – проводится восходящим потоком воды в течение 15 минут. Операция предназначена для устранения уплотнения катионита и поддержания условий свободного доступа регенерационного раствора.

Регенерация – операция восстановления обменных свойств катионита. Для натрий-катионирования проводится путем промывки 5 процентным раствором хлорида натрия (поваренной соли).

Отмывка – пропускание через фильтр неумягченной воды, производится до тех пор, пока содержание хлоридов в фильтрате не станет равным содержанию в отмывочной воде.

Время проведения умягчения, регенерации и отмывки определяется по результатам проведения наладочных работ на водоподготовительном оборудовании.

Для обеспечения непрерывности подачи подготовленной воды предусматривается резервирование фильтров. На время регенерации одного фильтра в работу включается резервный фильтр. Либо фильтр подбирается с запасом производительности и устанавливается накопительный бак подготовленной воды.

Одного фильтра умягчения бывает недостаточно для подготовки воды необходимой жесткости. В таком случае после первой группы фильтров, включенных параллельно и называемых ступенью, включают дополнительную ступень умягчения – вторую группу фильтров.

Щелочность в котельных необходимо поддерживать в пределах 8,5-10,5 рН. Повышенная щелочность способствует образованию угольной кислоты при контакте воды с углекислым газом и, как следствие, ускорению процессов коррозии и образования накипи.

Снижение щелочности воды (удаление гидрокарбонатов) достигается катионированием через слабокислотный катионит или добавлением в исходную воду ненасыщенного раствора соляной или серной кислоты.

Катионирование проводится на фильтрах конструктивно аналогичных

фильтрам умягчения, отличие заключается в составе засыпки (катионите).

Обезжелезивание применяют для сокращения количества ионов железа в воде. Для этой цели применяют способы: введение реагентов-окислителей, фильтрование с применением каталитических загрузок.

При обезжелезивании фильтрованием вода проходит через каталитический наполнитель, содержащий диоксид марганца. Двухвалентное железо окисляется до трехвалентного состояния, затем выпадает в нерастворимый осадок гидроксида железа.

Конструкция фильтров обезжелезивания аналогична конструкции фильтров умягчения.

Корпуса фильтров изготавливаются из углеродистой стали или из стеклопластика, внутренние трубы и колпачки - из пластмассы. Современные установки оборудуются системой автоматики, переключающей режимы работы фильтров. Установки раннего выпуска автоматикой не оборудованы, переключение режимов работы проводится вручную оператором котельной.

Материал солеобразователей, применяемых при подготовке солевого раствора для регенерации - сталь или пластмасса. На современных установках, оборудованных автоматикой для подготовки солевого раствора, применяется таблетированную соль. Масса каждой таблетки известна, что позволяет в автоматическом режиме готовить раствор необходимой концентрации.

Трубопроводы и арматуру системы предварительной подготовки воды допускается изготавливать из стали, полипропилена.

Для очистки питательной воды от газов, вызывающих коррозию, применяют технологию деаэрации. Сущность процесса заключается в температурной зависимости газовой растворимости – при нагреве воды до точки кипения происходит резкое снижение содержания растворенных газов.

Для снижения содержания газов применяют деаэраторы: атмосферные и вакуумные.

Атмосферные деаэраторы работают при давлении около $1,2 \text{ кгс/см}^2$ и температуре воды $102 - 104 \text{ }^\circ\text{C}$, вакуумные – при давлении ниже атмосферного и температуре воды около $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Вакуумные деаэраторы как правило применяют в водогрейных котельных с температурой теплоносителя до $115 \text{ }^\circ\text{C}$.

Деаэраторы изготавливают из стали.

Помимо предварительной подготовки воды на работающих котлах поддерживается солесодержание. С этой целью периодически или постоянно проводится продувка котлов – струей воды из застойных зон барабанов и коллекторов выводится шлам.

Внутрикотловая обработка воды заключается в добавлении в воду химических веществ - антинакипинов. Антинакипины связывают потенциально опасные катионы и молекулы газов и способствуют образованию шлама, удаляемого вместе с продувкой.

В качестве осадительных веществ применяют едкий натр, каустическую соду, кальцинированную соду, тринатрийфосфат.

Для нагрева воды, как правило, используют теплоту, выделяющуюся при сгорании топлива. Применение электроэнергии для нагрева воды не пользуется широкой популярностью, вследствие высоких затрат на выработку одной гигакалории тепловой энергии.

Топливо применяют газообразное, жидкое и твердое. Топливо обладает такими свойствами как: взрывоопасность, пожароопасность, летучесть, токсичность, способность к самовозгоранию, зольность.

К видам твердого топлива можно отнести: древесное топливо, торф, горючие сланцы, уголь. Первые три обладают невысокой теплотой сгорания ($2000 - 2500 \text{ ккал/кг}$), вследствие этого применяются рядом с местом добычи или получения, так как перевозка на дальние расстояния экономически нецелесообразна. Теплота сгорания углей (бурого, каменного, антрацита) составляет от 5000 до 8000 ккал/кг , что позволяет с экономической точки зрения перевозить их на дальние расстояния.

В зависимости от вида применяемого твердого топлива отличаются меры безопасности при хранении и подготовки топлива к сжиганию, а также требования к обслуживанию оборудования после сжигания.

Твердое топливо с большим количеством летучих веществ (древесное топливо, торф, горючие сланцы) склонно к возгоранию при более низких температурах, сгорает полностью, для поддержания горения требуются топки с большим объемом.

Топливо, содержащее малое количество летучих веществ (антрацит), труднее разгорается, сгорает не полностью. Пламя короткое, и для его сжигания применяют короткие топки. После сгорания остается большое количество остатков горения (кокса), которые необходимо своевременно удалять.

Твердое топливо способно к самовозгоранию. При неправильном хранении потери топлива могут достигать 10 процентов от объема [52].

С целью предотвращения самовозгорания твердое топливо укладывают в штабеля. Размеры штабелей зависят от сорта топлива, наличия механизмов, территории склада.

Подача твердого топлива в топку осуществляется ручным или механическим способами. Для повышения стабильности горения, повышения теплового баланса, снижения выделения угарного газа перед подачей в топку топливо может быть размолото на мельнице.

Сжигание твердого топлива может быть организовано по одной из схем:

- в плотном фильтрующем слое,
- в кипящем слое,
- факельный прямоточный процесс.

В качестве жидкого топлива в котельных применяют мазут и дизельное топливо. Оба вида топлива являются продуктами нефтепереработки, относятся к малоопасным и малотоксичным веществам IV класса опасности.

Мазут обладает теплопроизводительностью 9100 ккал/кг. При

температуре от минус 5 до плюс 25 °С большинство марок топочного мазута застывают и становятся неподвижной массой.

Для применения мазута в качестве топлива предварительно его необходимо подогреть. Для этой цели в мазутные баки устанавливают змеевики для подогрева паром, на всей протяженности мазутопровода его подогревают паропроводом (паровой спутник). Циркуляцию мазута поддерживают постоянно для предотвращения его застоя и застывания.

Мазут обладает низкой зольностью и высокой сернистостью (содержание серы в малосернистом – до 1 % и в высокосернистом – до 2,5 %). Высокое содержание серы негативно сказывается на эксплуатационных свойствах поверхностей нагрева котла. Продукты сгорания откладываются на трубах в топочном пространстве и соединяясь с влагой, образуют серную кислоту, которая способствует протеканию сильной химической коррозии металла.

Дизельное топливо обладает низкой вязкостью и, в отличие от мазута, не застывает. В связи с этим может применяться на водогрейных котельных где отсутствует пар.

В соответствии с [49] и [50] емкости для мазута и дизельного топлива изготавливаются из бетона или металла, топливопроводы изготавливают из стали, арматуру применяют стальную.

Для сжигания жидкого топлива применяют форсунки - устройства для подачи, распределения в воздушном потоке и распыливания. Топливо распыливается на мелкие капли, смешивается с воздухом. Форсунки изготавливают из стали.

В качестве газообразного топлива на большинстве котельных используют природный газ – метан. Теплотворная способность метана – 8000-8500 ккал/м кубический. Основные свойства метана: не имеет цвета, вкуса и запаха, нетоксичен, но оказывает сильное удушающее действие на организм человека. Для обнаружения утечки в природный газ добавляют одорант – этилмеркаптан. Этилмеркаптан относится ко второму классу

опасности, является высокоопасным веществом.

При сжигании природного газа не образуется шлак, не требуется измельчение или подогрев. Подготовка топливной смеси происходит в горелочных устройствах. Выбросы вредных веществ в атмосферу более низкие по сравнению с твердым и жидким видами топлива. Необходимость в очистке воздуха от зольных выбросов отсутствует.

Природный газ подается в котельную установку по магистральным трубопроводам с рабочим давлением, не превышающим 1,2 МПа. Основная часть котлов промышленного назначения эксплуатируется в диапазоне средних давлений (от 0,3 до 0,6 МПа). Показатели, превышающие 0,6 МПа, классифицируются как высокое давление. Для снижения и регулирования в заданном интервале давления газа в котельных применяют газорегуляторные установки (ГРУ). ГРУ, расположенные в отдельно стоящем здании, называются газораспределительные пункты (ГРП).

Внутренние газопроводы и газовые вводы изготавливают из стальных труб. Подземные газопроводы допускается прокладывать из полимерных труб.

Помимо метана в качестве топлива применяется также сжиженный углеводородный газ (СУГ) пропан-бутан. Теплотворная способность пропан-бутана – около 10000 ккал/м³. Для хранения газа применяют металлические резервуары. Топливо хранится в жидком виде под давлением до 1,6 МПа. Из жидкой фазы в газообразную газ переходит, проходя через испаритель – теплообменный аппарат.

Для приготовления горючей смеси - смешения газового топлива с воздухом и подачи смеси к месту горения применяют газовые горелки или газогорелочные устройства: горелки, скомпонованные с запальным устройством, клапанами, средствами автоматики и управления.

Газовые горелки изготавливают из стали. Для возможной работы котлов на жидком или газообразном топливе устанавливают комбинированные горелки, способные работать на двух видах топлива.

Нагрев воды – работа котла на нагрузке от 30 до 100 процентов номинальной мощности. Энергия, выделяющаяся при сгорании топлива при этом, переводится в тепловую. КПД современных котлов составляет от 80 до 94 %.

Во время работы котла необходимо поддерживать в допустимых пределах такие параметры как:

- давление теплоносителя в котле,
- уровень воды в паровом котле,
- разрежение в топке,
- давление топлива перед горелкой,
- давление воздуха перед горелкой,
- расход воды через котел,
- температура воды на выходе из котла (для водогрейных котлов).

Также необходимо отслеживать события:

- наличие факела,
- остановка дымососа или вентилятора,
- исчезновение напряжения.

Автоматика регулирования поддерживает параметры в допустимом диапазоне. События отслеживает автоматика безопасности. Также в котельной ведется наблюдение за состоянием подпиточной воды и концентрацией в рабочей зоне метана (при работе на природном газе) и угарного газа.

Из производственного цикла нагрева воды можно выделить технологические операции:

- розжиг котла,
- остановка котла,
- изменение рабочей нагрузки котла.

Котлы изготавливаются и поставляются на строительную площадку в виде готовых изделий, блоков или россыпью. Окончательная сборка (монтаж)

проводится на месте.

Поверхности нагрева котлов изготавливают из стали или из чугуна. Обмуровку котлов, собираемых на строительной площадке, проводят материалами с высокими теплоизоляционными характеристиками: шамотным кирпичом, асбестом, минеральной ватой.

Пар или горячая вода из котла подается в теплообменники или сразу в наружный трубопровод для транспортировки потребителю.

Теплообменники предназначены для передачи теплоты от одного теплоносителя другому. Наибольшее распространение в котельных получили рекуперативные теплообменники. Передача теплоты в них происходит через разделительную стенку, теплоносители не смешиваются.

Кожухотрубчатые пароводяные и водотрубные подогреватели представляют собой корпус в виде трубы и, расположенный внутри него, пучок трубок (трубная система). Корпус изготавливается из углеродистой стали, трубки - из латуни.

Пластинчатый теплообменник представляет собой набор пластин из нержавеющей стали, между которыми попеременно проходит нагреваемый и нагревающий теплоноситель.

С целью повышения коэффициента полезного действия котельного оборудования в котельных устанавливают экономайзеры - технические устройства, осуществляющие предварительный подогрев подаваемой в котел воды уходящими газами. Применение экономайзеров позволяет повысить КПД котлов на 8 - 10 %.

Экономайзеры изготавливают из углеродистой стали или чугуна, обмуровывают теплоизоляционными материалами.

Из котельной горячая вода сетевыми насосами подается в тепловую сеть для подачи потребителю. Применяют двухтрубную и четырехтрубную подачу теплоносителя - отдельно на отопление и горячую воду. Трубы для тепловых сетей применяют стальные электросварные.

Из тепловой сети горячая вода поступает в тепловой пункт. Тепловой

пункт может быть индивидуальным (на здание) или центральным (на несколько зданий). В тепловом пункте устанавливают теплообменники, расширительные баки (для компенсации тепловых расширений теплоносителя), насосы, счетчики. Из теплового пункта горячая вода подается в систему отопления, систему горячей воды и систему вентиляции зданий.

Устойчивая работа котла зависит от состояния газовоздушного тракта, условий подачи воздуха к горелкам и отвода продуктов горения.

Газовоздушный тракт включает в себя: топку котла, газоходы котла и экономайзера, газоход, дымовую трубу.

Сила, под воздействием которой воздух поступает в топку, а дымовые газы удаляются в атмосферу, называется силой тяги.

По работе газовоздушного тракта котлы можно разделить на:

- котлы с естественной тягой,
- котлы с уравновешенной тягой,
- котлы с наддувом.

В топках котлов с естественной тягой создается разрежение - давление ниже атмосферного. Разрежение создается за счет разности давлений наружного воздуха и горячих газов.

Наддув в топке котла обеспечивается работой вентилятора горелки. Высота дымовой трубы для обеспечения отвода дымовых газов котлов, работающих с наддувом, не играет определяющей роли. Высота трубы при проектировании определяется ПДК вредных веществ, попадающими в атмосферу с дымовыми газами.

В котлах с уравновешенной тягой давление в топке и начале газохода поддерживается совместной работой дутьевых вентиляторов и дымососов.

Дымовые трубы изготавливают из стали, кирпича, железобетона.

Диаметр дымовой трубы должен обеспечивать отвод дымовых газов от подключенных котлов, работающих на полной нагрузке. Для уменьшения сечения газоходов и дымовых труб, что необходимо при работе котлов на

малой нагрузке, предусматривают установку стальных заслонок - шиберов.

С целью повышения надежности работы котельной основное оборудование, узлы и устройства резервируют. Резервирование обязательно для котлов, теплообменников, насосов, фильтров водоподготовки. Трубопроводы и тепловые сети не резервируются.

В соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [38] котельные могут быть отнесены к опасным производственным объектам.

К категории опасных производственных объектов относятся объекты, на которых:

- получают, используются, перерабатываются горючие вещества – жидкости и газы, способные возгораться от источника зажигания,
- применяется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 МПа (пара, газа, воды при температуре более 115 °С).

Для отнесения котельной к категории ОПО рассматривают давление теплоносителя, вид топлива, объем хранения жидкого топлива в резервуарах.

По температуре рабочей среды следует выделить котельные с температурой теплоносителя:

- не более 115 °С,
- свыше 115 до 250 °С,
- свыше 250 °С.

По давлению рабочей среды следует выделить котельные с давлением теплоносителя более 0,07 МПа.

Оборудование, работающее с температурой воды более 115 °С или с давлением водяного пара более 0,07 МПа, относится к опасным производственным объектом и в соответствии с установленными требованиями должно быть зарегистрировано в территориальном Управлении Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

При регистрации присваивается класс опасности объекта. Класс опасности присваивается по наиболее опасному признаку.

Котельные, работающие на газообразном топливе с давлением газа свыше 0,005 до 1,2 МПа относятся к III классу опасности.

Также к III классу опасности относятся котельные, имеющие запас жидкого топлива от 1000 до 50000 тонн.

Котельные, работающие с теплоносителем температурой 250 и более °С, а также, осуществляющие теплоснабжение населения и важные социально-значимых категорий потребителей, относятся к III классу опасности.

1.2 Аварии и инциденты при эксплуатации энергоустановок (на примере котельных)

В соответствии с ФЗ-116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», статья 1 инцидентом является «отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от установленного режима технологического процесса» [38].

По данным, приводимыми Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору [8], наибольшее количество аварий происходящих на оборудовании, работающем под давлением, приходится на трубопроводы пара и горячей воды - 52 % (рисунок 1).

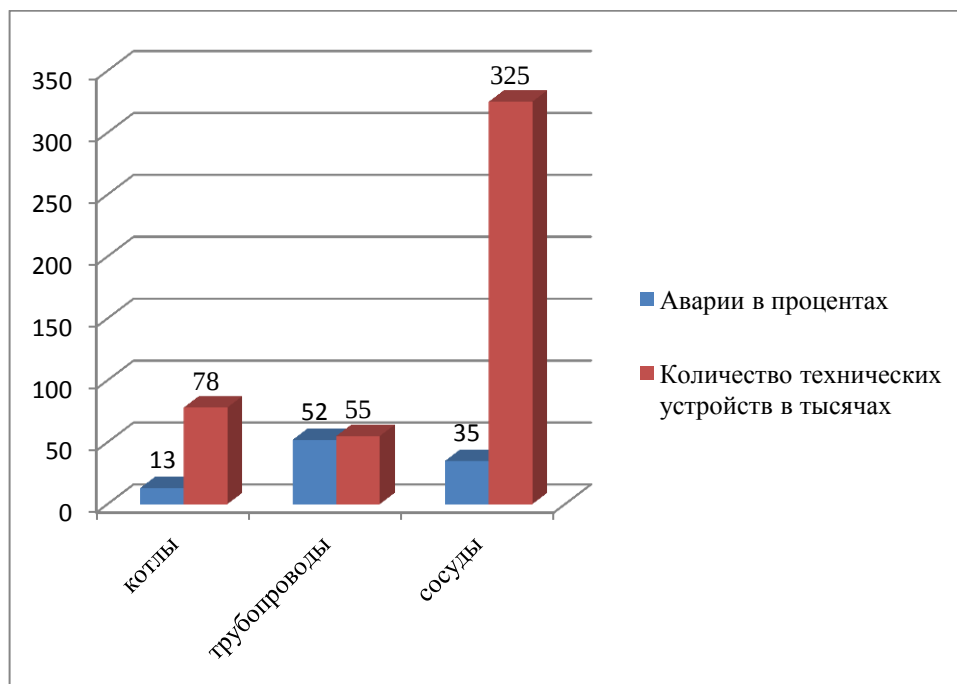


Рисунок 1 – Статистика аварийности по данным Ростехнадзора

По данным Министерства энергетики РФ наибольшее соотношение количества аварий к количеству технических устройств наблюдается у трубопроводов и тепловых сетей [7].

Причинами, возникновения аварий более, чем в половине случаев является низкое качество проведения обслуживания и обследования оборудования (рисунок 2).

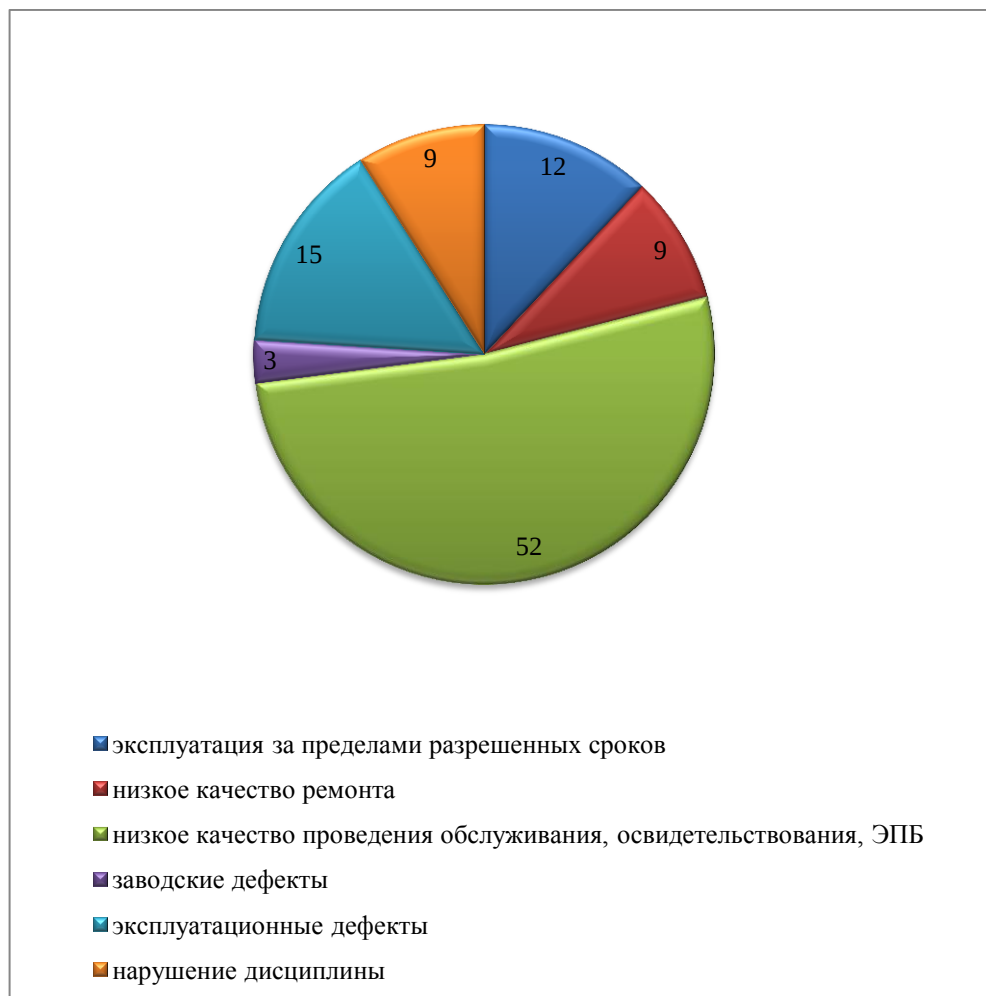


Рисунок 2 – Причины возникновения аварий

На основании данных, приведенных Ростехнадзором, можно рассчитать вероятность безотказной работы для оборудования, работающего под избыточным давлением, по формуле:

$$R(t) = \frac{n_s(t)}{n}, \quad (1)$$

где $R(t)$ – вероятность безотказной работы в течение определенного времени;

$n_s(t)$ – количество объектов функционирующих в период времени;
 n – общее количество объектов (рисунок 3).

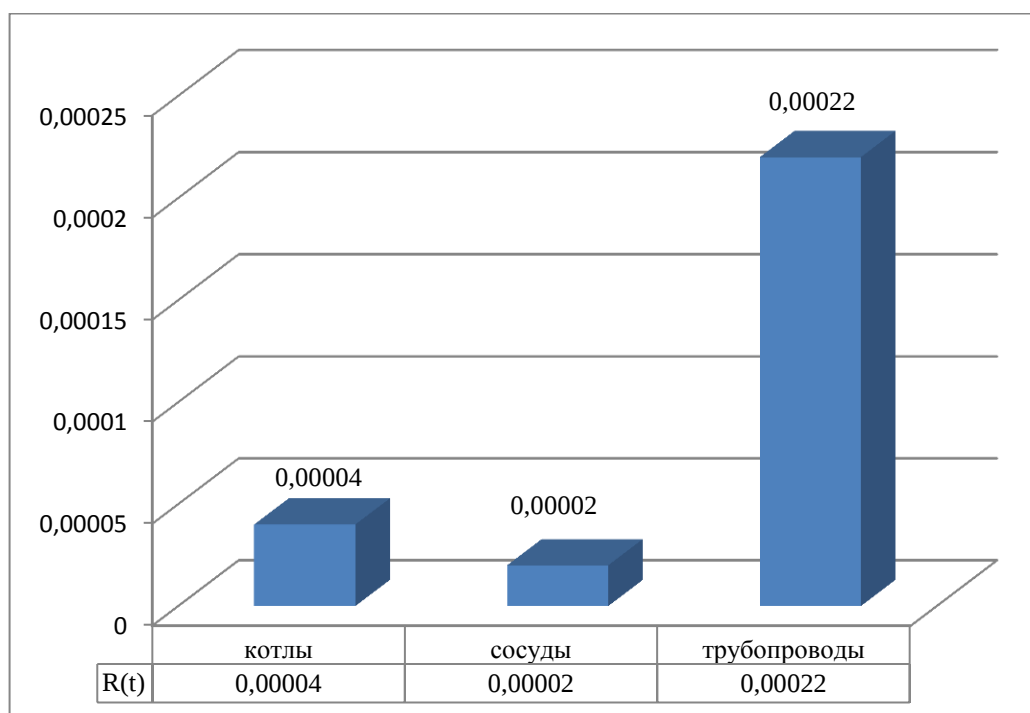


Рисунок 3 – Вероятность безотказной работы оборудования, работающего под давлением

Причинами аварий и инцидентов в котельных могут являться внешние (природные, социально-экономические) и внутренние (технические, технологические, организационные и индивидуально-психологические) возмущения [44].

Природные опасности являются труднопредсказуемыми, представляют собой наиболее существенную угрозу для систем теплоснабжения. Опасность представляют такие явления как: ураганы, землетрясения, оползни, наводнения, длительное стояние экстремально низких наружных температур.

Социально-экономические опасности могут являться следствием несовершенства нормативной базы, ошибок в управлении, имеющих рыночных рисков.

Технические опасности возникают в результате недостаточной

надежности элементов системы теплоснабжения.

Технологические - являются результатом недостаточной устойчивости и живучести системы. Живучесть системы должна закладываться при проектировании и далее поддерживаться в течение срока эксплуатации. Например, заложенный при проектировании резерв тепловой мощности, может быть нивелирован присоединением к источнику чрезмерного количества потребителей.

Организационные опасности являются следствием применения неэффективного типа управления технологическим процессом или системой производственной безопасности.

Индивидуально-психологические - несоблюдение трудовой и производственной дисциплины, производственных инструкций и правил эксплуатации.

Согласно исследованиям, приведенным в статье [9], причинами аварий на ТЭС, произошедших за 30 лет, в 90 процентах случаев являлись отказы оборудования, 10 % - повреждение строительных конструкций. На долю аварий, произошедших в котельных отделениях ТЭС, приходится 23 % от их общего количества.

В качестве примеров повреждения строительных конструкций котельных можно привести случаи обрушения кровли под тяжестью снежного покрова, падение башенного крана на здание, обрушение дымовой трубы.

Наиболее частыми причинами повреждений технических устройств в котельных являются взрывы горючей смеси при растопке котла, падение уровня воды в котле, разрушение поверхностей нагрева котла.

Технологический процесс получения тепловой энергии можно представить в виде трех подсистем: материально-технического обеспечения, выработки теплоносителя и его подачи. Сбой в работе какого-либо узла или системы приводит к последствиям разной тяжести. Наиболее тяжелые последствия возникают при отказе в работе подсистемы подачи

теплоносителя, либо при отключении электроснабжения.

Котельные присоединяют к системам электроснабжения по второй категории надежности - от двух независимых источников. Несмотря на это, прекращение подачи электроэнергии на источники теплоснабжения не являются редкостью. Останов сетевых насосов в зимнее время может привести к размораживанию тепловой сети, дорогостоящим и длительным работам по восстановлению.

Информация об инцидентах, являющихся следствием отказа какого-либо узла в котельной, от эксплуатирующих организаций в диспетчерские службы и надзорные органы не всегда передается. В результате достоверная статистика о количестве и причинах инцидентов отсутствует.

Отказ узла может возникнуть на любом из производственных циклов. С целью проведения анализа возможных последствий в результате возникновения отказов различных узлов можно идентифицировать возможные неисправности в водогрейной отопительной котельной методом SWIFT (таблица 1).

Таблица 1 – Возможные неисправности водогрейной котельной

Описание ситуации	Известные риски	Источники и факторы риска	Предыдущий опыт, успехи и инциденты	Известные и существующие средства контроля	Нормативные требования и ограничения
1	2	3	4	5	6
Неисправность в работе системы подготовки исходной воды	«Что случится, если ...»	Прекратится подача исходной воды	Прекратится подача подпиточной воды в систему	Счетчик воды	Требования к жесткости воды и содержанию кислорода содержатся в НТД
		Снизится качество воды на выходе из установки умягчения	Длительная работа приведет к образованию отложений и накипи в трубах и оборудовании	Периодический лабораторный контроль	
		Снизится качество воды на выходе из деаэратора	Кислород в воде приведет к коррозии труб и оборудования	Периодический лабораторный контроль	
		Разрушение внутреннего трубопровода подпиточной воды	Снизится или прекратится подача подпиточной воды в систему	Визуальный осмотр	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Неисправность в системе подготовки и подачи газообразного топлива	«Что случится, если ...»	Прекратится подача газа	Котел не сможет работать на газовом топливе	Манометр давления газа на входе	Поддерживать в исправном состоянии основное и резервное топливное хозяйство
		Произойдет разрушение газопровода	Возникнет опасная ситуация (взрыва, отравления), котел не сможет работать на газовом топливе	Визуальный осмотр	
		Сработает сигнализатор загазованности	Клапан перекроет поступление газа, котел не сможет работать на газовом топливе	Сигнал сигнализатора	
		Выход из строя регулятора давления газа	Давление газа будет нестабильно, может произойти погасание котла, отрыв пламени, взрыв в топке (газовый хлопок)	Нестабильное показание манометров, срабатывание автоматики безопасности по низкому или высокому давлению газа	
		Прогорят элементы горелочного устройства	Изменится соотношение газ-воздух, цвет пламени, может появиться сажа или вырастет количество выделяемого угарного газа	Контроль газоанализатором уходящих газов	
		Выйдет из строя элемент щита управления горелочного устройства	Автоматика безопасности отключит котел	Сигнал пульта управления	
		Выйдет из строя вентилятор горелочного устройства	Автоматика безопасности отключит котел	Сигнал пульта управления	
Неисправность в системе подготовки и подачи жидкого топлива	«Что случится, если ...»	Закончится в емкостях жидкое топливо	Котел не сможет работать на жидком топливе	Уровнемер	Поддерживать в исправном состоянии основное и резервное топливное хозяйство
		Выйдет из строя регулятор давления топлива	Котел не сможет работать на жидком топливе	Нестабильное показание манометров, срабатывание автоматики безопасности по давлению топлива	
		Произойдет разрушение (разрыв) топливопровода	Котел не сможет работать на жидком топливе	Визуальный осмотр	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
		Выйдет из строя насос подачи топлива	Прекратится подача жидкого топлива в котел	Показание манометров, срабатывание автоматики безопасности по низкому давлению	
		Прогорят элементы горелочного устройства	Изменится соотношение топливо-воздух, поменяется цвет пламени, может появиться сажа или вырастет количество выделяемого угарного газа	Контроль газоанализатором уходящих газов	
		Выйдет из строя элемент щита управления или элемент автоматики горелочного устройства	Автоматика безопасности отключит котел	Сигнал пульта управления	
		Выйдет из строя вентилятор горелочного устройства	Автоматика безопасности отключит котел	Сигнал пульта управления	
		Выйдет из строя топливный фильтр	Котел не сможет работать на жидком топливе	Показание манометров, срабатывание автоматики безопасности и регулирования по низкому давлению топлива	
Неисправность в работе котла	«Что случится, если ...»	Прогорят поверхности нагрева котла	Произойдет утечка воды в котле, котел не сможет работать	Сигнал пульта управления	Поддерживать резервный котел в исправном состоянии
		Сработает автоматика безопасности по низкому или высокому давлению в котле	Автоматика остановит котел	Сигнал пульта управления	
		Сработает автоматика безопасности по уровню воды в котле	Автоматика остановит котел	Сигнал пульта управления	
		Сработает автоматика безопасности по давлению воздуха перед горелкой	Автоматика остановит котел	Сигнал пульта управления	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
		Сработает автоматика безопасности по расходу воды	Автоматика остановит котел	Сигнал пульта управления	
		сработает автоматика безопасности по работе дымососа	Автоматика остановит котел	Сигнал пульта управления	
		Отложения накипи снизят пропускную способность поверхностей нагрева котла 3	Повысится перепад давления на входе и выходе из котла	Показания манометров	
Неисправность при транспортировке теплоносителя	«Что случится, если ...»	Произойдет останов сетевого насоса	Циркуляция в тепловой сети прекратится	Сигнал пульта управления	Поддерживать резервный сетевой насос в исправном состоянии
		Произойдет разрушение внутреннего трубопровода	Циркуляция внутри трубопроводов котельной нарушится, циркуляция в тепловой сети не прекратится, температура теплоносителя в тепловой сети начнет снижаться	Визуальный осмотр	Проводить комплекс мероприятий по обслуживанию, контролю технического состояния
		Произойдет разрушение наружной тепловой сети	Циркуляция в тепловой сети нарушится или прекратится, возрастет количество необходимой подпиточной воды в открытых системах теплоснабжения	Визуальный осмотр, снижение давления на манометре, повышенный расход подпиточной воды	
		Произойдет разрушение (течь) теплообменника	Теплообменник необходимо вывести в ремонт	Визуальный осмотр	
		Произойдет снижение пропускной способности теплообменника	Снижение циркуляции и КПД теплообменника	Показания манометров на входе и выходе теплообменника	Поддерживать резервный мембранный бак в исправном состоянии
		Произойдет разрушение (течь) мембранного бака	Мембранный бак необходимо вывести в ремонт	Визуальный осмотр	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Неисправность в системе отвода дымовых газов	«Что случится, если ...»	Произойдет сужение сечения дымохода (завал)	Дымовые газы начнут поступать в котельный зал, возможен останов котлов автоматикой	Задымление, сигнал пульта управления	Проводить комплекс мероприятий по обслуживанию, контролю технического состояния
		Произойдет разрушение дымохода (подсос воздуха)	Снижение температуры отходящих газов	Визуальный осмотр	
		Произойдет затопление дымохода	Дымовые газы начнут поступать в котельный зал, возможен останов котлов автоматикой безопасности, при работе на жидком топливе возможно образование в дымоходах серной кислоты	Визуальный осмотр, задымление, сигнал пульта управления	

Анализ видов и последствий отказов системы теплоснабжения методом FMEA может показать наиболее уязвимые участки (таблица 2).

Таблица 2 - Результаты анализа методом FMEA

Элемент	Вероятный дефект	Возможные последствия S	Вероятная причина O	Методы контроля D	RPN
Система подготовки исходной воды	Неработоспособность	1	2	2	4
Система подготовки и подачи топлива	Неработоспособность	2 (5)	2	2	8 (20)
Котел	Неработоспособность	2	2	1	4
Внутренний трубопровод	Неработоспособность	4	1	1	4
Вспомогательное тепловое оборудование	Неработоспособность	2	1	1	2
Тепловая сеть	Неработоспособность	5	3	4	60
Дымоход	Неработоспособность	4	2	2	16

Значение в скобках приведено для котельной, работающей на одном виде топлива.

«RPN – значение приоритетности риска, определяется по формуле:

$$RPN = S \cdot O \cdot D, \quad (2)$$

где RPN – значение приоритетности риска;

S – тяжесть возможных последствий, оценена по шкале от 1 до 5;

O – характеризует вероятность появления отказа;

D – характеризует вероятность необнаружения отказа» [2].

В результате анализа получены данные свидетельствующие, что наибольшую опасность представляют последствия возникновения неисправностей на тепловых сетях. Повреждения на тепловых сетях трудно обнаружить, в зимнее время до повреждения тяжело добраться (иногда требуется проведение земляных работ, доступ к закрытым территориям).

Выводы по разделу.

В результате проведения анализа эксплуатации энергоустановок (на примере котельной) установлено, что в системе теплоснабжения применяются различные физическим характеристикам и процессу протекания технологические операции и производственные циклы. В котельных применяются технологии подготовки воды, обеспечения процесса горения, транспортировки теплоносителя. При проектировании технологических процессов и обеспечения функционирования оборудования необходимо знание таких разделов науки как:

- гидравлика,
- аэродинамика,
- теплотехника,
- теория горения,
- экология.

Обеспечивается безопасность эксплуатации оборудования и

надежность работы системы такими методами как:

- резервирование основных узлов и устройств,
- применение автоматики безопасности и регулирования (КИПиА),
- периодическим обслуживанием оборудования (осмотр, очистка, ремонт и регулировка),
- применение правил и инструкций безопасности (например, в отношении складирования и хранения топлива).

В результате анализа аварий и инцидентов при эксплуатации энергоустановок установлено следующее.

Причины аварий и инцидентов могут быть внешние (природные, социально-экономические) и внутренние (технические, технологические, организационные и индивидуально-психологические). Наиболее опасными и труднопредсказуемыми являются повреждения, возникающие вследствие природных катастроф. Для минимизации рисков и снижения потерь необходимо на стадии проектирования закладывать повышенную живучесть системы и поддерживать ее в течение периода эксплуатации.

Среди внутренних причин (технических и технологических) наибольшую опасность представляют повреждения тепловых сетей. На основании статистических данных, расчета значений вероятности безотказной работы и значений приоритетности риска можно сделать вывод, что риск возникновения неисправностей на объектах теплоснабжения наиболее вероятен на трубопроводах и тепловых сетях.

Значительная часть пострадавших при авариях являлись посторонними людьми, не связанными с производством.

Причинами более 50 процентов аварий является низкое качество проведения обслуживания, технического освидетельствования или экспертизы промышленной безопасности.

2 Организация безопасной эксплуатации энергоустановок (на примере котельной)

2.1 Организационные вопросы обеспечения промышленной безопасности энергоустановок

Промышленной безопасности опасных производственных объектов в Российской Федерации обеспечивается законодательной базой (Федеральные законы, указы Президента, постановления Правительства), разработанной нормативной документацией (технические регламенты, федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности, руководящие документы, государственные и отраслевые стандарты).

Федеральный закон 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» содержит основные требования к обеспечению промышленной безопасности.

В соответствии с требованиями, установленными статьей 9 «организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана:

- соблюдать положения настоящего Федерального закона, других федеральных законов, принимаемых в соответствии с ними нормативных правовых актов Президента Российской Федерации, нормативных правовых актов Правительства Российской Федерации, а также федеральных норм и правил в области промышленной безопасности;
- соблюдать требования обоснования безопасности опасного производственного объекта (в случаях, предусмотренных пунктом 4 статьи 3 настоящего Федерального закона);
- обеспечивать безопасность опытного применения технических устройств на опасном производственном объекте в соответствии с пунктом 3 статьи 7 настоящего Федерального закона;

- иметь лицензию на осуществление конкретного вида деятельности в области промышленной безопасности, подлежащего лицензированию в соответствии с законодательством Российской Федерации;
- уведомлять федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности или его территориальный орган о начале осуществления конкретного вида деятельности в соответствии с Федеральным законом от 31 июля 2020 года № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации»;
- обеспечивать укомплектованность штата работников опасного производственного объекта в соответствии с установленными требованиями;
- допускать к работе на опасном производственном объекте лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям и не имеющих медицинских противопоказаний к указанной работе;
- обеспечивать проведение подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности в случаях, установленных настоящим Федеральным законом;
- иметь на опасном производственном объекте нормативные правовые акты, устанавливающие требования промышленной безопасности, а также правила ведения работ на опасном производственном объекте;
- организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;
- создать систему управления промышленной безопасностью и обеспечивать ее функционирование в случаях, установленных статьей 11 настоящего Федерального закона;

- обеспечивать наличие и функционирование необходимых приборов и систем контроля за производственными процессами в соответствии с установленными требованиями;
- обеспечивать проведение экспертизы промышленной безопасности зданий, сооружений и технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, а также проводить диагностику, испытания, освидетельствование сооружений и технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, в установленные сроки и по предъявляемому в установленном порядке предписанию федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориального органа;
- предотвращать проникновение на опасный производственный объект посторонних лиц;
- обеспечивать выполнение требований промышленной безопасности к хранению опасных веществ;
- разрабатывать декларацию промышленной безопасности в случаях, установленных абзацем первым пункта 2 статьи 14 настоящего Федерального закона;
- заключать договор обязательного страхования гражданской ответственности в соответствии с законодательством Российской Федерации об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте;
- выполнять указания, распоряжения и предписания федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, его территориальных органов и должностных лиц, отдаваемые ими в соответствии с полномочиями;

- приостанавливать эксплуатацию опасного производственного объекта самостоятельно или по решению суда в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте, а также в случае обнаружения вновь открывшихся обстоятельств, влияющих на промышленную безопасность;
- осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте, оказывать содействие государственным органам в расследовании причин аварии;
- принимать участие в техническом расследовании причин аварии на опасном производственном объекте, принимать меры по устранению указанных причин и профилактике подобных аварий;
- анализировать причины возникновения инцидента на опасном производственном объекте, принимать меры по устранению указанных причин и профилактике подобных инцидентов;
- своевременно информировать в установленном порядке федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, его территориальные органы, а также иные органы государственной власти, органы местного самоуправления и население об аварии на опасном производственном объекте;
- принимать меры по защите жизни и здоровья работников в случае аварии на опасном производственном объекте;
- вести учет аварий и инцидентов на опасном производственном объекте;
- представлять в федеральный орган исполнительной власти в области промышленной безопасности, или в его территориальный орган информацию о количестве аварий и инцидентов, причинах их возникновения и принятых мерах» [38].

В соответствии с Федеральным законом 116-ФЗ постановлением Правительства Российской Федерации от 30.06.2021 № 1082 [41] за соблюдением требований в области промышленной безопасности установлен Федеральный государственный надзор в области промышленной безопасности. Органом, осуществляющим надзор, определена Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору.

«Опасные производственные объекты подлежат регистрации в государственном реестре» [38]. Реестр ведет Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору.

В зависимости от уровня потенциальной опасности опасные производственные объекты подразделяются на 4 класса опасности. Класс опасности присваивается объекту при регистрации. Большинство объектов теплоснабжения относятся к III классу опасности.

В отношении объектов III класса опасности федеральным государственным надзором в области промышленной безопасности проводятся выездные плановые проверки [33]. Дополнительно органы надзора могут проводить профилактические мероприятия в целях предупреждения нарушения обязательных требований в соответствии с [33] ст. 44.

Кроме закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» к организациям, осуществляющим деятельность в области промышленной безопасности применяется ряд других законов. Основные из них:

- Федеральный закон «О лицензировании отдельных видов деятельности» № 99-ФЗ от 04.05.2011 [36];
- Федеральный закон «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте» № 225-ФЗ от 27.07.2010 [21].

- Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002 [40];
- Федеральный закон «О безопасности» № 390-ФЗ от 28.12.2010;
- Федеральный закон «О защите населения и территории от ЧС природного и техногенного характера» № 68-ФЗ от 21.12.1994 [35];
- Федеральный закон «О пожарной безопасности» № 69-ФЗ от 21.12.1994 [37];
- Федеральный закон «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» № 256-ФЗ от 21.07.2011 [19].

Федеральный закон «О безопасности» № 390-ФЗ от 28.12.2010 «определяет основные принципы и содержание деятельности по обеспечению безопасности государства, общественной безопасности, экологической безопасности, безопасности личности, иных видов безопасности, предусмотренных законодательством Российской Федерации» [20].

Федеральный закон «О защите населения и территории от ЧС природного и техногенного характера» № 68-ФЗ от 21.12.1994 определяет общие организационно-правовые нормы в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. «Целями настоящего Федерального закона является предупреждение возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, снижение размеров ущерба и потерь от чрезвычайных ситуаций, ликвидация чрезвычайных ситуаций» [35].

Федеральный закон «О пожарной безопасности» № 69-ФЗ от 21.12.1994 «определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации» [37]. Является важным в обеспечении безопасности взрывопожароопасных объектов, использующих горючие вещества при технологических процессах.

Федеральный закон «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» № 256-ФЗ от 21.07.2011 «устанавливает организационные и правовые основы в сфере обеспечения безопасности

объектов топливно-энергетического комплекса в Российской Федерации, за исключением объектов атомной энергетики, в целях предотвращения актов незаконного вмешательства, определяет полномочия федеральных органов государственной власти и органов государственной власти субъектов Российской Федерации в указанной сфере, а также права, обязанности и ответственность субъектов топливно-энергетического комплекса» [19].

В Российской Федерации в области промышленной безопасности также принят ряд нормативно-правовых и нормативно-технических актов: указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, межведомственные нормативные акты Федеральных органов исполнительной власти. К нормативно-техническим актам в области промышленной безопасности относятся международные и национальные стандарты, стандарты предприятий, технические регламенты, руководящие документы, строительные нормы и правила, инструкции по безопасности.

Наиболее значимыми нормативными актами являются:

- а) Указ Президента Российской Федерации № 198 от 6.05.2018 «Об основах государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» [23];
- б) постановления Правительства Российской Федерации
 - 1) постановление Правительства РФ № 401 от 30.07.2004 «Положение о Федеральной службе по экологическому технологическому и атомному надзору» [43],
 - 2) постановление Правительства РФ № 2168 от 18.12.2020 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности» [22],
 - 3) постановление Правительства РФ от 30.12.2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» [34],

- 4) постановление Правительства от 02.06.2022 № 1014 «О расследовании причин аварийных ситуаций при теплоснабжении» [39];

в) нормативно-технические акты:

- 1) приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 536 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» [31],
- 2) приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 531 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления» [28],
- 3) приказ Ростехнадзора от 01.12.2020 № 478 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Основные требования к проведению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах» [27],
- 4) приказ Ростехнадзора от 20.10.2020 № 420 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» [30],
- 5) приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 № 519 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах» [32],

- 6) приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 535 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила осуществления эксплуатационного контроля металла и продления срока службы основных элементов котлов и трубопроводов тепловых электростанций» [29],
- 7) технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением (ТР ТС 032/2013)» [18],
- 8) приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 № 518 «Требования к форме предоставления сведений об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности» [54],
- 9) постановление Госгортехнадзора РФ от 05.03.1998 № 11 «Методические указания по проведению технического освидетельствования металлоконструкций паровых и водогрейных котлов. РД 10-210-98» [16],
- 10) приказ Минэнерго России от 24.03.2003 № 115 «Об утверждении правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок» [46],
- 11) приказ Ростехнадзора от 14.11.2016 № 471 «Об утверждении формы акта о причинах и об обстоятельствах аварии на опасном объекте и формы извещения об аварии на опасном объекте» [47],
- 12) приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 17.12.2020 № 924н. «Правила по охране труда при эксплуатации объектов теплоснабжения и теплопотребляющих установок» [45].

Указом Президента Российской Федерации № 198 от 6.05.2018 «Об основах государственной политики Российской Федерации в области

промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» в качестве одной из основных задач государственной политики в области промышленной безопасности определена разработка «нормативно-правовой базы в части, касающейся создания и внедрения системы государственного дистанционного мониторинга состояния промышленной безопасности, предусматривающей автоматизированный сбор, фиксацию, обобщение, систематизацию и оценку информации о значениях параметров технологических процессов на промышленных объектах» [23].

Нормативные акты в области промышленной безопасности дополняют федеральные законы, детально регламентируют процедуры обеспечения промышленной безопасности и охраны труда на ОПО.

Требования в области промышленной безопасности по организации исполнения можно условно представить в виде 3 направлений, направленных на: предотвращение аварий, минимизацию последствий и извлечение уроков (рисунок 4).

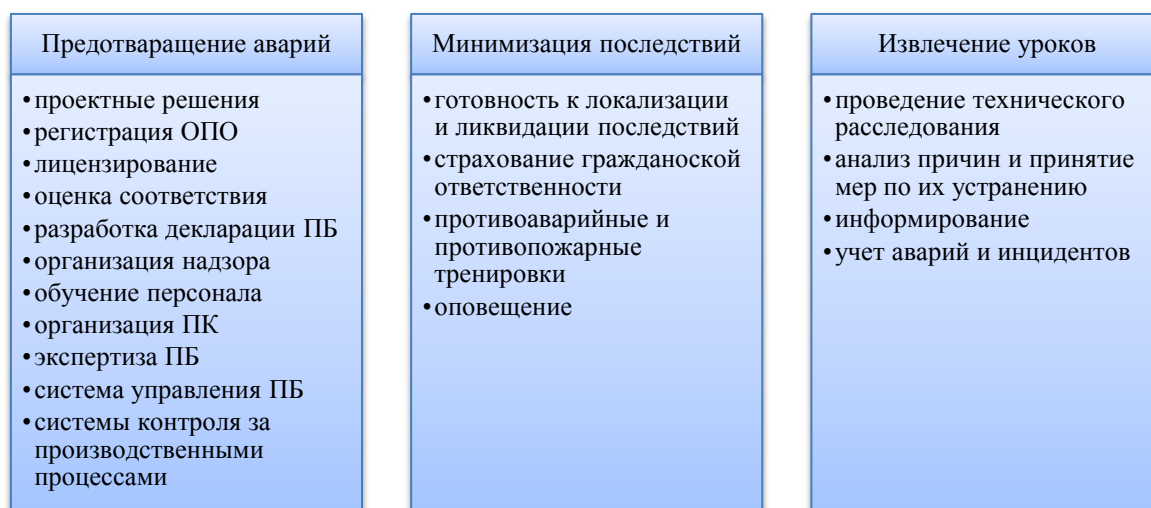


Рисунок 4 – Направления требований ПБ

На стадии проектирования принимаются решения, способствующие закладыванию обеспечению безопасности в процессе эксплуатации. При проектировании котельных конструкторами должно быть предусмотрено:

- наличие в технологической схеме предохранительных клапанов на оборудовании, работающем под давлением, на газоходах;
- наличие автоматики безопасности и регулирования, поддерживающей рабочие параметры технологических процессов в допустимом диапазоне и блокирующей выполнение процессов при необходимости;
- планировочные решения, позволяющие персоналу эффективно действовать при обеспечении рабочего процесса и в случае возникновения чрезвычайных ситуаций;
- конструктивные решения, позволяющие минимизировать размеры возможных последствий при аварийных ситуациях.

На стадии эксплуатации ОПО эксплуатирующая организация назначает лиц ответственных за осуществление производственного контроля за безопасной эксплуатацией оборудования, за исправное состояние и безопасную эксплуатацию оборудования, работающего под избыточным давлением, а также сетей газораспределения и газопотребления, осуществляет производственный контроль за соблюдением правил промышленной безопасности. Проводится первичное и периодическое обучение и аттестация персонала. Для отработки необходимых навыков с персоналом проводятся периодические противоаварийные и противопожарные тренировки.

Контроль за состоянием и работоспособностью оборудования проводится путем проведения периодических осмотров, обходов, гидравлических испытаний, технических освидетельствований [17].

Технические освидетельствования силами специализированной организации проводятся не реже 1 раза в 4 года – для котлов и сосудов, не

реже 1 раза в 4 года – для трубопроводов. Ответственные лица эксплуатирующей организации проводят техническое освидетельствование ежегодно.

Для поддержания оборудования в исправном работоспособном состоянии проводится его плановое обслуживание. Проводятся наладочные испытания и регулировочные работы котлов, химводоподготовки, трубопроводов и тепловых сетей, газового оборудования. В соответствии с проектом, инструкциями заводов-изготовителей, нормативной документацией проводятся периодические и капитальные ремонты.

Соблюдаются основные требования к арматуре и предохранительным устройствам:

- наличие сертификатов соответствия;
- маркировка согласно ГОСТ 4666-2015 «Арматура трубопроводная. Маркировка и отличительная окраска»;
- дублирование запорных устройств на подающих паропроводах;
- проверка и настройка предохранительных клапанов не реже 1 раза в год.

2.2 Методы предупреждения аварий и инцидентов на энергоустановках

Для поддержания необходимого уровня промышленной безопасности, предотвращения аварийных ситуаций используют комплекс современных методик. Основными направлениями являются:

- внедрение системы управления промышленной безопасностью, разработка стандартов безопасности, внедрение и применение нормативных актов и регламентов, являющихся обязательными к соблюдению всеми участниками производственного процесса, что

обеспечивает установление строгих и однозначных директив, направленных на обеспечение безопасной эксплуатации ОПО;

- обучение и тренировки персонала предполагают ознакомление сотрудников с нормативными актами и регламентами по промышленной безопасности и охране труда, а также осуществление практических занятий, направленных на моделирование поведения в условиях возникновения непредвиденных ситуаций;
- применение риск-ориентированного подхода, основанного на выявлении и управлении рисками;
- регулярное техническое обслуживание оборудования, заключающееся в проведении дефектоскопии, технических осмотров, дефектовке и ремонтных работ позволяет выявить и устранить возможные дефекты, которые могут привести к авариям;
- контроль за соблюдением норм безопасности предполагает внедрение систем мониторинга и контроля для обеспечения выполнения требований безопасности, а также проведение аудитов, которые помогают обнаруживать нарушения и предпринимать действия для их устранения.

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 17.08.2020 № 1243 «Об утверждении требований к документационному обеспечению систем управления промышленной безопасностью» [26], при разработке документации СУПБ эксплуатирующая организация вправе применять нормативные документы в части, не противоречащей требованиям промышленной безопасности. Как правило применяют следующие документы:

- ГОСТ Р ИСО 9001-2008 Системы менеджмента качества. Требования [6];

- ГОСТ 12.0.230-2007 ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования [4];
- ГОСТ Р 12.0.007-2009 ССБТ Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию [3];
- OHSAS 18001:2007 Системы менеджмента здоровья и безопасности на производстве. Требования [5].

Одним из принципов системы управления промышленной безопасностью является постоянное улучшение. С целью снижения рисков возникновения аварий и инцидентов проводят анализ текущей ситуации, определяют участок, на котором могут быть внесены изменения по улучшению, намечают мероприятия.

Важнейшей задачей руководства предприятия в области промышленной безопасности должно быть реализация политики в области промышленной безопасности.

На предприятиях, эксплуатирующих ОПО вводят в действие систему общего руководства ПБ, обеспечивающих циклическую последовательность основных управленческих действий, направленных на поддержание и постоянное повышение уровня безопасности (рисунок 5).



Рисунок 5 – Цикл основных управленческих действий

Представленная циклическая модель демонстрирует постоянное развитие системы безопасности, постепенно приближая производство к максимально безопасному состоянию.

Предприятие, эксплуатирующее опасный объект, должно определить действия необходимые для устранения причин потенциальных несоответствий и технологии безопасного ведения работ для предупреждения их появления.

Существенную помощь в обеспечении промышленной безопасности может оказать разработка документированной процедуры для определения требований к процессам, предупреждающим нарушения требований к промышленной безопасности на объекте:

- установлению потенциальных несоответствий требованиям промышленной безопасности и выявления причин их появления,
- оценки необходимости действий с целью предупреждения появления несоответствий,

- определения ответственных за осуществления необходимых коррекционных действий,
- записи результатов предпринятых действий для последующего анализа,
- анализу предпринятых предупреждающих действий.

Эффективным шагом к обеспечению промышленной безопасности является принятие руководством предприятия политики в области промышленной безопасности и охраны труда, содержащей краткую декларацию намерений руководства в данной области.

Политика должна гарантировать применение системы менеджмента качества, включать обязательства по предупреждению аварий и травм, а также постоянному улучшению управления в области промышленной безопасности.

Одним из элементов СУПБ и схемы формирования политики управления промышленной безопасностью и охраной труда является анализ опасностей и оценка риска.

Цель идентификации риска – определение перечня источников риска и событий, которые могут привести к неработоспособности отдельной подсистемы. Исследование факторов риска следует проводить при составлении мероприятий по уменьшению вероятности аварий и подготовке сопроводительных документов, регламентирующих деятельность систем аудита и управления промышленной безопасностью [25].

При исследовании рисков аварии на промышленном объекте используется, как правило, количественная оценка риска аварии. Количественная оценка риска аварии на опасном производственном объекте – это измерение опасности аварии на объекте, выраженное в численных величинах риска.

Сравнительная оценка риска включает в себя сопоставление уровня

риска с критериями риска, установленными при определении области применения менеджмента риска, для определения типа риска и его значимости. Результаты сравнительной оценки риска могут выявить подсистемы (технические процессы, устройства), несущие наибольший риск технических отказов и возможных последствий, для принятия соответствующих корректирующих решений.

Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования реализуется на основе планово-предупредительного подхода, включающего комплекс диагностических процедур для оценки технического состояния теплоэнергетических установок, а также проведение как текущих, так и плановых ремонтных работ (рисунок 6).

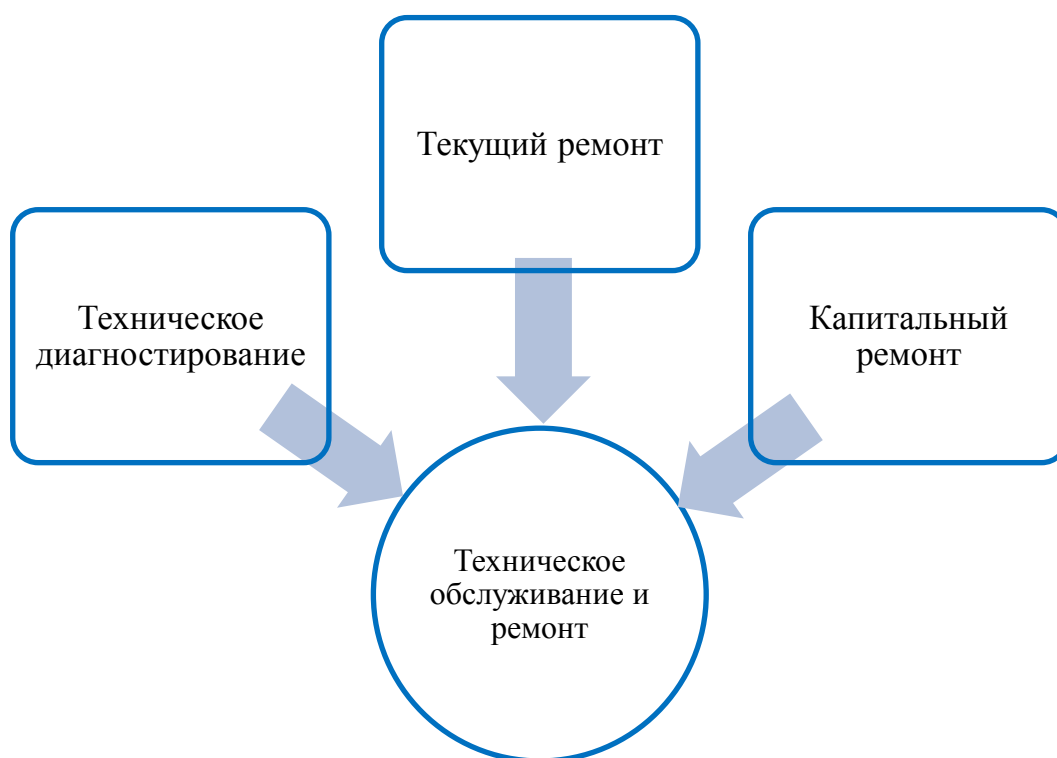


Рисунок 6 – Схема технического обслуживания и ремонта

Интервалы между капитальными ремонтами устанавливаются с учетом следующих факторов: рекомендаций производителей оборудования, требований проектных документов, данных о фактическом техническом состоянии объектов, а также накопленного опыта эксплуатации.

Необходимые технологические операции, периодичность и объем проведения работ при проведении технического обслуживания оборудования представлен в федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности, руководящих документах и методических указаниях. Перечень необходимых мероприятий приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень мероприятий по техническому обслуживанию теплоэнергетического оборудования

Мероприятие	Периодичность
1	2
Здания и сооружения	
Осмотр зданий и сооружений	От 1 раза в 4 мес. до 2 раз в год
Наружный осмотр дымовой трубы и газоходов	1 раз в год
Тепловизионное обследование кирпичных и монолитных дымовых труб	1 раз в 5 лет
Внутренний осмотр газоходов котлов	При каждом отключении котла для текущего ремонта
Обход трассы подземных газопроводов	1 раз в 2 дня
Проверка сопротивления контура молниезащиты дымовой трубы	1 раз в год
Измерение температуры отходящих газов в дымовой трубе	1 раз в месяц
Наружный осмотр (контроль) элементов дымовой трубы	1 раз в 3 месяца
Измерение и контроль вертикальности дымовой трубы при помощи приборов или строительного отвеса	2 раза в год
Тепломеханическое оборудование котельной	
Контроль исправности светосигнального оборудования дымовой трубы	Ежедневно
Смена смазки подшипников насосов, вентиляторов, дымососов	От 1 раз в 10 - 15 дней до 1 раз в 30 - 40 дней
Проверка по реперам теплового перемещения барабанов, экранов и коллекторов котла	1 раз в год
Осмотр, инструментальное определение присосов в котле и газоходах	1 раз в месяц
Внутренний осмотр деаэраторов	1 раз в год
Гидравлическое испытание тепловых энергоустановок (температура теплоносителя не более 115 °С)	1 раз в 3 года

Продолжение таблицы 3

1	2
Осмотр баков-аккумуляторов с составлением акта	1 раз в год
Проверка исправности манометров	От 1 раза в смену до 1 раза в сутки
Поверка манометров	1 раз в год
Техническое освидетельствование котлов (наружный и внутренний осмотр)	1 раз в год
Техническое освидетельствование котлов (гидравлическое испытание)	1 раз в 2 года
Техническое освидетельствование трубопроводов	1 раз в 3 года
Осмотр трубопроводов ответственными лицами	1 раз в 12 месяцев
Топливное хозяйство (твердое)	
Контроль состояния золоуловителей	1 раз в смену
Контроль присосов воздуха в золоуловители	1 раз в месяц
Топливное хозяйство (жидкое)	
Наружный осмотр мазутопроводов, арматуры и предохранительных устройств	1 раз в год
Выборочная ревизия арматуры	1 раз в 4 года
Очистка мазутоподогревателей	1 раз в год
Проверка включения резервного насоса	1 раз в месяц
Проверка срабатывания сигнализации топливоподачи	1 раз в неделю
Проверка работы автоматики топливоподачи	1 раз в неделю
Топливное хозяйство (газ)	
Проверка сигнализации давления газа после автоматических регуляторов	1 раз в месяц
Обход трассы подземных газопроводов	1 раз в 2 дня
Проверка колодцев на загазованность (на расстоянии 15 м от газопровода)	1 раз в 2 дня
Проверка плотности подземных газопроводов	1 раз в 5 лет
Осмотр газопроводов котельной	1 раз в смену
Проверка плотности соединений внутренних газопроводов и арматуры	1 раз в сутки
Внешний и внутренний осмотр помещений газорегуляторных пунктов с отбором и анализом проб воздуха	1 раз в сутки
Техническое обслуживание газового оборудования	1 раз в месяц
Проверка настройки и действия предохранительных устройств	1 раз в 2 месяца
Проверка срабатывания устройств защиты, блокировок и сигнализации	1 раз в 6 месяцев
Проверка герметичности фланцевых, резьбовых и сварных соединений газопроводов, сальниковых набивок арматуры	1 раз в 6 месяцев
Проверка технологического оборудования, трубопроводной арматуры, электрооборудования, средств защиты, технологических трубопроводов	Перед началом смены и в течение смены не реже чем через два часа
Очистка фильтров	1 раз в 12 месяцев

Продолжение таблицы 3

1	2
Проверка средств контроля, управления, исполнительных механизмов, средств сигнализации и связи	1 раз в сутки
Проверка вентиляционных систем	1 раз в смену
Проверка средств обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения	1 раз в месяц
Тепловые сети	
Обход тепловых сетей и тепловых пунктов	от 1 раза в неделю до 1 раза в месяц
Осмотр тепловых камер	1 раз в месяц
Осмотр камер с дренажными насосами	2 раза в неделю
Испытание на максимальную температуру теплоносителя	1 раз в 5 лет
Измерения опасного действия блуждающих токов	от 1 раза в 6 месяцев до 1 раза в 2 года
Технический осмотр катодных установок	2 раза в месяц
Технический осмотр дренажных установок	4 раза в месяц
Проверка эффективности действия катодных и дренажных установок	2 раза в год
Осмотр электроизолирующих фланцевых соединений	1 раз в год
Контроль степени затяжки пружин подвесок опор трубопроводов	1 раз в 2 года
Проверка исправности предохранительных клапанов	1 раз в смену
Нивелирование бака-аккумулятора	1 раз в 6 месяцев
Осмотр баков-аккумуляторов	Ежедневно
Проверка исправности указателя и регулятора уровня воды в баке-аккумуляторе	Ежедневно
Проверка работы сигнализации и автоматики безопасности насосов баков-аккумуляторов по нижнему и верхнему уровням	Ежедневно
Осмотр запорной и регулировочной арматуры баков-аккумуляторов	Ежедневно

За состоянием основного и наплавленного металла оборудования должен проводиться контроль.

После окончания нормативного срока эксплуатации для определения технического состояния, возможности дальнейшей эксплуатации и прогнозирования ресурса техническим устройствам, зданиям и сооружениям проводят экспертизу промышленной безопасности. Работы проводятся специализированными организациями, обладающими соответствующей лицензией, штатом квалифицированных экспертов и аккредитованной

лабораторией для проведения неразрушающего контроля и испытаний. По итогам проведённой оценки выдаётся экспертное заключение с указанием сроков и условий безопасной эксплуатации, уведомление о внесении заключения в реестр экспертиз.

Здания и сооружения, технические устройства периодически до истечения нормативного срока эксплуатации (таблица 4) должны проходить техническое освидетельствование.

Таблица 4 – Нормативный срок эксплуатации зданий и сооружений

Техническое устройство, здание или сооружение	Нормативный срок эксплуатации, лет
Здание	30 - 50
Котлы, внутренние трубопроводы пара или горячей воды, вспомогательное тепломеханическое оборудование	20
Тепловые сети	30
Внутренние газопроводы, газовое оборудование, газовые горелки, ГРУ, ГРП	20
Наружные газопроводы	30

Периодичность проведения технического освидетельствования оборудования в котельной указано в таблице 5.

Таблица 5 – Периодичность технического освидетельствования

Техническое устройство, здание или сооружение	Периодичность технического освидетельствования, лет
Здание	5
Труба дымовая кирпичная или железобетонная	5
Труба дымовая металлическая	3
Котлы	2 - 4
Внутренние трубопроводы пара или горячей воды	3
Подогреватели, бойлеры, деаэраторы	3 - 12
Тепловые сети	3

В состав технического освидетельствования входит наружный и внутренний осмотр, гидравлическое испытание, измерительный контроль. Техническое освидетельствование проводится ответственными лицами эксплуатирующей организации и специалистами специализированной организации. Результаты заносятся в паспорт оборудования, составляется акт или заключение.

Периодичность всех видов ремонтов устанавливается инструкциями по эксплуатации оборудования, разработанными на основании рекомендаций заводов-изготовителей, опыта предыдущей эксплуатации.

Нормативными документами определен перечень методов неразрушающего контроля, которые допускается применять при контроле сварных соединений опасных производственных объектов (ОПО).

При проведении технического диагностирования с целью продления срока эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды как правило применяют один из физических методов (ультразвуковая дефектоскопия, радиография) для контроля стыковых сварных соединений, капиллярный или магнитопорошковый метод для обнаружения поверхностных дефектов в угловых сварных соединениях, визуально-измерительный контроль.

На основе применения комплекса из трех методов контроля разработано несколько отраслевых руководящих документов, стандартов предприятия. Методики проведения технического диагностирования [10] регламентируют проведение визуально-измерительного контроля в доступных местах, контроль стыковых и угловых сварных соединений в объеме 2–3 единиц каждого типоразмера, но не менее 2 процентов. Следует отметить, что угловые сварные соединения подвергаются контролю только на наличие поверхностных дефектов, внутренние дефекты при применении ультразвукового метода являются неконтролепригодными.

В научных публикациях неоднократно поднимались вопросы повышения безопасности трубопроводов проектированием систем мониторинга и дистанционного контроля. Целью мониторинга может

являться контроль утечек транспортируемой среды, незаконные врезки, а также определение технического состояния трубопроводов и прогнозирования его безотказной работы.

Для контроля состояния оборудования на наличие дефектов в сварных швах и основном металле как правило применяют неразрушающие методы контроля. По техническому исполнению средства неразрушающего контроля можно разделить на автономные приборы сканирующего типа и комплексные системы [11].

Реализовать систему контроля протяженного объекта возможно с применением комплексного метода интегрального типа. К этой группе можно отнести методы:

- вибрационный,
- тепловой,
- акустической эмиссии.

Данные методы позволяют проводить дистанционный контроль на работающем оборудовании, автоматизировать процесс, построить систему мониторинга технического состояния оборудования.

Из перечисленных методов наиболее подходящим для контроля объектов теплоснабжения является метод акустической эмиссии. Метод основан на применении ультразвуковых волн. Является пассивным методом, то есть, в отличие от активных методов, ультразвуковых волн не излучает – работает только на прием колебаний. Источником же колебаний являются дефекты, которые под нагрузкой (в период работы оборудования) излучают волны. Обладает высокой чувствительностью [53].

В работе Шатило И. А. [57] рассмотрены методы технического диагностирования тепловых сетей. Предложены методы тепловой аэрофотосъемки и внутритрубной диагностики. Считаю, что эти методы обладают недостатками. Первым невозможно будет проверить подземные теплотрассы и трубопроводы, проходящие внутри зданий и каналов. Второй находит применение при контроле магистральных трубопроводов, но при

контроле разветвленных сетей разного диаметра аппарат внутритрубной диагностики может застрять, сбиться с маршрута.

Я считаю, заслуживает внимания эксперимент по поиску дефектов в трубопроводе волнами кручения [61]. На трубопровод был установлен генератор волн кручения частотой 10 кГц. Дефекты на опытных образцах были обнаружены на расстоянии 10 метров от генератора. Однако применение этого метода на практике имеет ограничение. Возбуждаемые волны затухают с расстоянием. И для контроля протяженного объекта потребуется несколько генераторов, работу которых нужно синхронизировать для исключения наложения сигналов.

В работе [55] предложена разбивка тепловых сетей на участки и монтаж на каждом участке систем беспроводной передачи данных (WiFi, Bluetooth, ZigBee) или промышленной проводной (SCADA-системы). Такая технология позволяет с достаточно хорошей точностью места утечек теплоносителя.

Метод акустической эмиссии применяют при проведении технического диагностирования объектов тепловой энергетики. В качестве недостатка метода выделяют сложность интерпретации показаний приборов и необходимость наличия высококвалифицированного персонала. Однако считаю это несущественным недостатком ввиду развития технологий применения искусственного интеллекта, разработка алгоритмов обработки показаний приборов [63].

Метод обладает высокими показателями по обнаружению утечек на трубопроводах и их точных координат [62]. На практике это может сэкономить несколько часов при проведении аварийно-восстановительных работ.

К возможностям метода акустической эмиссии также можно отнести способность прогнозирования развития дефектов, обнаружения на ранней стадии предпосылок для разрушения от усталостной прочности [58].

Работы отечественных и зарубежных исследователей [56], [60] рассматривают характер протекания развития дефектов, накопления усталости металла. В зависимости от стадии развития дефекты излучают волны разной интенсивности и частоты. Применяя различные математические модели, исследователи предложили методику построения прогнозов относительно надежности оборудования [42].

Высокая техническая и экономическая эффективность метода при мониторинге тепловых трасс была обоснована в работе [14]. При расчетах принималось необходимость применения 400 акустических преобразователей на 1 километр теплотрассы. Такого количество преобразователей считаю сильно завышенным. На практике для получения четкого сигнала возможно располагать преобразователи на расстоянии до 100 м [13]. В работе зарубежных исследователей [59] при проведении экспериментов по выявлению дефектов на трубе протяженностью 251,8 м было применено 9 преобразователей. Эксперименты показали хорошие результаты по обнаружению контрольных дефектов в металле теплотрассы.

В исследовании Колесникова Д. А. безопасность эксплуатации трубопроводов было предложено обеспечить построением информационно-организационной системы мониторинга, состоящей из подсистем: диагностического обслуживания, планирования и исполнения технического диагностирования, диспетчерского управления [12]. С учетом закономерности проявления и развития аварий, разработаны методы оценки пожаровзрывоопасного состояния линейной части газопроводов, предложена модель информационного обеспечения, позволяющая минимизировать временные затраты в системах диспетчерского управления и методика мониторинга линейной части магистральных газопроводов.

В работе [1] проведены исследования применения акустической эмиссии для контроля состояния емкостного оборудования и трубопроводов. Рассмотрены способы фильтрации полезных сигналов от шумов, показаны возможности определения координат дефектов и разработана методика

оценки стадии развития дефектов. Также в работе разработана математическая модель оценки количества циклов до разрушения объекта.

Акустическая эмиссия как метод неразрушающего контроля широко применяется при контроле объектов на тепловых электростанциях [15]. В отличие от сканирующих методов акустическая эмиссия позволяет проводить контроль на объекте целиком.

В целях повышения надежности работы системы теплоснабжения предлагается методика, позволяющая оценивать техническое состояние тепловых сетей, на основе мониторинга с применением метода акустической эмиссии. При этом диагностическая аппаратура может применяться по принципу постоянного мониторинга или периодического контроля.

Выводы по разделу.

В результате проведения анализа организации безопасной эксплуатации энергоустановок (на примере котельной) установлено.

Нормативными документами в области промышленной безопасности установлены требования, являющиеся основой безопасной эксплуатации опасных производственных объектов.

Для повышения безопасности и надежности, снижения рисков аварий применяют методы и технологии, основанные на выявлении опасных факторов, разработке процедур предупреждения возникновения инцидентов и аварий, снижении последствий возможных аварий, извлечение уроков из полученного опыта и внедрение новых технологий для повышения надежности объектов.

К одним из методов обеспечения промышленной безопасности относится:

- применение риск-ориентированного подхода, основанного на идентификации и оценке допустимых рисков;
- обслуживание технических устройств, в состав которого входит техническое диагностирование (или экспертиза промышленной безопасности), проведение ремонтных работ.

Существующая практика продления ресурса трубопроводов и тепловых сетей несовершенна. Объем неразрушающего контроля, установленный методиками как достаточный для формирования выводов о техническом состоянии, не представляет полной информации, и вероятность необнаружения критических дефектов очень высока.

Проведение капитальных ремонтов в запланированные сроки без учета особенностей эксплуатации оборудования и его технического состояния может приводить к замене оборудования, не требующего ремонта, либо к выходу оборудования из строя между сроками капитального ремонта.

Разработки отечественных и зарубежных исследователей, ведущиеся в этом направлении, рассматривают как более совершенную систему технического диагностирования трубопроводов – применение мониторинга, основанного на методе акустической эмиссии.

Метод акустической эмиссии позволяет:

- с высокой точностью обнаруживать местоположение утечек теплоносителя;
- выявлять дефекты, в том числе трещины, в основном металле и сварных швах;
- прогнозировать развитие дефектов и оценивать количество циклов нагружения до разрушения объекта;
- в автоматическом режиме передавать информацию о состоянии трубопровода в диспетчерские службы.

3 Экспериментальная апробация внедрения технологий безопасной эксплуатации энергоустановок

3.1 Результаты внедрения технологий безопасной эксплуатации энергоустановок

В целях повышения уровня промышленной безопасности при эксплуатации тепловых энергоустановок, была разработана методика обеспечения промышленной безопасности тепловых сетей, которая была опробована на объектах АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО».

Предприятие осуществляет эксплуатацию 7 котельных, являющихся опасными производственными объектами. В их составе имеется теплоэнергетическое оборудование, указанное в таблице 6.

Таблица 6 – Теплоэнергетическое оборудование АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО»

Наименование котельной	Адрес котельной	Тип котлов	Количество котлов	Установленная мощность котельной, Гкал/час
Котельная № 7	Г. Фрязино, ул. Ленина, д. 39	КВ-ГМ-075-115Н	2	1,137
Котельная № 9	Г. Фрязино, ул. Комсомольская, д. 18	«Турботерм-400»	2	0,688
Котельная № 10	Г. Фрязино, Спортивный пр-д, д. 2а	«Paromat Simplex» - 225	2	0,380
Котельная № 11	Г. Фрязино, Окружной пр-д, д. 10, стр. 2	Logano SK 755 КВ-ГМ 2,32	2 1	5,169
Котельная № 13	Г. Фрязино, ул. Вокзальная, д. 45	ДКВР 10/13	4	30,47
Котельная № 14	Г. Фрязино, ул. Советская, д. 21	ТТ-100-01	4	33,77
Котельная № 15	Г. Фрязино, пр-д Котельный, д. 6, корп. 1	ПТВМ-30М	3	90,0

В качестве топлива в котельных используется природный газ. Все котельные предприятия идентифицированы как ОПО III класса опасности. Подземных газопроводов в эксплуатации не имеется.

В котельных № 11, № 13, № 15 установлено и эксплуатируется оборудование под давлением с температурой воды свыше 115 °С. По причине того, что котельными осуществляется теплоснабжение населения и социально значимых категорий потребителей, данные объекты относятся к III классу опасности ОПО.

Также в эксплуатации у организации находится 98,3 км тепловых сетей. Тепловые сети имеют различные температурные графики, часть из них соответствует критериям отнесения к III классу опасности ОПО.

Перед началом проведения работ был проведен аудит ПБ предприятия, был составлен паспорт безопасности объекта по форме, установленной постановлением Правительства РФ № 1265 [24] (приложение Б).

Особое внимание уделялось состоянию промышленной безопасности на тепловых сетях как подсистеме, обладающей наибольшим риском возникновения аварий.

Результаты аудита позволили провести оценку состояния промышленной безопасности на предприятии, выявить проблемные участки и предложить наиболее подходящее решение для повышения безопасности эксплуатации.

В ходе проведения аудита ОПО на соответствие фактического состояния требованиям промышленной безопасности была рассмотрена имеющаяся проектная, исполнительная, эксплуатационная документация. Были изучены положения, приказы по предприятию, договоры страхования гражданской ответственности и с аварийно-спасательной службой, проверено наличие протоколов аттестации специалистов и персонала, обслуживающего оборудование, эксплуатационных журналов.

При изучении документации было установлено:

- предприятием получена лицензия на эксплуатацию ОПО;

- системы газораспределения и газоснабжения, оборудование, работающее под давлением внесены в реестр ОПО;
- имеется полис страхования гражданской ответственности ОПО;
- сертификаты и разрешения на применение оборудования в соответствии с федеральным законом «О техническом регулировании» имеются;
- проектная документация, заключения экспертизы промышленной безопасности на проектная документация, имеются;
- эксплуатационные паспорта на технические устройства имеются, необходимые записи своевременно вносятся;
- действующие протоколы аттестации руководителя и специалистов, персонала, обслуживающего оборудование, имеются;
- положение о порядке расследования причин, учете, анализе инцидентов на ОПО имеется;
- положение о производственном контроле за соблюдением требований промышленной безопасности имеется;
- ответственные лица назначены приказом по предприятию.

В результате изучения исполнительной документации было установлено частичное отсутствие исполнительной документации на тепловые сети. На отдельные участки отсутствует сварочная документация, протоколы неразрушающего контроля сварных швов, в том числе на сети, находящиеся в непроходных каналах, проходящие под автодорогами.

В результате изучения проектной документации было установлено отсутствие на тепловых сетях станций катодной защиты, в том числе на участках потенциально опасных к возникновению блуждающих токов – пересекающихся с высоковольтными линиями электропередач и подземными электрическими кабелями.

В результате изучения эксплуатационной документации было установлено, что трассы тепловых сетей обходят, колодцы и тепловые камеры осматривают с периодичностью не реже 1 раза в 7 дней.

В соответствии с производственными и инструкциями по эксплуатации теплового оборудования, разработанными на предприятии, целью обходов является выявление фактов утечки теплоносителя, повреждения трубопроводов, арматуры и изоляции, разрушения и загрязнения тепловых камер. В обходах принимают участие 3 бригады по 2–3 человека. Перед началом обходов персонал проходит инструктажи, оформляются наряд-допуски. Водители проходят медицинские освидетельствования.

Технические устройства, находящиеся в эксплуатации у предприятия, проходят периодические технические освидетельствования и экспертизы промышленной безопасности.

Технические освидетельствования тепловых сетей проводились с периодичностью 1 раз в год – силами организации и 1 раз в 3 года – специализированной организацией, состояли из наружных осмотров и гидравлических испытаний пробным давлением. Наружные осмотры проводились в доступных местах, дополнительно проводятся шурфовки – вскрытие грунта в количестве 1–2 на километр теплосети.

В объеме проведенных экспертиз промышленной безопасности проводилось техническое диагностирование теплосетей с периодичностью от 1 раза в 4 года до 1 раза в 6 лет. При этом применялись методы: визуально-оптический, магнитный, цветной, ультразвуковой. Контроль также проводился в доступных местах и в местах шурфовок. Объем контроля составлял не менее 3% сварных швов каждого типоразмера.

В результате изучения ремонтной документации было установлены следующие факты:

- в летний период тепловым сетям проводится капитальный ремонт с частичной заменой отдельных участков;

- в отопительный период имеют место аварийно-восстановительные работы, связанные с инцидентами, результатом которых являются нарушения плотности трубопроводов и утечки теплоносителя;
- имеющиеся у ремонтных служб технические средства не всегда позволяют определить место утечки, погрешность первоначальной шурфовки может составлять до 300 м.

Таким образом в результате анализа состояния промышленной безопасности на АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО» были сделаны следующие выводы:

- ПК за состоянием ПБ осуществляется на высоком уровне: имеется документация, проводятся установленные законодательством мероприятия;
- участки для проведения плановых капитальных ремонтов, связанных с заменой труб, выбираются на основании отработанного срока службы и возникновения утечек, регламентированной процедуры отбора участков не имеется;
- осмотры и техническое диагностирование тепловых сетей не предотвращают возникновение аварий и инцидентов, приводящих к прекращению теплоснабжения.

В целях повышения эффективности отбора участков трубопроводов для вывода в капитальный ремонт АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО» было предложено:

- применять документированную процедуру вывода тепловых сетей в ремонт, основанную на учете технического состояния и условий эксплуатации тепловых сетей;
- применять метод АЭ для повышения информативности о техническом состоянии тепловых сетей;
- использовать алгоритм расчета значений приоритетности риска.

Одним из методов обеспечения безопасной работы опасных производственных объектов, а также предупреждения аварий и инцидентов, является своевременное обслуживание технических устройств, в том числе проведение капитальных и периодических ремонтов.

В целях своевременного и достоверного определения технического состояния и проведения необходимых работ по техническому обслуживанию была разработана методика обеспечения промышленной безопасности тепловых сетей, состоящая из трех этапов (рисунок 7).



Рисунок 7 – Блок-схема этапов методики

В зависимости от полученных результатов контроля и отнесения участка тепловой сети к одной из категорий опасности выполняются действия, приведенные в таблице 7.

На втором этапе проводится идентификация факторов, оказывающих негативное влияние на прочность и надежность тепловых сетей, таких как:

- полнота и своевременность выполнения мероприятий по техническому контролю и диагностике;
- срок эксплуатации, прошедший с последнего капитального ремонта;
- наличие действующей катодной защиты;
- наличие резерва тепловой мощности;
- наличие сведений об авариях и инцидентах за последние 3 года.

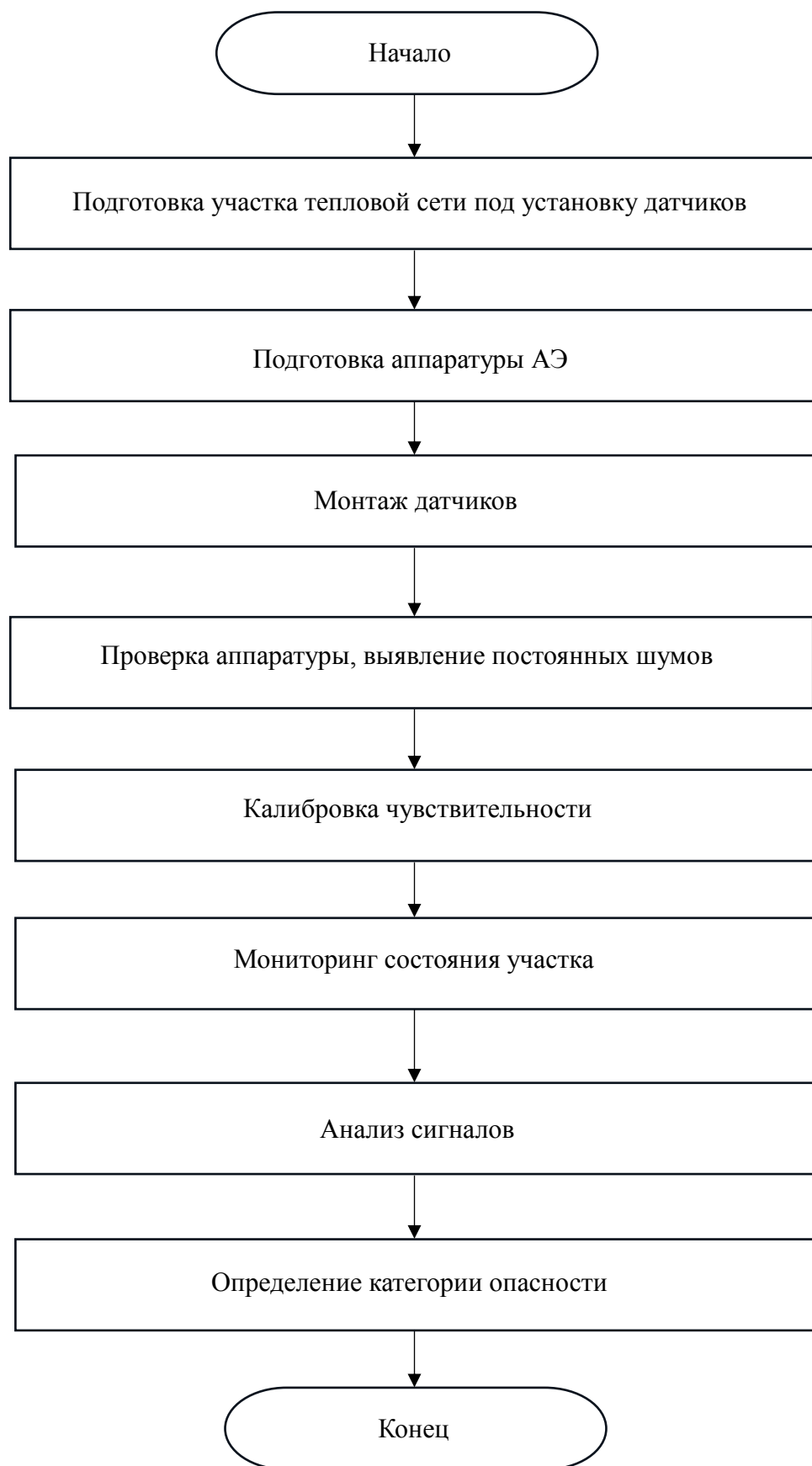


Рисунок 8 – Блок-схема определения категории опасности

Таблица 7 – Рекомендуемые действия по результатам АЭ контроля

Категория опасности	Источник	Класс источника	Рекомендуемые действия
Безопасная	-	-	Участок относится к категории безопасного. Ремонтные работы не требуются.
Малоопасная	Пассивный	I	Параметры сигнала регистрируют, в дальнейшем проводят наблюдение и анализ динамики его развития. Ремонтные работы не требуются.
Опасная	Активный	II	Параметры сигнала регистрируют, следят за развитием ситуации в процессе проведения контроля. Выдают рекомендации по проведению дополнительного контроля с применением других методов НК. Проводят расчет значения приоритетности риска и принимают решение о необходимости проведения ремонтных работ.
Высокоопасная	Критически активный	III	Параметры сигнала регистрируют, следят за развитием ситуации в процессе проведения контроля. Предпринимают меры по подготовке к возможному останову оборудования. Проводят расчет значения приоритетности риска и принимают решение о необходимости проведения ремонтных работ.
Катастрофическая	Катастрофически активный	IV	Параметры сигнала регистрируют, производят немедленное снижение нагрузки до 0. После сброса нагрузки проводят осмотр объекта и при необходимости контроль другими методами НК. Принимают решение о необходимости проведения ремонтных работ.

Третий этап подробно рассмотрен в сборнике конференции МК-2137. На этом этапе «выполняются расчеты значения приоритетности риска, учитывающего особенности системы теплоснабжения и своевременность технического обслуживания. По формуле (3) рассчитывается коэффициент, учитывающий особенности системы теплоснабжения и своевременность технического обслуживания.

$$K = K_t \cdot K_e \cdot K_k \cdot K_r \cdot K_A, \quad (3)$$

где K – коэффициент, учитывающий особенности системы теплоснабжения и своевременность технического обслуживания;

K_t – коэффициент, учитывающий полноту и своевременность выполнения мероприятий по техническому контролю и диагностике ($K_t = 1$ – при своевременном выполнении необходимых мероприятий по контролю,

$K_t = 1,3$ – в случае невыполнения регламентируемых мероприятий по техническому контролю и диагностике);

K_e – коэффициент, учитывающий срок эксплуатации, прошедший с последнего капитального ремонта ($K_e = 1$ – с последнего капитального ремонта прошло менее 10 лет, $K_e = 1,3$ – с последнего капитального ремонта прошло более 10 лет и менее 15 лет, $K_e = 1,7$ – с последнего капитального ремонта прошло более 15 лет);

K_k – коэффициент, учитывающий наличие действующей катодной защиты на теплосети ($K_k = 1$ – в случае отсутствия катодной защиты, $K_k = 0,7$ – в случае наличия катодной защиты);

K_r – коэффициент, учитывающий наличие резерва тепловой мощности ($K_r = 1$ – положительный баланс тепловых мощностей при температуре окружающего воздуха минус 42 °С, $K_r = 0,8$ – положительный баланс тепловых мощностей при температуре окружающего воздуха минус 28 °С, $K_r = 0,5$ – отрицательный баланс тепловых мощностей при температуре окружающего воздуха минус 28 °С);

K_A – коэффициент, учитывающий наличие сведений об авариях и инцидентах за последние 3 года на теплосети ($K_A = 1,5$ – в случае наличия сведений об авариях и инцидентах, $K_k = 1$ – в случае отсутствия аварий и инцидентов за последние 3 года).

Значение приоритетности риска RPN в общем случае определяется по формуле (4).

$$RPN = S \cdot O \cdot D \cdot K, \quad (4)$$

где RPN – значение приоритетности риска;

S – коэффициент, характеризующий тяжесть возможных последствий (1 – отсутствует, 10 – опасная без предупреждения об опасности);

O – коэффициент, характеризующий вероятность появления отказа (1 – для безопасных категорий участков, 10 – для малоопасной категории, 50 – для опасной категории, 90 – для высокоопасной категории, 100 – для катастрофической категории);

D – коэффициент, характеризующий вероятность необнаружения отказа (1 – практически стопроцентно, 10 – практически невозможно);

K – коэффициент, учитывающий особенности системы теплоснабжения и своевременность технического обслуживания» [2].

В целях испытания работоспособности предложенной методики была проведена ее апробация. По результатам изучения проектной и исполнительной документации тепловых сетей были отобраны 3 участка, проходящие под автомобильной дорогой федерального значения с количеством полос движения от четырех до шести.

На отобранные участки частично отсутствовала исполнительная документация в части проведения неразрушающего контроля сварных стыков. Согласно нормативным документам, обязательным для исполнения, участки трубопроводов тепловых сетей, проходящие под автомобильными

дорогами, должны быть проверены физическими методами неразрушающего контроля в объеме 100 %. Провести контроль методами ультразвуковой или радиационной дефектоскопии без вскрытия грунта не представлялось возможным.

В соответствии с предложенной методикой на первом этапе проводился контроль участков методом АЭ. Для проведения испытаний АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО» был заключен договор с подрядной организацией.

При проведении испытаний применялось оборудование:

- комплекс информационно-вычислительный дефектоскопический акустико-эмиссионный A-Line 32 D, число каналов – 8;
- преобразователи GT200 (8 шт.);
- магнитные держатели преобразователей.

Режимы работы оборудования АЭ контроля:

- рабочая полоса частот 0,06 – 0,5 МГц;
- порог по каналам – 40 дБ;
- коэффициент основного усиления по каналам – 30,0 дБ;
- скорость подъема давления в трубопроводе – не более 0,25 кгс/см² в минуту.

По краям автодороги с двух сторон в тепловых камерах были установлены датчики. Расстояние между камерами не превышало 80 м – двух датчиков для каждого участка оказалось достаточно.

На втором этапе аппаратура применялась для поиска дефектов в основном металле труб и в сварных швах. Продолжительность опыта составила 40 минут. В течение этого времени давление в трубопроводе плавно изменялось.

При наличии развивающихся дефектов изменение давления вызывает акустические шумы, фиксируемые датчиками. В результате удалось провести

неразрушающий контроль участков трубопровода, недоступных для вскрытия и контроля сканирующими методами.

Наличие утечек теплоносителя, смоделированных искусственно, аппаратура фиксирует мгновенно.

В результате проведения акустико-эмиссионного контроля участков тепловых сетей АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО» были получены результаты, приведенные в таблице 8. На двух участках были зафиксированы дефекты, требующие внимания и проведения расчетов.

Таблица 8 – Результаты АЭ контроля тепловых сетей

Участок	Категория опасности	Необходимость расчета значения приоритетности риска
Трубопровод под ул. Мира от котельной № 13	Опасная	Да
Трубопровод под ул. Мира от котельной № 14	Малоопасная	Нет
Трубопровод под ул. Мира от котельной № 15	Опасная	Да

Расчет значений приоритетности риска приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет значений приоритетности риска тепловых сетей

Участок	K_t	K_e	K_k	K_r	K_A	S	O	D	RPN
Трубопровод под ул. Мира от котельной № 13	1	1	1	0,5	1	8	50	1	200
Трубопровод под ул. Мира от котельной № 14	1	1	1	0,8	1	7	10	1	56
Трубопровод под ул. Мира от котельной № 15	1	1,7	1	1	1	10	50	1	850

При этом принято:

- капитальный ремонт трубопровода от котельной № 15 проводился 19 лет назад;
- котельные № 13 и № 14 имеют дефицит тепловых мощностей;
- тяжесть возможных последствий учитывает тепловую нагрузку;
- сведения об авариях и инцидентах на данных участках за последние 3 года отсутствуют.

Из полученных при расчете данных установлено, что наибольшее значение приоритетности риска, а значит и приоритет для проведения ремонтных работ имеет участок теплосети от котельной № 15. По сравнению с котельной № 13 более высокий приоритет объясняется более высокой мощностью котельной и, как следствие, более высокой тяжестью возможных последствий, наличием дефицита тепловой мощности при температуре окружающего воздуха минус 28 °С, более длительным отсутствием проведения капитального ремонта.

При наличии технических или финансовых ограничений ремонтные работы следует начинать с теплосети от котельной № 15.

Трубопровод от котельной № 14 в проведении ремонтных работ не нуждается.

Систему АЭ контроля можно применять как систему оповещения и информирования работников потенциально опасного объекта. После завершения испытаний работы системы АЭ контроля были внесены дополнения в паспорт безопасности объекта (приложение В).

В целях стандартизации процедуры проведения оценки тепловых сетей была разработана форма контрольного листа (приложение Г).

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации

Несоблюдение правил промышленной безопасности, отсутствие полной достоверной информации о техническом состоянии трубопроводов

горячей воды может привести к авариям, следствием которых может быть травмирование обслуживающего персонала и случайных прохожих, нарушениям теплоснабжения жилых помещений и важных социально-значимых объектов, а также к крупным материальным потерям.

Ключевыми показателями эффективности планируемых к реализации мероприятий в области промышленной безопасности при эксплуатации тепловых энергоустановок являются такие показатели как: снижение травм и несчастных случаев, скорость локализации аварийных ситуаций и восстановления поврежденных участков в зимнее время, повышение надежности теплоснабжения жилых и социально-значимых объектов.

Эксплуатирующие организации должны следить за исправным состоянием тепловых сетей. С целью выявления дефектов проводятся экспертизы промышленной безопасности, проводятся работы по ремонту и замене дефектных участков. В то же время утечки на подземных трубопроводах без выхода теплоносителя наружу обнаружить затруднительно. Несвоевременное обнаружение дефектных участков и течи теплоносителя приводит к несчастным случаям.

В 2021 году 11-летняя школьница в городе Орехово-Зуево Московской области по дороге в школу провалилась в полость с кипятком, образованную в результате утечки с подземной теплотрассы.

В декабре 2023 года пятеро школьников в городе Южа Ивановской области провалились в яму с кипятком. Проходя по дороге, школьники провалились в образовавшуюся пустоту. Причиной происшествия стал прорыв теплотрассы, который не был вовремя обнаружен и устранен. Горячая вода размыва грунт, не выходя на поверхность.

Неисправность систем наблюдения, оповещения и поддержки действий в случае аварии может приводить к крупным материальным потерям.

В ночь на 4 января 2024 года произошла авария на котельной ОАО «Климовский патронный завод» в городе Подольск Московской области. В результате аварии прекратилось теплоснабжение более 170 многоквартирных домов, социально значимых объектов города, в том числе городской больницы с постоянным пребыванием людей. При наружной

температуре воздуха близкой в минус 40 °С произошло размораживание тепловых сетей и стояков отопления жилых домов. Несколько десятков домов более месяца оставались без отопления. На восстановление инфраструктуры Правительством Московской области было выделено 3 миллиарда рублей.

Одной из причин, приведшей к столь существенным материальным потерям, явилось отсутствие системы оповещения в случае возникновения аварии. Городская диспетчерская служба оказалась не в состоянии вовремя отреагировать на возникшую ситуацию. Трубопроводы и стояки домов, на которых своевременно слили воду, не пострадали и не нуждались в капитальном ремонте.

Основными причинами аварий на ОПО при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением [48], за 9 месяцев 2024 года названы:

- низкий уровень организации и осуществления ПК за соблюдением требований промышленной безопасности;
- низкая производственная дисциплина работников организации, осуществляющей эксплуатацию, обслуживание или ремонт объектов;
- неудовлетворительное состояние технических устройств, зданий (сооружений) и устройств безопасности вследствие ненадлежащей организации эксплуатации.

Наличие у организации положительных результатов неразрушающего контроля и заключения промышленной безопасности не гарантирует надежность эксплуатации оборудования и отсутствие критических дефектов. Объем неразрушающего контроля, проведенного при ЭПБ не позволяет делать достоверные выводы о техническом состоянии трубопроводов.

На все 3 участка тепловых сетей АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО», проконтролированных методом АЭ при апробации, имелись положительные заключения экспертизы промышленной безопасности. Протоколы неразрушающего контроля, имевшиеся в заключении подтверждали отсутствие дефектов и годность к дальнейшей эксплуатации.

Контроль экспертной организацией проводился методами

ультразвуковой толщинометрии, ультразвуковой дефектоскопии, магнитным и визуальным.

Согласно методике контроль проводился выборочно в доступных местах. Участки под автодорогой проконтролировать не представлялось возможным.

Контроль методом АЭ выявил 2 участка под автодорогой, на которых были обнаружены дефекты. В момент контроля не представляющие непосредственную угрозу, но имеющие склонность к развитию.

После ввода в эксплуатацию системы мониторинга тепловых сетей методом АЭ становится возможным регистрировать и определять местоположение утечек, регистрировать отклонения от технологического процесса и передавать информацию аварийным службам, повысить информативность контроля. Снижается необходимость в проведении регулярных обходов и осмотров трасс тепловых сетей и колодцев. Из трех бригад, осуществляющих обходы в АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО», достаточно будет задействовать одну. При этом сократятся затраты рабочего времени и затраты на эксплуатацию автотранспорта.

Рассчитаем экономическую эффективность предложенного решения. В качестве исходных данных примем величину возможного ущерба от аварии на сетях теплоснабжения [51].

Количество населения г. Фрязино составляет 59 тыс. человек, теплоснабжение обеспечивают источники общей мощностью около 150 Гкал. Население микрорайона Климовск г. Подольск составляет 56 тыс. человек, теплоснабжение обеспечивал котел мощностью 100 Гкал.

Системы теплоснабжения г. Фрязино и мкр. Климовск имеют схожие характеристики. Последствия аварии на одной системе можно применить для оценки возможных последствий на другой.

В Климовске было заменено 11 км поврежденных тепловых сетей. При расчетах примем общую протяженность поврежденных сетей в размере 1 км.

Стоимость реализации предложенного решения складывается из стоимости системы АЭ контроля, датчиков, провода и систем связи, затрат на проектирование, монтажных работ. Применение устройств беспроводной

связи предусмотрено для участков теплосети, прокладка провода от которых может быть затруднительна. Примерная смета расходов на внедрение приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Смета расходов на внедрение системы АЭ контроля

Статья затрат	Цена, руб.	Количество	Затраты, руб.
Система АЭ контроля	1250000	1	1250000
Датчик АЭ контроля	6000	1200	7200000
Провод	4	196000	784000
Устройство беспроводной связи	20000	10	200000
Проектные работы	500000	1	500000
Прокладка кабеля связи	100	98000	9800000
Монтаж датчиков	100	1200	120000
Итого	-	-	19854000

Средние затраты на оснащение датчиками 1 км теплосети составят 202591,84 руб.

На поддержание работоспособности системы необходимо предусмотреть эксплуатационные расходы. Перечень статей эксплуатационных расходов приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень статей эксплуатационных расходов

Статья эксплуатационных расходов	Условное обозначение	Единица измерения	Значение показателя
Оплата услуг мобильной связи	Св	Руб./мес.	5000
Оплата услуг по договору сервисного обслуживания системы АЭ контроля	Д	Руб./год	100000

В результате возникновения аварии предприятие может понести материальный ущерб, который будет складываться из следующих статей расходов:

- полные финансовые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, на котором произошла авария;

- расходы на ликвидацию аварии;
- социально-экономические потери, связанные с травмированием и гибелью людей (как персонала организации, так и третьих лиц);
- вред, нанесенный окружающей природной среде;
- косвенный ущерб и потери государства от выбытия трудовых ресурсов.

В качестве исходных данных принято.

Остаточную стоимость уничтоженных основных фондов определяется стоимостью металла в пунктах приема (31 т металла по 12 руб. за кг).

Потери теплоносителя составят 400000 руб. Стоимость восстановительных работ 1 км тепловых сетей в Московской области на 2024 г. составляет 50000000 руб.

В результате аварии прекратилась выработка тепловой энергии в течение 72 часов мощностью 30 Гкал/час. Пострадавших при аварии нет.

Данные, которые были использованы для проведения расчета представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Исходные данные для расчета показателей ущерба от аварии на опасном производственном объекте

Наименование показателя	Условное обозначение	Единица измерения	Значения показателя
1	2	3	4
Остаточная стоимость уничтоженных основных фондов	S_{oi}	руб.	372000
Стоимость ремонта и восстановления поврежденных основных фондов	S_{pi}	руб.	50000000
Ущерб, причиненный продукции предприятия	P_{Ti}	руб.	-
Утилизационная стоимость материальных ценностей	S_{yi}	руб.	-
Ущерб, причиненный сырью и материалам	P_{cj}	руб.	400000

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4
Расходы на расследование аварии	P_p	руб.	30000
Расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии	$P_{л.}$	руб.	120000
Продолжительность простоя объекта	$T_{пр}$	день	3
Заработная плата сотрудников предприятия	$V_{з.п.}$	руб./день	1840
Доля сотрудников, не использованных на работе	A	чел.	4
Условно-постоянные расходы	$V_{у.п.}$	руб./день	1500
Объем i -го вида продукции, недопроизведенной из-за аварии	ΔQ_i	Гкал	2160
Средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии	S_i	руб.	2800
Средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии	B_i	руб.	2300
Нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,5

Проведем оценку ущерба от аварии на опасном производственном объекте.

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах может быть выражен в общем виде формулой (5).

$$P_a = P_{п.п.} + P_{сэ} + P_{н.в.} + P_{экол} + P_{л.а.} + P_{в.т.р.}, \quad (5)$$

где P_a – полный ущерб от аварии, руб.;

$P_{п.п.}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$P_{сэ}$ – социально-экономические потери, руб.;

$P_{н.в.}$ – косвенный ущерб, руб.;

$P_{экол}$ – экологический ущерб, руб.;

$P_{л.а.}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$\Pi_{в.т.р.}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности, руб.

Прямые потери от аварий рассчитываются по формуле (6).

$$\Pi_{п.п.} = \Pi_{о.ф.} + \Pi_{т.м.ц.}, \quad (6)$$

где $\Pi_{о.ф.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения основных фондов, руб.;

$\Pi_{т.м.ц.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно-материальных ценностей, руб.;

$\Pi_{им}$ – потери в результате уничтожения или повреждения имущества третьих лиц, руб.

Потери предприятия от уничтожения или повреждения аварией его основных фондов можно выразить формулой (7).

$$\Pi_{о.ф.} = \Pi_{о.ф.у.} + \Pi_{о.ф.п.}, \quad (7)$$

где $\Pi_{о.ф.у.}$ – потери предприятия в результате уничтожения основных фондов, руб.;

$\Pi_{о.ф.п.}$ – потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб.

Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов определяются по формуле (8).

$$\Pi_{о.ф.у.} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})), \quad (8)$$

где n – число видов уничтоженных основных фондов;

S_{oi} – стоимость замещения или воспроизводства i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.;

S_{mi} – стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.;

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.

Потери предприятия в результате повреждения основных фондов можно рассчитать по формуле (9).

$$П_{о.ф.п.} = \sum_{i=1}^n S_{pi}, \quad (9)$$

где n – число видов поврежденных основных фондов;

S_{pi} – стоимость ремонта i -го вида поврежденных основных фондов, руб.

Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей определяем по формуле (10).

$$П_{т.м.ц.} = \sum_{i=1}^n П_{ti} + \sum_{j=1}^m П_{cj}, \quad (10)$$

где n – число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии;

$П_{ti}$ – ущерб, причиненный i -му виду продукции, изготавливаемой предприятием, руб.;

m – число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии;

$П_{cj}$ – ущерб, причиненный j -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.

Для расчета социально-экономических потерь применяем формулу (11).

$$П_{сэ} = П_{г.п.} + П_{т.п.}, \quad (11)$$

где $\Pi_{г.п.}$ – расходы на компенсации и мероприятия вследствие гибели персонала, руб.;

$\Pi_{т.п.}$ – расходы на компенсации и мероприятия вследствие производственного травматизма персонала, руб.

Для расчета затрат, связанных с гибелью персонала применяем формулу:

$$\Pi_{г.п.} = S_{пог} + S_{п.к.}, \quad (12)$$

где $S_{пог}$ – расходы по выплате пособий на погребение погибших, руб.;

$S_{п.к.}$ – расходы на выплату пособий в случае смерти кормильца, руб.

Затраты, связанные с травмированием персонала определяем по формуле (13).

$$\Pi_{т.п.} = S_{в}, \quad (13)$$

где $S_{в}$ – расходы на выплату пособий по временной нетрудоспособности, руб.

Косвенный ущерб вследствие аварий считаем по формуле (14).

$$\Pi_{н.в.} = \Pi_{н.п.} + \Pi_{з.п.} + \Pi_{ш} + \Pi_{н.п.т.л.}, \quad (14)$$

где $\Pi_{н.п.}$ – часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя, руб.;

$\Pi_{з.п.}$ – зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя, руб.;

$\Pi_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пеней, руб.;

$\Pi_{н.п.т.л.}$ – убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб.

Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя:

$$\Pi_{\text{з.п.}} = (V_{\text{з.п.}} \cdot A + V_{\text{уп}}) \cdot T_{\text{пр}}, \quad (15)$$

где $V_{\text{з.п.}}$ – заработная плата сотрудников предприятия, руб./день;

A – доля сотрудников, не использованных на работе;

$V_{\text{уп}}$ – условно-постоянные расходы, руб./день;

$T_{\text{пр}}$ – продолжительность простоя объекта, дни.

Определим недополученную прибыль в результате простоя:

$$\Pi_{\text{н.п.}} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i), \quad (16)$$

где n – количество видов недопроизведенного продукта (услуги);

ΔQ_i – объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии;

S_i – средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.;

B_i – средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии.

Экологический ущерб будет составлять:

$$\Pi_{\text{экол}} = \mathcal{E}_a + \mathcal{E}_в + \mathcal{E}_п + \mathcal{E}_б + \mathcal{E}_o, \quad (17)$$

где $\mathcal{E}_a$ – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.;

$\mathcal{E}_в$ – ущерб от загрязнения водных ресурсов;

$\mathcal{E}_п$ – ущерб от загрязнения почвы;

$\mathcal{E}_б$ – ущерб, связанный с уничтожением биологических ресурсов, в том числе лесных массивов;

$\mathcal{E}_o$ – ущерб от засорения или повреждения территории обломками, осколками зданий, сооружений, оборудования.

В нашем случае величину экологического ущерба от разлива горячей

воды считаем несущественным и принимаем равным 0.

$$П_{\text{экол}} = 0.$$

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии:

$$П_{\text{л.а.}} = П_{\text{л}} + П_{\text{р}}, \quad (18)$$

где $П_{\text{л}}$ – расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.;

$П_{\text{р}}$ – расходы на расследование аварии, руб.

Проведем расчеты по указанным формулам. В соответствии с формулой (8) потери предприятия в результате уничтожения основных фондов в рублях составят:

$$П_{\text{о. ф. у.}} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} + S_{yi})) = 372000 - (0 + 0) = 372000$$

Определим стоимость ремонта и восстановления поврежденных основных фондов в рублях по формуле (9):

$$П_{\text{о. ф. п.}} = 50000000$$

Таким образом, потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей в соответствии с формулой (10) составят:

$$П_{\text{т. м. ц.}} = \sum_{i=1}^n П_{\text{ти}} + \sum_{j=1}^m П_{\text{сj}} = 0 + 400000 = 400000$$

По формуле (7) рассчитаем потери предприятия от уничтожения или повреждения аварией его основных фондов.

$$\Pi_{\text{о. ф.}} = \Pi_{\text{о. ф. у.}} + \Pi_{\text{о. ф. п.}} = 372000 + 50000000 = 50372000$$

В результате прямые потери в рублях от аварии по формуле (6) составят:

$$\Pi_{\text{п. п.}} = \Pi_{\text{о. ф.}} + \Pi_{\text{т. м. ц}} = 50372000 + 400000 = 50772000$$

По принятым условиям считаем, что погибших и травмированных в результате аварии нет. Принимаем, что социально-экономические потери отсутствуют.

$$\Pi_{\text{г. п.}} = S_{\text{пог}} + S_{\text{п. к.}} = 0$$

$$\Pi_{\text{т. п.}} = S_{\text{в}} = 0$$

$$\Pi_{\text{сэ}} = \Pi_{\text{г. п.}} + \Pi_{\text{т. п.}} = 0$$

Зарплату и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя рассчитаем по формуле (15).

$$\Pi_{\text{з. п.}} = (V_{\text{з. п.}} \cdot A + V_{\text{уп}}) \cdot T_{\text{пр}} = (1840 \cdot 4 + 1500) \cdot 3 = 26580$$

Недополученная прибыль в результате простоя по формуле (16) составит:

$$\Pi_{\text{н. п.}} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i) = 2160 \cdot (2800 - 2300) = 1080000$$

Косвенный ущерб вследствие аварий рассчитывается по формуле (13).

$$П_{н. в.} = П_{н. п.} + П_{з. п.} + П_{ш} + П_{н. п. т. л.} = 1080000 + 26580 + 0 + 0 = 1106580$$

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии в рублях определим по формуле (17).

$$П_{л. а.} = П_{л} + П_{р} = 120000 + 30000 = 150000$$

Полный ущерб от аварии в рублях по формуле (5) составит:

$$\begin{aligned} П_a &= П_{п. п.} + П_{сэ} + П_{н. в.} + П_{экол} + П_{л. а.} + П_{в. т. р.} = \\ &= 50772000 + 0 + 1106580 + 0 + 150000 + 0 = 52028580 \end{aligned}$$

Результаты оценки ущерба от аварии на ОПО внесены в таблицу 13.

Таблица 13 – Сводная форма оценки ущерба от аварии на опасном производственном объекте

Вид ущерба	Сумма, руб.
Прямой ущерб	50772000
Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов	372000
Потери предприятия в результате повреждения основных фондов	50000000
Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно-материальных ценностей	400000
Социально-экономические потери	-
Затраты, связанные с гибелью персонала	-
Затраты, связанные с травмириванием персонала	-
Косвенный ущерб вследствие аварий	1106580
Недополученная прибыль в результате простоя	1080000
Зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя	26580
Экологический ущерб	-
Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии	150000
Ущерб от аварии, всего	52028580

Проведем расчет эффективности мероприятий по предотвращению

техногенных аварий.

Годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности определяем по формуле (19).

$$\mathcal{E} = \Pi_a - \mathcal{Z}, \quad (19)$$

где $\mathcal{Z}$ – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

Π_a – ущерб от аварий на опасных производственных объектах, руб.;

Приведенные затраты рассчитываем по формуле (20).

$$\mathcal{Z} = C + E_n \cdot K, \quad (20)$$

где C – текущие расходы на эксплуатацию сооружения, устройства оборудования, руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

K – инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.

Текущие расходы на эксплуатацию системы АЭ контроля составят:

$$C = C_B + D, \quad (21)$$

где C_B – текущие расходы на оплату услуг мобильной связи, руб.;

D – текущие расходы на оплату услуг по договору сервисного обслуживания системы АЭ контроля, руб.

Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат определяется по формуле (22).

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{E} / \mathcal{Z}. \quad (22)$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности рассчитывается по формуле (23).

$$\Xi_k = (\Xi - C) / K. \quad (23)$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности определяем по формуле (24).

$$T_{\text{ед}} = \frac{3}{\Xi}, \quad (24)$$

где $T_{\text{ед}}$ – срок окупаемости приведенных затрат, год;

3 – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

Ξ – годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.

Текущие расходы на эксплуатацию системы АЭ контроля в рублях по формуле (21) составят:

$$C = C_B + D = 5000 + 100000 = 105000$$

Приведенные затраты в рублях по формуле (20) составят:

$$3 = C + E_H \cdot K = 105000 + 0,5 \cdot 19854000 = 10032000$$

Годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности по формуле (19) в рублях составит:

$$\Xi = \Pi_a - 3 = 52028580 - 10032000 = 41996580$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат по формуле (22) будет равна:

$$\mathfrak{E}_3 = \frac{\mathfrak{E}}{3} = \frac{41996580}{10032000} = 4,19$$

Определим общую (абсолютную) экономическую эффективность инвестиций на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности по формуле (23).

$$\mathfrak{E}_k = \frac{\mathfrak{E} - C}{K} = \frac{41996580 - 105000}{0,5} = 83783160$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности по формуле (24) в годах будет составлять:

$$T_{ед} = \frac{3}{\mathfrak{E}} = \frac{10032000}{41996580} = 0,24$$

Результаты расчетов внесены в таблицу 14.

Таблица 14 – Эффективность мероприятий по предотвращению техногенных аварий

Показатель эффективности	Сумма, руб.
Годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности	41996580
Общая (абсолютная) экономическая эффективность приведенных затрат	4,19
Приведенные затраты	10032000
Общая (абсолютная) экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности	83783160
Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности	0,24

Расчеты расчетов показывают высокую экономическую эффективность предлагаемого метода. Общая экономическая эффективность приведенных затрат превысит 1,0 и будет составлять 4,19. Срок окупаемости затрат составляет менее 1 года.

Выводы по разделу.

Испытания системы контроля трубопроводов методом акустической эмиссии доказали ее работоспособность. Обнаружение утечек теплоносителя осуществляется мгновенно. Для контроля дефектов и несплошностей металла труб необходимо изменение давления в трубопроводе. Процесс контроля может достигать 40 минут. Выявляемость и определение координат дефектов методом АЭ является удовлетворительным.

Расчеты значений приоритетности риска позволяют оценивать необходимость и определять очередность проведения ремонтных работ с учетом реальных условий эксплуатации.

Проведенные расчеты показывают высокую экономическую эффективность предлагаемых к реализации мероприятий.

Ключевыми показателями эффективности планируемых к реализации мероприятий в области промышленной безопасности при эксплуатации тепловых сетей будут такие показатели как: снижение травм и несчастных случаев, скорость локализации аварийных ситуаций и восстановления поврежденных участков в зимнее время, а также повышение надежности теплоснабжения жилых и социально-значимых объектов.

Введение в эксплуатацию системы мониторинга технического состояния тепловых сетей с учетом последних достижений науки и техники может значительно улучшить ситуацию по всем ключевым показателям.

Заключение

В первом разделе проведен анализ эксплуатации энергоустановок на примере котельной. Проведен анализ статистики аварий на оборудовании, работающем под давлением. В результате было установлено.

При эксплуатации котельных применяют технологические циклы, связанные с подготовкой исходной воды, подготовкой и подачей топлива, нагревом воды, транспортировкой горячей воды потребителю, удалением дымовых газов, обслуживанием оборудования.

Применяют сертифицированное оборудование и материалы, обладающие высокой прочностью и пластичностью, способные выдерживать высокую температуру и циклические нагрузки.

В Московской области большинство котельных, являющихся опасными производственными объектами, относятся к III классу опасности и обладают признаками опасности: транспортировка природного газа или эксплуатация оборудования, работающего под давлением, в целях осуществления теплоснабжения населения и социально значимых объектов.

Наибольший риск возникновения инцидентов и аварий согласно статистике и расчетов приходится на тепловые сети.

Более 50 % аварий происходят по причине неудовлетворительного технического обслуживания.

Во втором разделе проведен анализ организации безопасной эксплуатации энергоустановок на примере котельной. Рассмотрены организационные вопросы обеспечения промышленной безопасности энергоустановок, методы предупреждения аварий и инцидентов на энергоустановках. В результате установлено.

Для обеспечения безопасной эксплуатации разработан ряд нормативных документов и процедур. Применяются технологии, направленные на предотвращение аварий и инцидентов, локализацию и минимизацию их последствий, извлечение уроков из происшествий.

Несоблюдение организациями требований промышленной безопасности при эксплуатации тепловых энергоустановок может привести к материальным потерям, к травмам персонала и посторонних лиц, прекращению теплоснабжения жилых и социально-значимых объектов.

Соблюдение всех установленных требований в области промышленной безопасности также не гарантирует безаварийную работу. Существующая практика технического обслуживания трубопроводов и тепловых сетей не совершенна. Решение о техническом состоянии трубопроводов, необходимости проведения ремонтных работ или возможности продления ресурса принимается на основании результатов контроля 2 % сварных швов.

Наличие системы мониторинга, основанной на постоянном или периодическом контроле наиболее уязвимых систем и узлов, может значительно повысить достоверность результатов технического диагностирования и снизить риск возникновения аварийной ситуации.

Учитывание при оценке технического состояния трубопроводов и тепловых сетей особенностей эксплуатации и имеющихся проектных решений может повысить точность оценки существующих рисков.

В третьем разделе описаны результаты экспериментальной апробации внедрения технологий безопасной эксплуатации энергоустановок, проведен расчет эффективности мероприятий.

Результаты апробации методики контроля тепловых сетей методом акустической эмиссии с применением оценки значений приоритетности риска показали удовлетворительные результаты с технической стороны. Расчеты эффективности показали высокую эффективность с экономической и социальной сторон.

Принятие в эксплуатацию системы АЭ контроля тепловых сетей предоставляет следующие возможности:

- трубопроводы и тепловые сети контролируются неразрушающими методами в объеме 100 %;
- вероятность возникновения инцидентов и аварий снижается;

- обнаружение утечки и ее местонахождение определяется с высокой точностью;
- ремонты трубопроводов производятся на основании сведений о реальном их техническом состоянии;
- в случае аварии происходит автоматизированное оповещение заинтересованных сторон;
- частота обходов трасс тепловых сетей может быть снижена.

Применение системы позволит улучшить ситуацию по ключевым показателям эффективности в области промышленной безопасности:

- снижение количества травм и несчастных случаев;
- скорость локализации аварийных ситуаций и восстановления поврежденных участков в зимнее время;
- повышение надежности теплоснабжения жилых и социально-значимых объектов.

Задачи, поставленные перед началом исследования, выполнены в полном объеме. Поставленная цель по разработке мероприятий повышения промышленной безопасности при эксплуатации объекта теплоснабжения АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО» с учетом специфики предприятия достигнута.

При работе над исследованием учитывались лучшие разработки последнего времени отечественных и зарубежных исследователей в данной области. Продолжающиеся исследования ученых по всему миру в области мониторинга технического состояния трубопроводов и тепловых сетей методами НК, разработки методик по оценке рисков, показывают актуальность и важность работ в данной области.

Результаты исследования диссертации могут быть применены для внедрения как на отдельном предприятии, так и на системах теплоснабжения городов, районов или областей. Результаты мониторинга могут одновременно выводиться на дисплеи организаций, диспетчерских служб, аварийных формирований, надзорных органов.

Список используемых источников

1. Барат В.А. Развитие метода акустической эмиссии за счет автоматизации обработки данных, повышения помехоустойчивости и достоверности обнаружения трещиноподобных дефектов металлоконструкций // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», 2019.
2. Беспяткин А. Н. Модель анализа рисков аварий системы теплоснабжения // Актуальные вопросы общества, науки и образования: сборник статей XVI Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 октября 2024 года. – Пенза: Наука и Просвещение, 2024, МК-2137 С. 37-40.
3. ГОСТ Р 12.0.007-2009 ССБТ. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071037> (дата обращения: 27.04.2025).
4. ГОСТ 12.0.230-2007 ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200052851> (дата обращения: 27.04.2025).
5. ГОСТ Р 54934-2012 / OHSAS 18001 : 2007 Системы менеджмента здоровья и безопасности на производстве. Требования [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094433> (дата обращения: 27.04.2025).
6. ГОСТ Р ИСО 9001-2008 Системы менеджмента качества. Требования [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200068732> (дата обращения: 27.04.2025).
7. Документ с сайта Министерства энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс] — URL: https://minenergo.gov.ru/upload/iblock/166/Doklad_po_teplyu_za_2021_god.pdf (дата обращения: 28.04.2024).

8. Документ с сайта Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс] — URL: <https://www.gosnadzor.ru/> (дата обращения: 28.04.2024).

9. Емельянова В.А., Соколова Е.В. Исследование риска аварий на объекте теплоснабжения и разработка комплекса мероприятий по повышению безопасности его функционирования // Проблемы анализа риска. Т. 17. 2020. №3. С. 44—55.

10. Инструкция по продлению срока службы трубопроводов II, III и IV категорий. Приказ Минэнерго России от 30.06.2003 № 275. [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200036498>.

11. Клюев Неразрушающий контроль и диагностика. М.: Машиностроение, 1995. 488 с.

12. Колесников Д.А. Методика мониторинга пожаровзрывобезопасности линейной части магистральных газопроводов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2020.

13. Кузьмин А.Н., Жуков А.В., Давыдова Д.Г., Шитов Д.В., Аксельрод Е.Г., Кац В.А. Акустико-эмиссионный контроль при оценке технического состояния оборудования нефтегазового комплекса // В мире неразрушающего контроля, 2017 том 20 № 1 – С. 71–80.

14. Кутень М. М. Возможности применения акустико-эмиссионного метода контроля в системе мониторинга состояния трубопроводов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, 2021. № 4(84). – С. 144-153. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_4_144.

15. Методика проведения акустико-эмиссионного контроля при испытаниях трубопроводов тепловых сетей на герметичность и прочность. РД 34.17.444-91. М.: РАО ЕЭС России, 1998. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294817/4294817122.pdf> (дата обращения: 21.04.2024).

16. Методические указания по проведению технического освидетельствования металлоконструкций паровых и водогрейных котлов. РД 10-210-98. Руководящий документ. [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006870> (дата обращения: 27.04.2025).

17. Методические указания по проведению технического освидетельствования паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды (РД 03-29-93). Постановление Госгортехнадзора России от 23.08.93 № 30. [Электронный ресурс] — URL: cntd.ru (дата обращения: 27.04.2025).

18. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением (ТР ТС 032/2013). Технический регламент Таможенного союза [Электронный ресурс] — URL: cntd.ru/ (дата обращения: 27.04.2025).

19. О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса. Федеральный закон от 21.07.2011 № 256-ФЗ [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/902021711> (дата обращения: 27.04.2025).

20. О безопасности. Федеральный закон от 28.12.2010 № 390-ФЗ [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/902253576> (дата обращения: 27.04.2025).

21. Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте Федеральный закон от 27.07.2010 № 225-ФЗ [Электронный ресурс] — URL: <http://docs.cntd.ru/document/902228214> (дата обращения: 27.04.2025).

22. Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.12.2020 № 2168 [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191668/titles/2664O5D> (дата обращения: 27.04.2025).

23. Об основах государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую

перспективу. Указ Президента Российской Федерации от 6 мая 2018 г. № 198 [Электронный ресурс] — URL: <https://base.garant.ru/71936636/> (дата обращения: 27.04.2025).

24. Об утверждении Правил разработки и формы паспорта безопасности потенциально опасного объекта. Постановление Правительства РФ от 14.07.2022 № 1265 [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1300794380> (дата обращения: 27.04.2025).

25. Об утверждении Руководства по безопасности. Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах. Приказ Ростехнадзора от 03.11.2022 № 387 [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1300154647> (дата обращения: 27.04.2025).

26. Об утверждении требований к документационному обеспечению систем управления промышленной безопасностью. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.08.2020 № 1243 [Электронный ресурс] — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406491867/> (дата обращения: 27.04.2025).

27. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Основные требования к проведению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах. Приказ Ростехнадзора от 01.12.2020 № 478 [Электронный ресурс] — URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=379554> (дата обращения: 27.04.2025).

28. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 531 [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573264156> (дата обращения: 27.04.2025).

29. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Правила осуществления эксплуатационного контроля металла и продления срока службы основных элементов котлов и трубопроводов тепловых электростанций. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 535. [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275679> (дата обращения: 27.04.2025).

30. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности. Приказ Ростехнадзора от 20.10.2020 № 420. [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053315> (дата обращения: 27.04.2025).

31. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 536. [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275722> (дата обращения: 27.04.2025).

32. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 № 519 [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573264187> (дата обращения: 27.04.2025).

33. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации. Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/565415215> (дата обращения: 27.04.2025).

34. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2003 № 794 [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901884206> (дата обращения: 27.04.2025).

35. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/9009935> (дата обращения: 27.04.2025).

36. О лицензировании отдельных видов деятельности. Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/902276657> (дата обращения: 27.04.2025).

37. О пожарной безопасности. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/9028718> (дата обращения: 27.04.2025).

38. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ [Электронный ресурс] — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения: 27.04.2025).

39. О расследовании причин аварийных ситуаций при теплоснабжении. Постановление Правительства от 02.06.2022 № 1014 [Электронный ресурс] — URL: <https://base.garant.ru/404786269/> (дата обращения: 27.04.2025).

40. О техническом регулировании. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901836556> (дата обращения: 27.04.2025).

41. О федеральном государственном надзоре в области промышленной безопасности. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.06.2021 № 1082 [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/607141241> (дата обращения: 27.04.2025).

42. Перветаилов О.Г. Прогнозирование усталостной долговечности объектов транспорта и хранения углеводородов по результатам акустико-эмиссионных испытаний. // Транспорт и хранение углеводородов : Тезисы докладов IV Международной научно-технической конференции молодых

учёных, Омск, 21 апреля 2023 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2023. – С. 139-142.

43. Положение о Федеральной службе по экологическому технологическому и атомному надзору. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.07.2004 № 401 [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901904850> (дата обращения: 27.04.2025).

44. Попырин Л.С. Природно-техногенные аварии в системах теплоснабжения // Вестник Российской академии наук. - 2000. - Т. 70. - № 7. - с. 604 - 610.

45. Правила по охране труда при эксплуатации объектов теплоснабжения и теплопотребляющих установок. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 17.12.2020 № 924н. [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573264178> (дата обращения: 27.04.2025).

46. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. Госэнергонадзор Минэнерго России. ЗАО «Энергосервис». М. : ЗАО «Энергосервис», 2003. 264 с.

47. Приказ Ростехнадзора от 14.11.2016 № 471 «Об утверждении формы акта о причинах и об обстоятельствах аварии на опасном объекте и формы извещения об аварии на опасном объекте [Электронный ресурс] — URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=285312> (дата обращения: 27.04.2025).

48. Программа профилактики рисков причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям при осуществлении федерального государственного надзора в области промышленной безопасности на 2025 год. Приказ Ростехнадзора от 13.12.2024 № 393 [Электронный ресурс] — URL: <https://www.gosnadzor.ru/> (дата обращения: 27.04.2025).

49. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. ГОСТ 31385–2023.

[Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1302050679> (дата обращения: 27.04.2025).

50. Резервуары стальные горизонтальные для нефтепродуктов. Технические условия. ГОСТ 17032–2022. [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200189323> (дата обращения: 27.04.2025).

51. Руководство по безопасности. Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах. Приказ Ростехнадзора от 03.11.2022 № 387 [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1300154647> (дата обращения: 27.04.2025).

52. Сергеев А.В. Справочное учебное пособие для персонала котельных. С.-П.: ДЕАН, 2002. 256 с.

53. Субарева А.Ю., Васичкина В.В. Преимущества и недостатки методов технической диагностики промысловых трубопроводов.

54. Требования к форме предоставления сведений об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 № 518. [Электронный ресурс] — URL: [cntd.ru/](https://docs.cntd.ru/document/1300154647) (дата обращения: 27.04.2025).

55. Финогеев А. Г., Дильман В. Б., Маслов В. А., Финогеев А. А. Оперативный дистанционный мониторинг в системе городского теплоснабжения на основе беспроводных сенсорных сетей. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2010. – № 3(15). – С. 27-36

56. Фролов С.Г., Корилов А.М. Обнаружение и локализация дефектов в трубопроводных сетях // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2019. – Т. 22, № 3. – С. 23-28. – DOI 10.21293/1818-0442-2019-22-3-23-28.

57. Шатило И.А. Методы технического диагностирования состояния трубопроводов тепловых сетей. // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова: Сборник докладов, Белгород, 16–17

мая 2023 года. Том Часть 14. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 354-358.

58. Franziska Baensch, Wolfram Baer, Peter Wossidlo, Abdel Karim Habib. Damage evolution detection in a pipeline segment under bending by means of acoustic emission. International Journal of Pressure Vessels and Piping, Volume 201, 2023, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308016122002484> (дата обращения: 21.04.2024).

59. Hyon Wook Ji, Hongcheol Lee, Inju Hwang, Supervised learning-based classification of acoustic emission and vibration signal for identifying condition change of district heating system, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224123009521> (дата обращения: 21.04.2024).

60. Eva Martinez-Gonzalez, Ingrid Picas, Jordi Romeu1 and Daniel Casellas. Filtering of Acoustic Emission Signals for the Accurate Identification of Fracture Mechanisms in Bending Tests, URL: <https://www.jstage.jst.go.jp/> (дата обращения: 21.04.2024).

61. Kharrat M., Zhou W., Bareille O., Ichchou M. Defect detection in pipes by torsional guided-waves: a tool of recognition and decision-making for the inspection of pipelines. Proceedings of the 8th International Conference on Structural Dynamics, Leuven, Belgium, 2011. URL: <https://www.researchgate.net/publication/267736266> (дата обращения: 21.04.2024).

62. M. Selesnev, A. Weidner Detection of early fatigue damage during ultrasonic fatigue testing of steel by acoustic emission monitoring, International Journal of Fatigue, Volume 185, 2024, URL: <https://www.sciencedirect.com/> (дата обращения: 21.04.2024).

63. Niamat Ullah, Zahoor Ahmed, Jong-Myon Kim. Pipeline Leakage Detection Using Acoustic Emission and Machine Learning Algorithms. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/6/3226> (дата обращения: 21.04.2024).

Приложение А

Структурная схема городской системы теплоснабжения

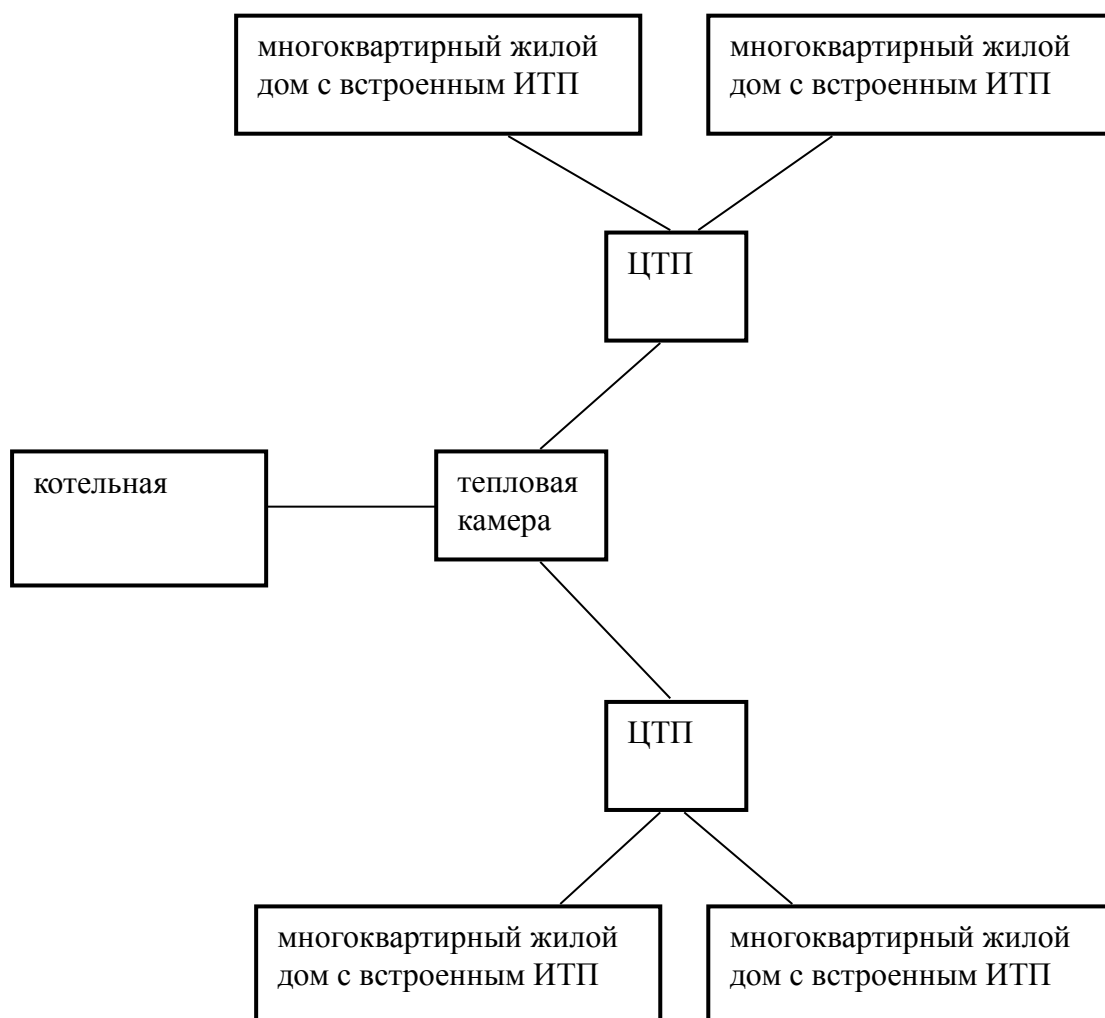


Рисунок А.1 – Структурная схема городской системы теплоснабжения

Приложение Б

**Паспорт безопасности потенциально опасного объекта до внедрения
технологий**

ПАСПОРТ

безопасности потенциально опасного объекта

Система теплоснабжения городского округа Фрязино
АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО»

Фрязино

-

2024

1 Общие сведения о потенциально опасном объекте

1.1 Краткие сведения об организации, которой принадлежит на праве собственности либо на основании договора аренды потенциально опасный объект (ПОО):

1.1.1 Полное и сокращенное наименование организации: акционерное общество «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО» (АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО»)

1.1.2 Телефоны должностных лиц подразделений организации, обеспечивающих деятельность организации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС), управления силами и средствами, предназначенными и привлекаемыми для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, осуществления обмена информацией и оповещения населения о чрезвычайной ситуации (таблица Б.1).

Таблица Б.1 – Телефоны должностных лиц подразделений организации

Наименование должности по штатному расписанию организации	Фамилия, имя, отчество	Телефон (городской, служебный)
Диспетчерская служба		
Диспетчер	Дежурный	3-43-26
Служба эксплуатации		
Главный инженер	Краснов Валентин Павлович	3-43-04
Начальник отдела эксплуатации	Никитин Сергей Николаевич	3-45-28

1.1.3 Основной государственный регистрационный номер организации (ОГРН): 1105050008194.

1.2 Краткие сведения о потенциально опасном объекте.

1.2.1 Полное и сокращенное наименование потенциально опасного объекта: система теплоснабжения городского округа Фрязино Московской области.

1.2.2 Категория опасности потенциально опасного объекта: малоопасная.

1.2.3 Сведения об адресе (месте нахождения) потенциально опасного объекта (таблица Б.2).

Таблица Б.2 – Сведения об адресе (месте нахождения)

Полный почтовый адрес	Фактический адрес	Идентификационный код по ОКТМО	Описание местоположения земельного участка ПОО (на основании данных Единого государственного реестра недвижимости)
141195, Московская область, город Фрязино, Полевая ул., д. 11а	141195, Московская область, город Фрязино, Полевая ул., д. 11а	46700000	Участок высокэтажной городской застройки

2 Сведения о силах и средствах организации, предназначенных для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

2.1 Сведения о наличии в организации профессиональных аварийно-спасательных служб (формирований), нештатных аварийно-спасательных формирований, нештатных формирований по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне.

2.1.1 Сведения о профессиональных аварийно-спасательных службах (формированиях) организации: заключен договор с аварийно-спасательным отрядом по Московской области.

2.1.2 Сведения о нештатных аварийно-спасательных формированиях организации: отсутствуют.

2.1.3 Сведения о нештатных формированиях по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне организации: отсутствуют.

2.2 Сведения о наличии в организации локальных (объектовых) систем оповещения (ЛСО) и информирования работников потенциально опасного объекта и населения, попадающих в зоны чрезвычайной ситуации от поражающих факторов потенциально опасного объекта (таблица Б.3).

Таблица Б.3 – Сведения о наличии в организации локальных систем оповещения и информирования работников

Наименование систем оповещения	Наименование используемой аппаратуры оповещения	Количество используемой аппаратуры оповещения (единиц)	Адрес (место установки) используемой аппаратуры оповещения	Сопряженность ЛСО с ТАСЦО (РАСЦО) (да/нет)
Отсутствует	-	-	-	-

2.3 Сведения о создании и наличии в организации резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций.

2.3.1 Наименование, дата принятия и номер организационно-распорядительного документа, регламентирующего создание резерва финансовых ресурсов: приказ о создании резерва финансовых ресурсов от 14 марта 2024 г. № 206.

2.3.2 Наименование, дата принятия и номер организационно-распорядительного документа, регламентирующего создание резерва материальных ресурсов: приказ о создании резерва материальных ресурсов от 14 марта 2024 г. № 207.

2.4 Сведения о пожарной охране организации: отсутствует.

Приложение В

Паспорт безопасности потенциально опасного объекта после внедрения технологий

ПАСПОРТ

безопасности потенциально опасного объекта

Система теплоснабжения городского округа Фрязино
АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО»

Фрязино

-

2024

1 Общие сведения о потенциально опасном объекте

1.1 Краткие сведения об организации, которой принадлежит на праве собственности либо на основании договора аренды потенциально опасный объект (ПОО):

1.1.1 Полное и сокращенное наименование организации: акционерное общество «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО» (АО «ТЕПЛОСЕТЬ ФРЯЗИНО»)

1.1.2 Телефоны должностных лиц подразделений организации, обеспечивающих деятельность организации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС), управления силами и средствами, предназначенными и привлекаемыми для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, осуществления обмена информацией и оповещения населения о чрезвычайной ситуации (таблица В.1).

Таблица В.1 – Телефоны должностных лиц подразделений организации

Наименование должности по штатному расписанию организации	Фамилия, имя, отчество	Телефон (городской, служебный)
Диспетчерская служба		
Диспетчер	Дежурный	3-43-26
Служба эксплуатации		
Главный инженер	Краснов Валентин Павлович	3-43-04
Начальник отдела эксплуатации	Никитин Сергей Николаевич	3-45-28

1.1.3 Основной государственный регистрационный номер организации (ОГРН): 1105050008194.

1.2 Краткие сведения о потенциально опасном объекте.

1.2.1 Полное и сокращенное наименование потенциально опасного объекта: система теплоснабжения городского округа Фрязино Московской области.

1.2.2 Категория опасности потенциально опасного объекта: малоопасная.

1.2.3 Сведения об адресе (месте нахождения) потенциально опасного объекта (таблица В.2).

Таблица В.2 – Сведения об адресе (месте нахождения)

Полный почтовый адрес	Фактический адрес	Идентификационный код по ОКТМО	Описание местоположения земельного участка ПОО (на основании данных Единого государственного реестра недвижимости)
141195, Московская область, город Фрязино, Полевая ул., д. 11а	141195, Московская область, город Фрязино, Полевая ул., д. 11а	46700000	Участок высокоэтажной городской застройки

2 Сведения о силах и средствах организации, предназначенных для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

2.1 Сведения о наличии в организации профессиональных аварийно-спасательных служб (формирований), нештатных аварийно-спасательных формирований, нештатных формирований по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне.

2.1.1 Сведения о профессиональных аварийно-спасательных службах (формированиях) организации: заключен договор с аварийно-спасательным отрядом по Московской области.

2.1.2 Сведения о нештатных аварийно-спасательных формированиях организации: отсутствуют.

2.1.3 Сведения о нештатных формированиях по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне организации: отсутствуют.

2.2 Сведения о наличии в организации локальных (объектовых) систем оповещения (ЛСО) и информирования работников потенциально опасного объекта и населения, попадающих в зоны чрезвычайной ситуации от поражающих факторов потенциально опасного объекта (таблица В.3).

Таблица В.3 – Сведения о наличии в организации локальных систем оповещения и информирования работников

Наименование систем оповещения	Наименование используемой аппаратуры оповещения	Количество используемой аппаратуры оповещения (единиц)	Адрес (место установки) используемой аппаратуры оповещения	Сопряженность ЛСО с ТАСЦО (РАСЦО) (да/нет)
АЭ контроль	A-Line 32 D	1	141195, Московская область, город Фрязино, Полевая ул., д. 11а	нет

2.3 Сведения о создании и наличии в организации резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций.

2.3.1 Наименование, дата принятия и номер организационно-распорядительного документа, регламентирующего создание резерва финансовых ресурсов: приказ о создании резерва финансовых ресурсов от 14 марта 2024 г. № 206.

2.3.2 Наименование, дата принятия и номер организационно-распорядительного документа, регламентирующего создание резерва материальных ресурсов: приказ о создании резерва материальных ресурсов от 14 марта 2024 г. № 207.

2.4 Сведения о пожарной охране организации: отсутствует.

Приложение Г

Форма контрольного листа

Таблица Г.1 – Результаты контроля

Участок	Класс источника	Описание сигнала	Необходимость расчета значения приоритетности риска (да/нет)

Таблица Г.2 – Расчет значений приоритетности риска

Участок	K _t	K _e	K _k	K _r	K _A	S	O	D	RPN