



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

ООП Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Модернизация микропроцессорной системы управления котельной на жидком топливе

УДК 004.31:681.5:621.182

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т91	Ларина Анастасия Валерьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР ИШИТР	Филипас Александр Александрович	Руководитель ОАР ИШИТР, к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Юдахина О.Б.	Доцент ШИП, к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева И.Л.			

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Кучман А.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин М.В.	Доцент ОАР ИШИТР, к.т.н		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественно-научные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	

ПК(У)-1	Способность к формированию технических требований и заданий на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей
ПК(У)-2	Способность к математическому моделированию процессов и объектов оплотехники и их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	"способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования"
ПК(У)-5	"способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам"
ПК(У)-6	способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-7	"способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем"
ПК(У)-8	способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством

ПК(У)-9	способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	"способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования"
ПК(У)-18	"способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством"
ПК(У)-19	"способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами"
ПК(У)-20	"способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций"
ПК(У)-21	"способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств,

	автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством"
ПК(У)-22	"способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения"

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т91	Ларина Анастасия Валерьевна

Тема работы:

Модернизация микропроцессорной системы управления котельной на жидком топливе	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 34-91/с от 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	05.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: блочно-модульная котельная для предприятия; Цель работы: является улучшение характеристик, систем автоматизации котельного оборудования на базе российских электронных компонентов; Режим работы: непрерывный.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	Введение; Анализ задач; Описание математической модели; Разработка мнемосхем; Противоаварийная защита; Выбор оборудования; Концепция стартап-проекта; Социальная ответственность.
Перечень графического материала	Алгоритм работы подсистемы регулирования; Экранная форма; Система теплоснабжения с регулятором; Блок схема.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Концепция стартап - проекта	Юдахина Ольга Борисовна, доцент ШИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна, старший преподаватель ООД

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР ИШИТР	Филипас Александр Александрович	Руководитель ОАР ИШИТР, к.т.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т91	Ларина Анастасия Валерьевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения Весенний семестр 2022/2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т91	Ларина Анастасия Валерьевна

Тема работы:

Модернизация микропроцессорной системы управления котельной на жидком топливе
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
02.06.2023 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
05.06.2023 г.	Раздел «Концепция стартап-проекта»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР ИШИТР	Филипас А.А.	Руководитель ОАР ИШИТР, к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	Доцент ОАР ИШИТР, к.т.н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т91	Ларина Анастасия Валерьевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 107 страниц, 17 таблиц, 24 рисунка и 33 литературных источников.

Ключевые слова: дизельная котельная, дизельное топливо, автоматизация, автоматизация котельного оборудования, математическая модель, АСУ ТП, АСУ ТП котельных.

Объект исследования – объектом исследования бакалаврской работы является блочно-модульная котельная для предприятия Амурского газоперерабатывающего завода.

Целью работы является улучшение характеристик, систем автоматизации котельного оборудования на базе российских электронных компонентов.

В ходе данной работы проводилось математическое моделирование дизельной котельной, а также изучение факторов, влияющих на изменение температуры прямой и обратной воды.

Были разработаны мнемосхемы котельной на дизельном топливе, а также разработана мнемосхема на базе программного обеспечения SCADA - Текон, для контроллера Текон.

Данная работа имеет практическое значение для повышения эффективности работы автоматизированной дизельной котельной на базе контроллера Текон и эффективного распределения и использования тепла потребителями.

Область применения: автоматизация, дизельные котельные, теплоэнергетика, нефтедобывающая отрасль.

Содержание

Реферат.....	9
Введение.....	13
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ.....	14
1 ТРЕБОВАНИЕ К СИСТЕМЕ.....	15
1.1 Общие системные требования.....	15
1.2 Требования к техническому обеспечению	15
1.3 Требования к метрологическому обеспечению	17
1.4 Требования к программному обеспечению.....	19
1.5 Требования к математическому обеспечению.....	20
2 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	24
2.1 Виды котельных	24
2.1.1 Твёрдотопливные котельные.....	24
2.1.2 Дизельная котельная.....	25
2.1.3 Газовые котельные.....	26
2.1.4 Электрические котельные	27
2.2 Автоматизация котельного оборудования	28
2.2.1 Алгоритм управления.....	32
3 ПРИНЦИП РАБОТЫ.....	37
3.1 Описание котельной	37
3.2 АСУ ТП котельных.....	37
3.3 Архитектура.....	39
3.4 Технологические защиты	40
3.4.1 Автоматическое регулирование	41
3.5 Управление исполнительными механизмами (ИМ).....	43
3.6 Проектирование автоматизированных систем технологической безопасности.....	44

3.6.1 Идентификация опасности. Анализ опасности.	44
3.6.2 Определение необходимого уровня безопасности процесса	48
4 РАСЧЕТ ИССЛЕДУЕМОЙ МОДЕЛИ	50
4.1 Расчет систем теплоснабжения	50
4.2 Расчет тепловых сетей.....	52
4.2.1 Тепловой расчет	52
4.3 Описание математической модели.....	55
4.3.1 Разработка системы автоматического управления.....	59
4.4 Моделирование процесса.....	61
5 СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	65
5.1 Технические характеристики котельной	65
5.2 Выбор контроллера.....	65
5.3 Выбор датчика температуры.....	68
5.4 Выбор датчика давления	69
6 КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП-ПРОЕКТА	72
6.1 Описание продукта как результата НИР	72
6.2 Целевые сегменты.....	77
6.3 Объем и емкость рынка	81
6.4 Расчет капитальных затрат на модернизацию системы управления котельной на жидком топливе	82
6.5 Бизнес-модель	86
6.6 Интеллектуальная собственность.....	88
6.7 Стратегия продвижения продукта на рынок.....	89
7 Социальная ответственность	92
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	93
7.1.1 Правовые нормы трудового законодательства.....	93

7.2 Производственная безопасность	95
7.2.1 Анализ потенциально вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на АРМ оператора АСУ ТП.....	95
7.3 Неблагоприятный микроклимат рабочей зоны.....	96
7.4 Повышенный уровень шума	96
7.5 Длительное сосредоточенное наблюдение.....	97
7.6 Повышенный уровень общей вибрации	98
7.7 Наличие электромагнитного поля промышленной частоты	99
7.8 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий прибор	99
7.9 Экологическая безопасность.....	100
7.9.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	101
8 Выводы по главе «Социальная ответственность»	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
Список использованной литературы	105

Введение

В современном мире технологии не стоят на месте, а постоянно развиваются. Также это касается и технологий автоматизации. Основная роль внедрения систем автоматизации – повышение уровня эффективности, мобильности и облегчения труда сотрудников. Благодаря этим изменениям возрастает уровень конкурентоспособности на рынке, идет мощное использование ресурсной базы.

Котельные на дизельном топливе являются одним из самых экономичных и экологически чистых вариантов, с коэффициентом полезного действия до 95 %. Современные отопительные системы невозможно представить без автоматически запрограммированной работы, объединяющей почти все достижения в управлении тепловыми потоками. Из этого следует что актуальностью данной темы является внедрение системы автоматизации котельных на дизельном топливе что в свою очередь позволяет проектировать и внедрять в системы теплоснабжения конкурентно способные решения на российских компонентах и программном обеспечении поддерживая программу импортозамещения создавая независимые системы для российского рынка.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

Работа содержит следующие термины:

ПЛК – программируемые логические контроллеры;

DCS – Distributed Control System;

HMI – Human-Machine Interface;

ПАЗ – проектирование автоматизированных систем;

ИМ – исполнительные механизмы;

ГВС – горячее водоснабжение;

АСУ ТП – автоматизированные системы управления технологических процессов;

HAZID – hazard identification;

IP – Ingress Protection - степень защиты от внешних воздействий;

ПНР – пусконаладочные работы;

дутьевой вентилятор: Устройство, которое используется для перекачивания воздуха или газов в системах вентиляции, кондиционирования воздуха или отопления;

интерфейс: Точка взаимодействия между двумя системами, программами, устройствами или людьми.

1 ТРЕБОВАНИЕ К СИСТЕМЕ

1.1 Общие системные требования

Разрабатываемая автоматизированная система управления обязана отвечать требованиям ГОСТ 21.408-13 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учетом нижеизложенных требований.

1.2 Требования к техническому обеспечению

Комплекс используемых в системе технических средств должен быть минимально достаточным для обеспечения функций, указанных в ТЗ. Построение комплекса проводится на базе нижеуказанных программнотехнических комплексов.

1. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): SCADA-системы предоставляют возможность визуализации, управления и мониторинга технологического процесса. Они позволяют операторам получать информацию о состоянии оборудования, контролировать параметры процесса и принимать соответствующие решения.

2. ПЛК (программируемые логические контроллеры): ПЛК являются основными устройствами управления в АСУ ТП. Они выполняют функции сбора и обработки данных, управления исполнительными механизмами и обеспечения логики работы системы.

3. DCS (Distributed Control System): DCS-системы предназначены для распределенного управления и контроля технологическим процессом. Они позволяют объединять различные подсистемы и компоненты в единую систему управления.

4. HMI (Human-Machine Interface): HMI-системы предоставляют пользовательский интерфейс для взаимодействия операторов с АСУ ТП. Они обеспечивают удобный доступ к информации, настройку параметров и выполнение операций управления.

5. Измерительные и аналитические приборы: В комплексе технических средств также используются различные измерительные приборы

для контроля параметров технологического процесса, таких как давление, температура, расход топлива и другие. Аналитические приборы могут использоваться для анализа состава газовых выбросов и других параметров.

Для обеспечения устойчивой работы комплекса технических средств в реальных условиях окружающей среды или искусственно создаваемых на месте их размещения, необходимо учитывать следующие аспекты:

Надежность и отказоустойчивость: Технические средства должны быть надежными и обладать высокой отказоустойчивостью. Это достигается выбором качественного оборудования, применением резервирования и дублирования систем, а также использованием резервных источников питания.

Адаптация к условиям окружающей среды: Комплекс технических средств должен быть способен работать в различных условиях окружающей среды, таких как температурные колебания, влажность, пыль, вибрации и т.д. При выборе оборудования следует обращать внимание на его защиту от внешних воздействий и соответствие стандартам по защите от пыли, влаги и других факторов.

Система мониторинга и диагностики: Комплекс технических средств должен быть оборудован системой мониторинга и диагностики, которая позволяет оперативно обнаруживать и анализировать возможные сбои, ошибки и неисправности. Это позволяет принимать своевременные меры по предотвращению отказов и восстановлению работоспособности системы.

Резервирование и автоматическое восстановление: Для обеспечения непрерывности работы комплекса технических средств часто используются механизмы резервирования и автоматического восстановления. Это может включать резервные каналы связи, резервные источники питания, дублирование серверов и другие меры, позволяющие системе продолжать работу даже при отказе отдельных компонентов.

Тестирование и обслуживание: Регулярное тестирование и обслуживание комплекса технических средств являются важными аспектами

обеспечения устойчивости работы. Проведение плановых проверок, обновление программного обеспечения, резервное копирование данных и другие процедуры помогают выявить и устранить потенциальные проблемы до их возникновения.

Устойчивая работа комплекса технических средств в реальных условиях окружающей среды требует быть устойчивым против влияния температур (от минус 50 ° С до плюс 50 ° С) и не меньше 80 процентов влажности при температуре 35 ° С. Датчики в системе должны отвечать требованиям взрывобезопасности. Степень защиты должна быть не меньше IP56 а так-же комплексного подхода, включающего правильный выбор оборудования, применение резервирования и дублирования, наличие систем мониторинга и диагностики, регулярное тестирование и обслуживание

1.3 Требования к метрологическому обеспечению

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в ГОСТ Р 8.595-2004

Для обеспечения точности и надежности измерений в системе требуется соответствующее метрологическое обеспечение. Вот некоторые основные требования, касающиеся метрологического обеспечения:

Точность измерений: Метрологические средства должны обеспечивать высокую точность измерений, соответствующую требованиям и спецификациям системы. Для этого необходимо использовать калиброванные и сертифицированные приборы, а также проводить периодическую проверку и калибровку.

Единицы измерения: Измеряемые параметры должны быть представлены в соответствующих единицах измерения, указанных в требованиях к функциональным возможностям. Это может быть напряжение в вольтах (В), температура в градусах Цельсия (°С), расход в кубических метрах в час (м³/ч) и так далее. Метрологическое обеспечение должно поддерживать работу с указанными единицами измерения.

Калибровка и верификация: Метрологические средства должны быть периодически калиброваны и верифицированы, чтобы подтвердить их соответствие стандартам и требованиям. Это включает проведение контрольных измерений, сравнение результатов с эталонными значениями и корректировку при необходимости.

Точность средств измерения: Используемые средства измерения должны обладать достаточной точностью для обеспечения требуемой точности измеряемых параметров. При выборе приборов необходимо учитывать их класс точности, диапазон измерений, стабильность показаний и другие характеристики.

Регистрация и хранение данных: Метрологическое обеспечение должно обеспечивать возможность регистрации и хранения измеренных данных. Это может быть осуществлено с помощью специальных систем сбора и анализа данных, а также баз данных для хранения и последующего использования результатов измерений.

Управление изменениями: При внесении изменений в систему, включая замену или обновление метрологического оборудования, необходимо предусмотреть процедуры управления изменениями. Это включает оценку влияния изменений на точность измерений, проведение соответствующих испытаний и проверок, а также обновление документации и настройку системы.

В целом, метрологическое обеспечение должно обеспечивать точность, надежность и соответствие измерений требованиям и спецификациям системы. Это достигается путем использования калиброванных и сертифицированных приборов, регулярной проверки и обновления оборудования, а также управления изменениями и хранения данных.

1.4 Требования к программному обеспечению

Программные средства разрабатываемой системы управления технологическим процессом обязаны соответствовать перечисленным требованиям.

1. Надежность: Программное обеспечение должно быть надежным и стабильным. Оно должно работать без сбоев и ошибок, обеспечивая непрерывную работу системы управления технологическим процессом. Программы должны быть тщательно протестированы на различных условиях и сценариях работы.

2. Функциональность: Программное обеспечение должно обладать всеми необходимыми функциями для управления технологическим процессом. Оно должно позволять контролировать и регулировать параметры, выполнять расчеты, анализировать данные и принимать решения на основе заданных алгоритмов.

3. Гибкость и настраиваемость: Программы должны быть гибкими и настраиваемыми, чтобы адаптироваться к различным условиям и требованиям. Они должны позволять пользователю настраивать параметры, задавать границы и ограничения, выбирать режимы работы и настраивать алгоритмы управления.

4. Интерфейс пользователя: Программное обеспечение должно иметь удобный и интуитивно понятный интерфейс пользователя. Он должен быть простым в использовании, понятным и эффективным. Пользователи должны легко находить необходимые функции, отображение данных и управляющие элементы.

5. Безопасность: Программы должны обеспечивать безопасность системы управления технологическим процессом. Они должны иметь механизмы защиты от несанкционированного доступа, контроль доступа к данным и функциям, а также обеспечивать целостность и конфиденциальность информации.

6. Масштабируемость: Программное обеспечение должно быть масштабируемым, чтобы удовлетворять потребностям различных масштабов и размеров системы управления. Оно должно быть способным обрабатывать большие объемы данных, работать с несколькими устройствами и быть готовым к расширению и модернизации.

7. Интеграция: Программное обеспечение должно быть способным интегрироваться с другими системами и устройствами. Оно должно поддерживать стандартные протоколы связи, обмен данными и взаимодействие с внешними системами, такими как SCADA, базы данных и датчики.

8. Обслуживание и поддержка: Программное обеспечение должно быть легко обслуживаемым и поддерживаемым. Разработчики должны предоставлять обновления, исправления ошибок и техническую поддержку. Оно также должно иметь документацию, руководства пользователя и инструменты для анализа и мониторинга работы системы.

Промышленные языки программирования должны соответствовать стандарту ГОСТ Р МЭК 61131-3.

1.5 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение представляет собой совокупность математических методов, математических моделей и алгоритмов обработки информации для создания АСУ.

При разработке математического обеспечения следует учитывать требования, предъявляемые к системам, работающим в режиме реального времени.

1. Математическое обеспечение должно быть способным выполнять вычисления и обработку информации в реальном времени. Это требование особенно важно для систем управления технологическим процессом, где оперативность и точность вычислений играют решающую роль.

2. Точность и надежность: Математические методы и модели должны быть точными и надежными. Они должны обеспечивать высокую точность прогнозирования, расчетов и предсказаний, а также обеспечивать надежную работу системы управления. Важно проводить тщательное тестирование и верификацию математических моделей и алгоритмов.

3. Эффективность: Математическое обеспечение должно быть эффективным в плане использования вычислительных ресурсов. Алгоритмы должны быть оптимизированы для выполнения вычислений с минимальными затратами по времени и ресурсам. Это особенно важно для систем, работающих в реальном времени, где требуется быстрая реакция на изменения технологического процесса.

4. Гибкость и адаптивность: Математическое обеспечение должно быть гибким и адаптивным к изменениям в технологическом процессе. Оно должно позволять изменять математические модели, параметры и алгоритмы в соответствии с требованиями и условиями работы. Гибкость математического обеспечения позволяет адаптировать систему управления к различным условиям и требованиям.

5. Интеграция с другими системами: Математическое обеспечение должно быть способным интегрироваться с другими системами, такими как SCADA, базы данных, средства визуализации и т.д. Оно должно поддерживать стандартные протоколы связи и форматы данных для обмена информацией с внешними системами.

6. Обеспечение безопасности: Математическое обеспечение должно обеспечивать безопасность системы управления. Оно должно предусматривать механизмы защиты от несанкционированного доступа, обнаружения и предотвращения ошибок, а также обеспечивать целостность и конфиденциальность данных.

Математическое обеспечение ПЛК представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Математическое обеспечение ПЛК

Функции первичной обработки аналоговых сигналов	Управляющие и противоаварийные функции
Расчет действительных значений	Регулирование параметров
Фильтрация	Управление (программно-логическое)
Сравнение со значением уставки	Противоаварийная защита
Формирование сигналов нарушений	
Создание массивов данных значений параметра	
Наличие ПИД регулятора	

Автоматизированная система управления блочно-модульной дизельной котельной должна отвечать следующим требованиям.

1. Иерархическая структура: система должна иметь иерархическую структуру, состоящую из различных уровней управления. Это позволяет разделить функции управления на разные уровни и обеспечить эффективное управление и контроль технологическим процессом. Обычно используются уровни, такие как уровень управления производством, уровень управления оборудованием и уровень оператора.

2. Обмен данными по стандартизированным протоколам: система должна поддерживать обмен данными между различными компонентами согласно стандартизированным протоколам связи. Это обеспечивает совместимость и взаимодействие между разными устройствами и системами, позволяя эффективно передавать и обрабатывать информацию.

3. Подбор контрольно-измерительных приборов: выбор контрольно-измерительных приборов осуществляется на основе анализа технологического процесса. Приборы должны быть выбраны с учетом требуемых параметров измерения, точности, надежности и совместимости с автоматизированной системой управления. Они должны обеспечивать достоверное измерение и мониторинг параметров процесса для обеспечения эффективного управления.

4. Надежность и безопасность: система должна быть надежной и обеспечивать безопасную работу технологического процесса. Это включает в

себя механизмы резервирования и отказоустойчивости, а также защиту от несанкционированного доступа и воздействий. Система должна быть способна обнаруживать и предотвращать возможные сбои или аварийные ситуации.

5. Гибкость и масштабируемость: система должна быть гибкой и масштабируемой, чтобы легко адаптироваться к изменениям в технологическом процессе или расширению котельной. Она должна поддерживать возможность добавления новых компонентов, модулей или функций без существенного изменения всей системы.

6. Визуализация и управление: система должна предоставлять оператору удобный интерфейс для визуализации и управления технологическим процессом. Это включает графическое отображение параметров, тренды, предупреждения и управляющие элементы для управления процессом.

7. Поддержка диагностики и обслуживания: система должна обеспечивать возможности диагностики и обслуживания, позволяющие оператору проводить проверку, настройку и ремонт системы при необходимости. Это включает функции мониторинга состояния оборудования, запись событий и возможность удаленного доступа для обслуживания.

Все эти требования направлены на создание надежной, гибкой и эффективной автоматизированной системы управления технологическим процессом блочно-модульной дизельной котельной.

Задача автоматизации котельной заключается в следующем:

- 1) Обеспечение полностью автономной работы котельной и минимизация вмешательства человека в процесс работы.
- 2) Каскадное включение котлоагрегатов в работу в зависимости от тепловой нагрузки.
- 3) Автоматизация работы насосных групп.
- 4) Вывод параметров работы котельной на визуализацию

2 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

2.1 Виды котельных

2.1.1 Твёрдотопливные котельные

Первое и наиболее привлекательное преимущество, свойственное твердотопливным котлам, – это использование оборудования с наиболее низкими эксплуатационными затратами по сравнению с отоплением с применением котлов, работающих от источника электросети, на солярке либо сжиженном газе.

Другой плюс любого твердотопливного котла – это возможность создания 100 процентов автономной отопительной системы.

Почти в каждом классическом твердотопливном котле реализована энергонезависимая технология. Однако для создания системы, являющейся абсолютно независимой от энергопотребления, необходимо использование естественной циркуляции теплоносителя (не применяя насосное оборудование), труб с большим диаметром около 5 см и открытого расширительного бака.

Существует возможность реализовать энергонезависимую систему отопления с автоматическим терморегулятором, который позволяет теплоносителю покидать котел в нужном температурном режиме. Чтобы обеспечить автоматическую поддержку температуры теплоносителя, котел оснащен датчиком для ее отслеживания, с которым соединяется заслонка. Когда температура носителя теплоэнергии превышает заданную, происходит автоматическое прикрытие заслонки для замедления горения твердого топлива. При понижении температуры начинается открывание заслонки.

Твердотопливными энергонезависимыми котлами в системе, имеющими естественную циркуляцию теплоносителя, отапливаются дома в местностях без подачи электроэнергии и газообеспечения.

Для получения наиболее современной и прогрессивной отопительной системы применяется принудительная циркуляция и расширительный бак

закрытого типа. Оптимальная скорость носителя теплоэнергии и эффективность ее подачи в помещения обеспечивается циркуляционным насосом.

Недостатки, свойственные большинству классическим твердотопливным котлам

Невозможность абсолютно автоматического функционирования из-за необходимости контролировать топливо и периодически его загружать. Это не касается твердотопливных котлов с загрузкой пеллет.

2.1.2 Дизельная котельная

Дизельная котельная – котельная, используемая для обеспечения жилых и производственных помещений теплом, горячим водоснабжением, вентиляцией. В случае котельной для производственного предприятия - тепловой энергией для технологических установок.

Суть работы дизельного котла состоит в подаче топлива при помощи насоса на горелку в камеру сгорания, где горючее воспламеняется и горит, смешиваясь с наддувным воздухом. Тепло от горения отдается в теплообменник, а отработанные газы удаляются через дымоход.

Основным отличием дизельной котельной от остальных видов является работа на дизельном топливе. Следовательно, обязательным условием для эксплуатации дизельной котельной, является периодический подвоз дизельного топлива и наличие емкостей для его хранения. Причем внутри котельной можно установить емкость объемом не более 800 л., крупные же емкости следует установить в отдельном утепленном помещении, так как при низких температурах происходит сгущение топлива.

В отличие от, например, газовой котельной, строительство дизельной котельной никогда не производится на крыше объекта. Дизельная котельная может быть использована при теплоснабжении нескольких объектов, а также строительство дизельной котельной нельзя производить вблизи складов с горючими материалами.

Проект дизельной котельной выполняется с учетом объемов тепловой энергии, потребляемых объектом, условий эксплуатации, характера помещения, для которого предназначена дизельная котельная.

При проектировании котельной учитываются все условия безопасности, выбирается подходящая модель дизельного котла, с целью оптимизировать расходы финансовых средств. Продолжительная и бесперебойная работа дизельной котельной также зависит от успешного проекта. Кроме того, проект – один из основных элементов для получения разрешительных документов в органах надзора.

2.1.3 Газовые котельные

Газовые котельные активно эксплуатируются для обеспечения теплом и ГВС общественных, жилых, производственных, административных объектов, а также теплиц и даже строительных площадок. Их легко использовать, особенно если имеется доступ к городским магистралям; они автоматизированы, просты в монтаже и пусконаладке, обходятся при использовании сравнительно недорого – дешевле тех же котельных на дизельном топливе. Кроме того, они выделяют в атмосферу значительно меньше вредных соединений, чем твердо – и жидкотопливные модели.

Сегодня жилые строения, офисные здания, общественные здания, хозяйственные постройки, производственные помещения и промышленные предприятия - все они используют газовые котлы для обеспечения теплом и горячей водой. Они активно используются в помещениях, где необходимо временное отопление, например, на строительных площадках, во время выступлений или фестивалей под открытым небом, а также в населенных пунктах без централизованного отопления.

Основными преимуществами газовых котлов, которые обуславливают их широкое применение, являются их эффективность и удобство.

В России практически завершена газификация, что упрощает получение лицензий и подключение вашей автономной котельной к централизованной инфраструктуре.

Ключевым фактором является экологичность; среди всех "традиционных" видов топлива природный газ считается наиболее экологически чистым. Все газовые котлы оснащены сложной системой фильтрации, которая практически устраняет все опасные загрязняющие вещества.

Последнее – это безопасность. Газ довольно опасен, но современные технологии автоматизации и управления делают эксплуатацию правильно спланированной и оборудованной газовой котельной полностью безопасной.

2.1.4 Электрические котельные

Наиболее очевидными преимуществами электрических котлов являются их полная пожаробезопасность, 100 % экологичность и доступность по цене. Кроме того, электричество является наиболее распространенным и устойчивым источником энергии, который открывает многообещающие перспективы для его использования в будущем или в случае недостаточности других источников топлива.

Можно полностью автоматизировать процесс, используя электрическое управление котлом, что снижает эксплуатационные расходы за счет уменьшения потребности в обслуживающем персонале. Первоначальные затраты также значительно сокращаются за счет отсутствия необходимости в создании системы подачи топлива, что также упрощает конструкцию котельной установки.

Благодаря своей компактности, котлы на электричестве могут устанавливаться даже в помещениях не с самой большой площадью. Они безопасны, так как отсутствует вероятность утечки газа, задымления помещения или контакта с открытым огнем. Если отключится электричество,

то электрод котел сразу же прекратит работу – это становится залогом безопасности жилища в форсмажорных обстоятельствах.

Отличными резервными вариантами обеспечения теплом и горячей водой ГВС являются электрические котельные. В этом случае в котельных одновременно используется несколько источников топлива (природный газ, дизельное топливо, уголь, древесина или мазут, а также электричество), при этом электрический источник питания выступает в качестве резервного на случай кризисных ситуаций.

Таблица 2 – КПД Различных видов котельных

Вид котла	КПД %
Газовые	
Конвекционные	87-94
Конденсационные	88-97
Твердотопливные	
Дровяные	75-87
Угольные	80-88
Пеллетные	80-92
Жидкотопливные	
На дизельном топливе	86-91
На мазуте	85-88
Электрические	
ТЭ Новые	95-99
Электродные	92-96
Индукционные	93-98

2.2 Автоматизация котельного оборудования

Автоматизация – котельное оборудование, обеспечивается контроллером, автоматикой, подключается к датчикам и терморегуляторам,

обеспечивающим автономную работу с минимальным присутствием обслуживающего персонала.

Системы автоматизации котлов выполняют две основные задачи: информационный контроль (сбор и сохранение данных о рабочем процессе) и управление. Без непосредственного участия рабочего персонала возможно осуществлять надзор и контроль за техническими работами благодаря комплексу оборудования. Уровень автоматизации выбирается исходя из особенностей производственного процесса, его сложности и потребностей клиента.

Уровни автоматизации котельной:

- локальная (частичная) автоматизация отдельных элементов оборудования;
- комплексная автоматизация определенного участка, комплекса оборудования, работающего как единая система;
- полная автоматизация: все функции управления выполняют технические средства.

Когда речь заходит о задачах автоматизации котельных, важно отметить, что этот процесс улучшает работу оборудования, вырабатывающего тепло и электроэнергию. Среди преимуществ можно назвать:

- повышение производительности и качества;
- улучшение безопасности и надежности процесса;
- уменьшение расходов на человеческие ресурсы;
- оптимизация всего процесса и исключение ошибок из-за человеческого фактора.

Благодаря этому можно получить очевидную экономическую выгоду от внедрения системы автоматики в котельные и другие теплоэнергетические объекты.

Для контроля рабочего процесса котлоагрегатов поставляются соответствующие контрольно-измерительные приборы, оборудование и

средства автоматизации, обеспечивающие их регулярную и бесперебойную работу.

В автоматизации котельной для обеспечения безопасной и эффективной работы технологического оборудования выполняются следующие функции:

Блокировка (автоматическое включение и выключение): Автоматизация котельной позволяет контролировать включение и выключение оборудования в соответствии с установленными параметрами и требованиями технологического процесса. Это включает в себя автоматическое включение котла при достижении заданного уровня температуры воды и автоматическое выключение в случае превышения предельных значений параметров или возникновения аварийных ситуаций.

Управление работой установки: Автоматизация обеспечивает возможность управления работой котельной, включая контроль и регулирование параметров, таких как температура воды, давление, расход топлива и другие величины, в пределах определенных допустимых значений. Это позволяет достичь оптимальной работы системы и максимальной эффективности.

Регулирование заданных значений: Автоматизация позволяет поддерживать заданные значения параметров технологического процесса в определенных пределах. Например, система автоматического регулирования может поддерживать заданную температуру воды или давление в системе с помощью регулирующих клапанов или насосов.

Защита оборудования: Автоматизация котельной обеспечивает защиту оборудования от повреждений, вызванных нарушениями технологического процесса или аварийными ситуациями. Это включает контроль параметров, таких как температура, давление и расход топлива, и автоматическое выключение оборудования в случае превышения предельных значений или обнаружения аварийных условий.

Соблюдение технологического порядка: Автоматизация котельной позволяет установить и соблюдать определенный порядок работы

оборудования в соответствии с технологическими требованиями и процедурами. Это включает последовательность включения и выключения различных компонентов системы, контроль параметров и выполнение необходимых операций в правильной последовательности.

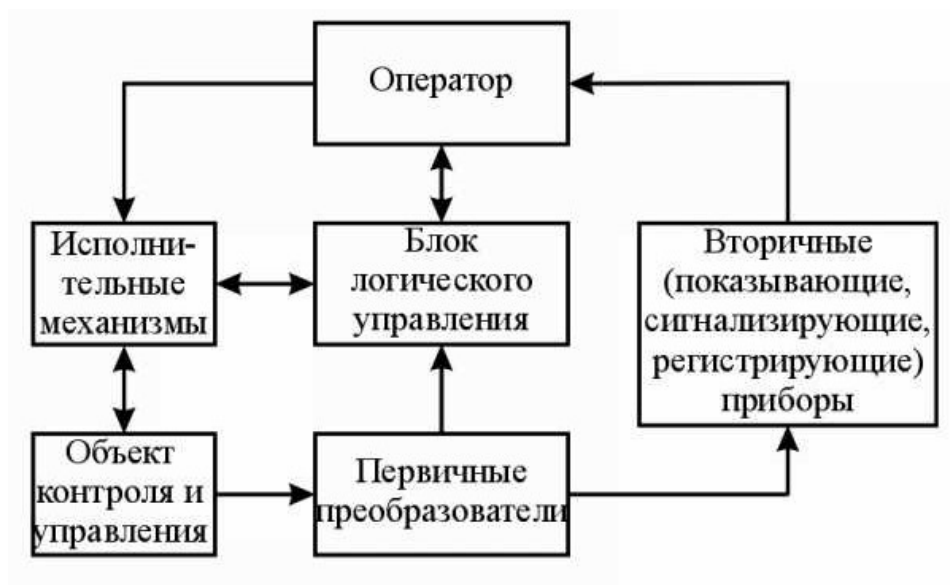


Рисунок 1– Функциональная структурная схема подсистемы автоматизации контура регулирования температуры котельной установки

Функциональная структурная схема подсистемы автоматизации контура регулирования температуры котельной установки обычно включает следующие основные компоненты:

- 1) датчики используются для измерения параметров, связанных с температурой, включая измерение температуры воды в котле, температуры обратной воды, температуры дымовых газов и других параметров, необходимых для контроля и регулирования процесса нагрева;
- 2) регуляторы принимают данные от датчиков и сравнивают их с заданными значениями температуры. Они определяют необходимые корректировки и выдают соответствующие сигналы для управляющих устройств;
- 3) управляющие устройства принимают сигналы от регуляторов и регулируют работу различных компонентов системы. Например, они могут

управлять работой насосов, клапанов или регуляторов расхода топлива для достижения заданной температуры;

4) исполнительные механизмы являются частью управляющих устройств и отвечают за физическое изменение параметров системы. Например, они могут открывать или закрывать клапаны для регулирования расхода воды или топлива;

5) коммуникационные линии обеспечивают передачу сигналов и данных между различными компонентами системы. Они позволяют обмен информацией между датчиками, регуляторами, управляющими устройствами и исполнительными механизмами;

6) интерфейс пользователя предоставляет возможность оператору контролировать и настраивать параметры системы. Он может включать панель управления, дисплей с информацией о текущих значениях параметров и возможностью ввода команд;

7) функциональная структурная схема подсистемы автоматизации контура регулирования температуры котельной установки представляет взаимодействие этих компонентов и демонстрирует поток сигналов и данных между ними для достижения бесперебойной работы котельной.

2.2.1 Алгоритм управления

Алгоритм работы подсистемы регулирования воздухоподачи для котельной на дизельном топливе следующий:

Запуск системы:

Установить начальное значение задания расхода воздуха F_3 .

Установить начальное значение задания выдержки времени t .

Проверка условий:

Проверить условие $A=1$, которое указывает на наличие блокировки (технологической или аварийной).

Проверить условие $B=1$, которое указывает на наличие команды на пуск дутьевого вентилятора.

Запуск дутьевого вентилятора и измерение расхода воздуха:

Если нет блокировки и есть команда на пуск, запустить дутьевой вентилятор.

Перейти в технологический режим измерения расхода воздуха.

Проверить условие $F=F_3$, которое указывает на соответствие измеренного расхода воздуха заданному значению.

Проверка наличия сигнала аварийного или технологического останова:

Проверить условие $C=1$, которое указывает на наличие такого сигнала.

Если сигнал отсутствует, повторить измерительный цикл.

Обработка сигнала на щите управления:

Если на щите управления оператора появляется сигнал, указывающий на выключение дутьевого вентилятора и его остановку, выполнить соответствующие действия.

Регулирование подачи воздуха:

Если условие $F=F_3$ не выполняется (неравенство $F>F_3$ или $F<F_3$), выполнить увеличение или уменьшение подачи воздуха на 1 шаг с помощью исполнительного механизма.

Проверка выдержки времени:

Проверить условие $t=1$, которое указывает на достижение выдержки времени для выполнения регулирующих действий.

Если условие выполняется, повторить цикл работы.

Этот алгоритм обеспечивает регулирование воздухоподачи в котельной на дизельном топливе, позволяя контролировать и поддерживать оптимальные параметры сжигания топлива и обеспечивать безопасность работы котельной.

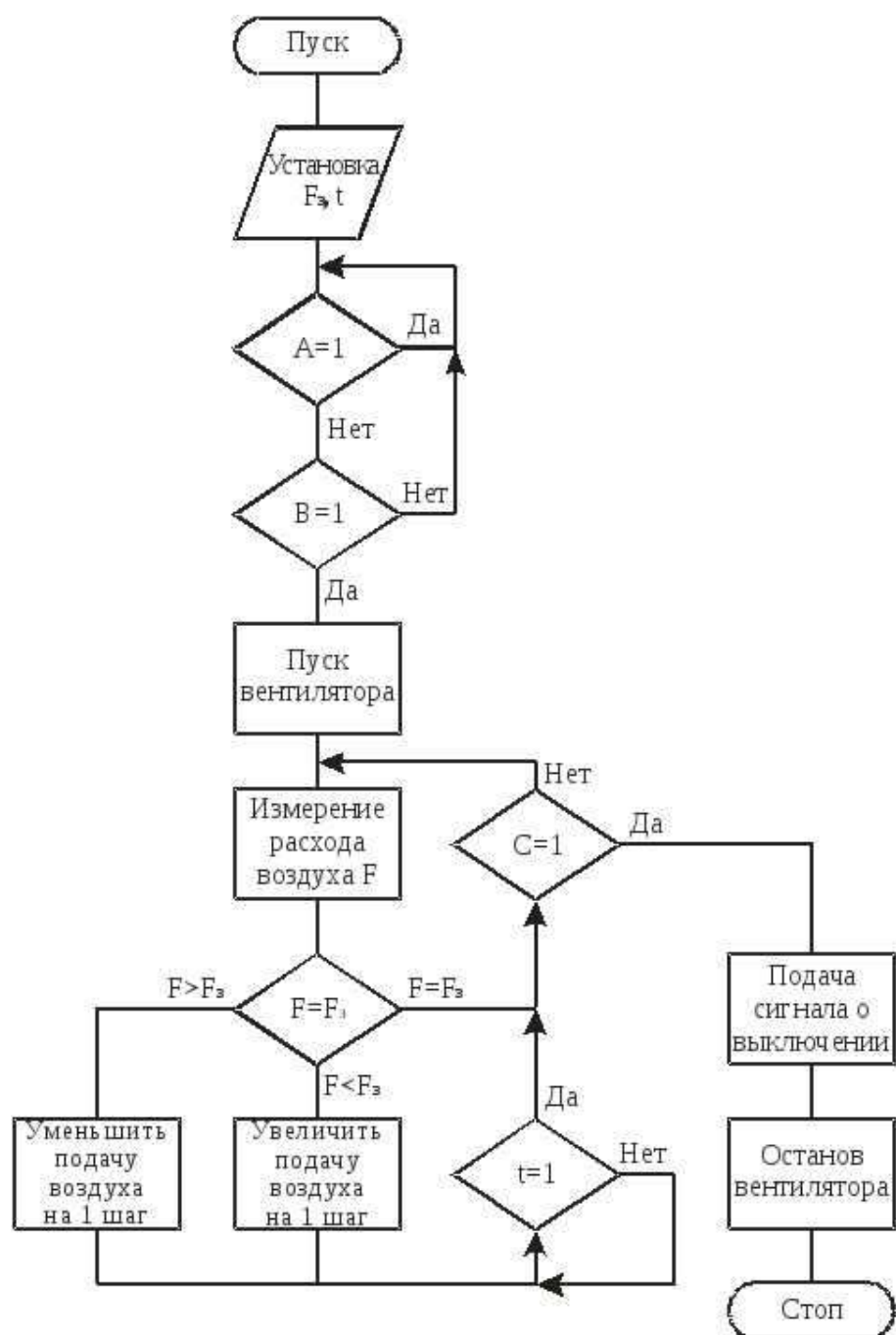


Рисунок 2 – Алгоритм работы подсистемы регулирования Воздухоподачи

На Рисунке 3 представлена блок-схема алгоритма работы подсистемы регулирования топливоподачи.

Алгоритм работы подсистемы регулирования топливоподачи для котельной на дизельном топливе следующий:

Запуск системы:

Установить начальное значение задания расхода топлива F_T .

Проверка условий:

Проверить условие $A=1$, которое указывает на наличие блокировки (технологической или аварийной).

Проверить условие $B=1$, которое указывает на наличие команды на пуск топливного насоса.

Пуск топливного насоса и измерение расхода топлива:

Если нет блокировки и есть команда на пуск, запустить топливный насос.

Перейти в технологический режим измерения расхода топлива.

Проверить условие $F=F_T$, которое указывает на соответствие измеренного расхода топлива заданному значению.

Проверка наличия сигнала аварийного или технологического останова:

Проверить условие $C=1$, которое указывает на наличие такого сигнала.

Если сигнал отсутствует, повторить измерительный цикл.

Обработка сигнала на щите управления:

Если на щите управления оператора появляется сигнал, указывающий на остановку топливного насоса, выполнить соответствующие действия.

Регулирование подачи топлива:

Если условие $F=F_T$ не выполняется (неравенство $F > F_T$ или $F < F_T$), выполнить увеличение или уменьшение подачи топлива на 1 шаг с помощью исполнительного механизма.

Проверка выдержки времени:

Проверить условие $t=1$, которое указывает на достижение выдержки времени для выполнения регулирующих действий.

Если условие выполняется, повторить цикл работы.

Этот алгоритм обеспечивает регулирование топливоподачи в котельной на дизельном топливе, позволяя контролировать и поддерживать оптимальные параметры сжигания топлива и обеспечивать безопасность работы котельной.

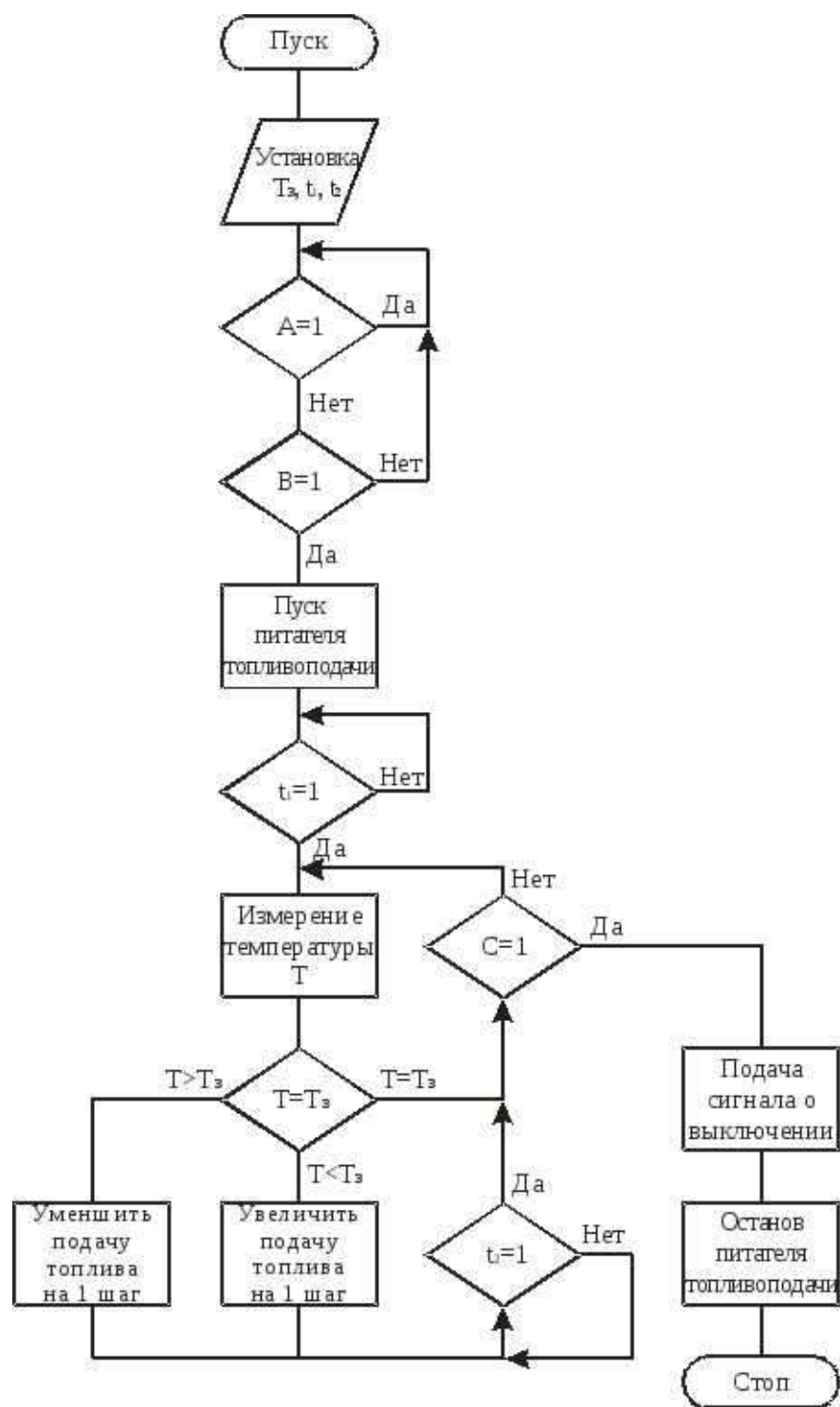


Рисунок 3 – Алгоритм работы подсистемы регулирования топливоподачи

3 ПРИНЦИП РАБОТЫ

Дизельная котельная обеспечивает отопление, горячее водоснабжение и вентиляция жилых и коммерческих зданий. Для котельной производственной компании: тепловая энергия для технологических систем.

Принцип работы дизельного котла состоит в подаче топлива при помощи насоса на горелку в камеру сгорания, где горючее воспламеняется и горит, смешиваясь с надутым воздухом. Тепло от горения отдается в теплообменник, а отработанные газы удаляются через дымоход.

Основным отличием дизельной котельной от остальных видов является работа на дизельном топливе. Следовательно, обязательным условием для эксплуатации дизельной котельной, является периодический подвоз дизельного топлива и наличие емкостей для его хранения. Причем внутри котельной можно установить емкость объемом не более 800 л., крупные же емкости следует установить в отдельном утепленном помещении, так как при низких температурах происходит сгущение топлива.

3.1 Описание котельной

Котельная состоит из 2-х блок-контейнеров - котельного модуля и топливного склада с отработанным маслом и дизельным топливом.

В составе котельного модуля имеются:

- 2 котлоагрегата с жидкотопливными горелками 1,25 МВт каждый.
- Насосная группа из 2-х сетевых насосов.
- 2 выходящих тепловых контура (контур отопления с погодным регулированием и контур технологический с постоянной температурой теплоносителя 95 градусов).
- Насосная группа из 2-х подпиточных насосов.

3.2 АСУ ТП котельных

АСУ ТП (Автоматизированная Система Управления Технологическими Процессами) котельных на дизельном топливе представляет собой комплекс

систем и устройств, которые автоматизируют и контролируют работу котельной, обеспечивая эффективное и безопасное функционирование.

Основные компоненты и функции АСУ ТП котельных на дизельном топливе:

- датчики и преобразователи, система включает в себя датчики и преобразователи, которые измеряют и преобразуют физические величины, такие как температура, давление, расход топлива и воздуха;
- логический блок управления, получает сигналы от датчиков и преобразователей и использует установленный алгоритм для управления приводами и другими устройствами. Он контролирует работу системы и обеспечивает выполнение необходимых регулирующих и защитных функций;
- приводы управляют подачей топлива в топку котла или изменением количества воздуха, необходимого для сжигания топлива. Они получают сигналы от логического блока управления и выполняют соответствующие действия для поддержания оптимальных условий сжигания;
- операторский интерфейс, оператор следит за ходом технического процесса и, при необходимости, непосредственно управляет приводами. Операторский интерфейс предоставляет информацию о текущем состоянии системы, позволяет настраивать параметры работы и может включать средства визуализации и управления;
- защитные функции, АСУ ТП обеспечивает защиту оборудования котельной от повреждений, вызванных нарушениями технологического процесса. В случае возникновения аварийных ситуаций или превышения предельных значений параметров, система автоматически выполняет соответствующие защитные действия, такие как аварийное отключение или сигнализацию.

АСУ ТП котельных на дизельном топливе позволяет автоматизировать и оптимизировать процессы работы котельной, обеспечивая экономическую эффективность, повышение надежности и безопасности. Она позволяет

контролировать и регулировать параметры сжигания топлива, поддерживать оптимальные условия работы котла и минимизировать энергетические потери.

3.3 Архитектура

В иерархии архитектуры АСУ ТП для котельной на дизельном топливе обычно выделяют следующие уровни:

- уровень управления процессом (уровень управления), данный уровень включает контроллеры и логические блоки управления, которые отвечают за управление технологическим процессом котельной. Они получают данные от датчиков и на основе алгоритмов регулирования принимают решения о регулировании параметров, таких как подача топлива и воздуха;
- уровень оперативного управления (уровень оператора), на данном уровне оператор взаимодействует с системой управления и осуществляет контроль и мониторинг процесса. Операторский интерфейс предоставляет информацию о текущем состоянии системы, а также возможности для настройки параметров и принятия оперативных решений;
- уровень исполнительного управления (уровень приводов), на указанном уровне находятся приводы и исполнительные механизмы, которые осуществляют физическое управление различными устройствами котельной. Они получают команды от контроллеров и регулируют подачу топлива, воздуха и другие операционные параметры;
- уровень сетевого связывания, обеспечивает коммуникацию между различными компонентами АСУ ТП. Он включает в себя коммуникационные сети и протоколы, которые передают данные и команды между датчиками, контроллерами и приводами;
- иерархия архитектуры АСУ ТП позволяет разделить управление и контроль процессом на разные уровни, обеспечивая эффективное функционирование и управление котельной на дизельном топливе. Каждый

уровень имеет свои специфические функции и обеспечивает связь с другими уровнями для согласованной работы системы.



Рисунок 4 – Архитектура АСУ ТП

3.4 Технологические защиты

В АСУ ТП для котельной на дизельном топливе применяются различные технологические защиты, которые предназначены для обеспечения безопасности работы системы и предотвращения возможных аварийных ситуаций. Некоторые из основных технологических защит включают:

- защита от перегрева, данная защита обеспечивает контроль и предотвращение перегрева котла. Система мониторит температуру котельной установки и при достижении определенного предельного значения автоматически принимает меры для снижения нагрузки или отключения работы котла;
- защита от недостатка топлива, защита предотвращает возможность работать котельной в условиях недостаточного или отсутствия топлива. Система контролирует уровень топлива в резервуаре и в случае

необходимости может прекратить подачу топлива или выдать предупреждающее сообщение оператору;

- защита от слишком высокого или низкого давления, защита обеспечивает контроль за давлением в системе и предотвращает превышение допустимых значений. При достижении предельных значений давления система может автоматически принять меры для стабилизации давления или отключения работы котельной;

- защита от аварийного газовыброса, в случае обнаружения утечки газов или аварийной ситуации, связанной с газовыми системами, система АСУ ТП может автоматически сработать и принять меры для предотвращения опасности, такие как аварийное отключение газоснабжения и активация системы вентиляции;

- защита от перегрузки и перегрева электрооборудования, которая отслеживает электрическую нагрузку на оборудование котельной и предотвращает возможные перегрузки и перегревы. В случае превышения допустимых значений система может автоматически отключить оборудование или принять меры для снижения нагрузки.

3.4.1 Автоматическое регулирование

В современных системах автоматического регулирования для котельных на дизельном топливе применяются различные системотехнические решения, которые обеспечивают устойчивую работу автоматических регуляторов. Некоторые из этих решений включают:

PID-регулирование: PID (пропорционально-интегрально-дифференциальное) регулирование является одним из наиболее распространенных и эффективных методов автоматического регулирования. Он комбинирует пропорциональное, интегральное и дифференциальное управление для достижения стабильности и точности регулирования. Этот метод позволяет быстро реагировать на изменения входных параметров и поддерживать заданные значения.

Адаптивное регулирование использует алгоритмы, которые могут самостоятельно адаптироваться к изменениям в процессе и параметрах системы. Это позволяет системе автоматического регулирования динамически изменять параметры регулятора для оптимального регулирования. Адаптивное регулирование особенно полезно в случае изменяющихся условий работы котельной на дизельном топливе.

Модельно-предсказывающее управление (МРС) использует математическую модель процесса для предсказания его поведения и оптимального управления. МРС может учитывать ограничения и целевые функции, такие как минимизация расхода топлива или поддержание определенных параметров процесса. Это позволяет достичь более точного и эффективного регулирования в котельной на дизельном топливе.

Искусственные нейронные сети (ИНС) могут быть применены для моделирования и управления процессом в котельной. Они обучаются на основе исторических данных и могут адаптироваться к изменениям в процессе. ИНС позволяют достичь точного регулирования в условиях, где процесс может быть сложным или нелинейным.

Современные системы автоматического регулирования для котельных на дизельном топливе часто интегрируются с системами диспетчерского управления, которые обеспечивают централизованное управление и мониторинг всех процессов и параметров котельной. Это позволяет операторам эффективно контролировать и управлять котельной, а также быстро реагировать на любые отклонения или аварийные ситуации.

Все эти системотехнические решения обеспечивают устойчивую и эффективную работу автоматических регуляторов в котельных на дизельном топливе, повышают точность регулирования, снижают энергозатраты и обеспечивают безопасность процесса.

3.5 Управление исполнительными механизмами (ИМ)

Управление исполнительными механизмами в котельных на дизельном топливе осуществляется с целью регулирования процессов сжигания топлива, подачи воздуха и других параметров работы котельной. Вот некоторые из используемых методов управления исполнительными механизмами:

- приводы для подачи топлива, в котельной на дизельном топливе используются приводы, которые контролируют подачу топлива в топку котла. Они могут быть электрическими или гидравлическими и управляются с помощью автоматических регуляторов или систем управления;

- приводы для регулирования воздухоподачи, используются для обеспечения оптимального сжигания топлива требуется точное регулирование воздухоподачи. В котельных на дизельном топливе применяются приводы, которые изменяют количество воздуха, поступающего в котел. Они могут быть электрическими или пневматическими и управляются с помощью автоматических регуляторов или систем управления;

- клапаны и заслонки управляют подачей топлива и воздуха. Они могут быть установлены на соответствующих трубопроводах и управляться с помощью приводов или других устройств. Клапаны и заслонки позволяют регулировать расход топлива и воздуха в соответствии с требуемыми параметрами процесса;

- датчики и измерительные приборы, для обратной связи и контроля работы исполнительных механизмов в котельной на дизельном топливе устанавливаются датчики и измерительные приборы. Они могут измерять параметры, такие как расход топлива, давление, температуру, содержание кислорода и другие важные характеристики процесса. Полученные данные используются для корректировки работы исполнительных механизмов и обеспечения оптимальных условий сжигания топлива;

- автоматические регуляторы, для автоматизации и оптимизации работы котельной на дизельном топливе применяются автоматические

регуляторы. Они контролируют и управляют исполнительными механизмами в соответствии с заданными параметрами и требованиями процесса. Автоматические регуляторы могут быть программно настроены на определенные режимы работы и обеспечивать стабильность, эффективность и безопасность работы котельной;

– управление исполнительными механизмами в котельных на дизельном топливе осуществляется с использованием современных систем управления, которые обеспечивают точность, надежность и гибкость процесса. Они позволяют достичь оптимального регулирования и эффективной работы котельной при использовании дизельного топлива.

3.6 Проектирование автоматизированных систем технологической безопасности

Основная задача ПАЗ – это обеспечение перевода технологического процесса в безопасное состояние в случае аварийных нарушений параметров (функций) технологических режимов. Приборный контур защиты является одним из слоев комплекса, отвечающего за безопасность технологического процесса.

Это логическая контрольно-измерительная система, которая обнаруживает ненормальные события в технологическом процессе (АС) и инициирует автоматические действия по размыканию энергии, срабатыванию клапанов и останову технологического объекта для приведения нарушения технологического режима к безопасному уровню.

3.6.1 Идентификация опасности. Анализ опасности.

Выполняем HAZID анализ. В соответствии с рекомендациями ГОСТ Р 51901.11-2005 для анализа причин возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации котельной установки построим «дерево» отказов. Структура «дерева» отказа включает одно головное событие (аварию, инцидент), которое соединяется с набором соответствующих нижестоящих событий (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий), образующих причинные

цепи. Для связи между событиями в узлах «деревьев» используются знаки «И» и «ИЛИ». Логический знак «И» означает, что вышестоящее событие возникает при одновременном наступлении нижестоящих событий. Знак «ИЛИ» означает, что вышестоящее событие может произойти вследствие возникновения одного из нижестоящих событий.

Дерево отказов представлено на рисунке 3.2.

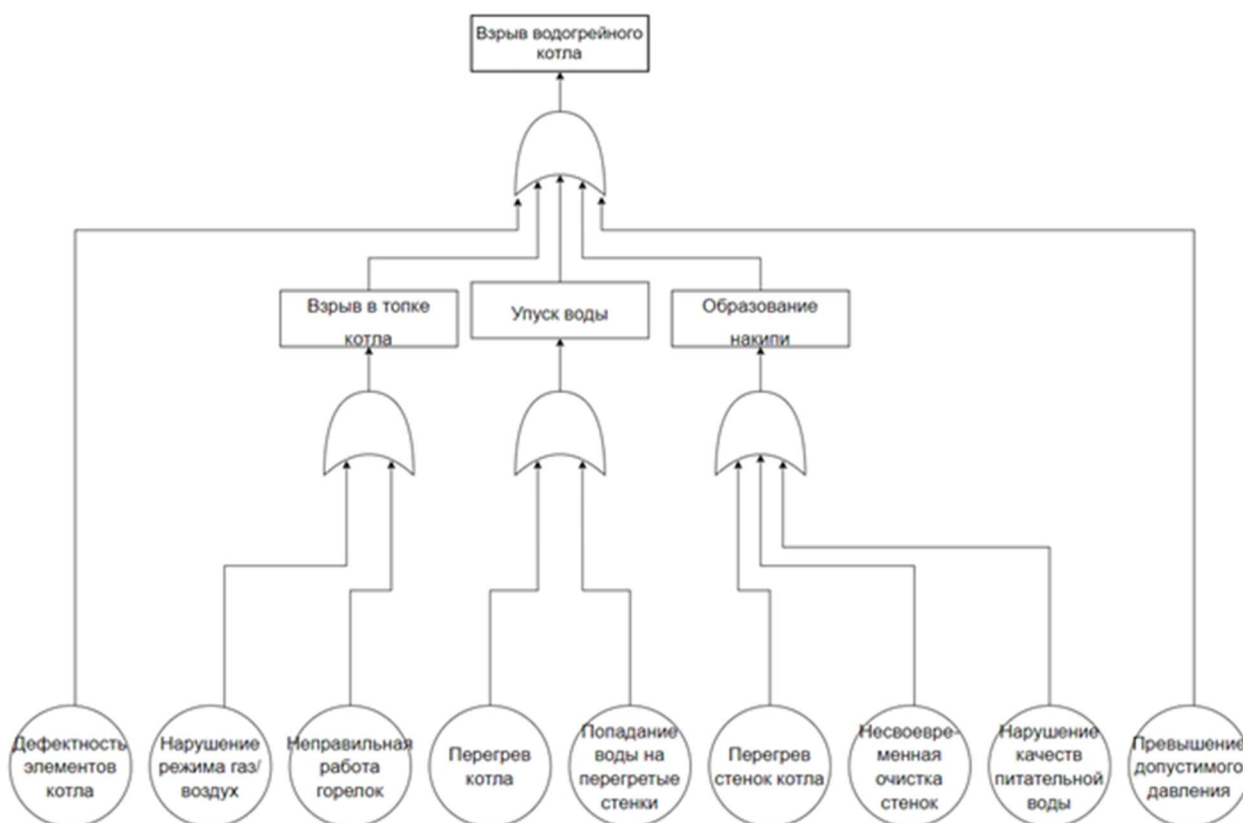


Рисунок 5 – Дерево отказов

Построенная диаграмма на рис. 5 указывает на то, что основными источниками аварий (отказов) котельной установки могут быть.

1. Ошибочные действия операторов при слежении за технологическим процессом;
2. Ложные показания контрольно-измерительных приборов;
3. Отказ клапанов;
4. Дефектность элементов котельной установки;
5. Возникновение аварийного уровня значений параметров среды в котле.

Все эти источники аварий наблюдаемы и могут быть предотвращены, если есть соответствующие средства мониторинга, побуждающие оператора к принятию по их устранению.

По материалам анализа аварийной ситуации разрабатывается таблица мероприятий противоаварийной защиты.

Таблица 3 – Анализ аварийного состояния

Уровень аварийной ситуации	Наименование аварийной ситуации	При каких условиях возможна аварийная ситуация	Возможное развитие аварийной ситуации, последствия	Реальное состояние системы (средств) противоаварийной защиты (ПАЗ) и локализации аварийных ситуаций	Мероприятия по дооснащению системы ПАЗ и средств для локализации и аварийных ситуаций
1	2	3	4	5	6
D	Взрыв водогрейного котла	Ошибки производственного персонала при выполнении технологического процесса Несоблюдение режима газ/воздух. Отказ клапанов.	Утечка природного газа; пожар; разрушение технологического оборудования; поражение производственного персонала.	Отсутствуют средства ПАЗ (SIS). Имеет место ручное управление технологическим оборудованием при возникновении аварийного режима.)	Оснастить технологическую схему средствами контроля и аварийной защиты от утечек.

Выделяем цепочки опасных событий, которые могут быть устранены с использованием программно-аппаратных средств (*E/E/PE*) и слоев защиты Действия оператора, Системы автоматического реагирования, СПАЗ. (рисунок 3.3).

Взрыв водогрейного котла	Оповещение персонала по ЧП	Срабатывание предохранительной арматуры	СПАЗ	Вероятность появления	Последствия
Р	(1-P1)=0.9	(1-P1)P2	(1-P1)(1-P2)(1-P3)	0,729	Разрушения связанные со взрывом котла Возможны жертвы среди персонала, работавшего в непосредственной близости к котлу
			(1-P1)(1-P2)P3	0,081	Дополнительные разрушения связанные с локальным возгоранием
			(1-P1)P2(1-P3)	0,081	Утечка газа с возможным его скоплением
			(1-P1)P2P3	0,009	Сильный пожар с возможностью взрыва Большие разрушения
			P1(1-P2)(1-P3)	0,081	Дополнительные людские жертвы связанные с не оповещением служб спасения
			P1(1-P2)P3	0,009	Большое число возможных жертв, возникших из-за воздействия факторов пожара
			P1P2(1-P3)	0,009	Жертвы связанные с отравлением природным газом и его возгоранием
			P1P2P3	0,001	Огромные людские жертвы Значительное разрушение здания

Рисунок 6 – Частота и последствия событий в результате аварии

Оценим возможности снижения риска с помощью технологических слоев защиты.

Анализ возможности применения технологических ограждений, равно как и других средств пассивной защиты показывает, что заданный уровень безопасности не достигается в случае возникновения отказа. Эти средства лишь ограничивают развитие опасности. Слой защиты, связанный с обязательностью выполнения правил технической эксплуатации, не обеспечивает технологическую безопасность при изменении внутренних свойств объекта управления котельной установкой. Поэтому для снижения риска такой опасности следует использовать специальный дополнительный приборный контур защиты по давлению. Оценим в соответствии с диаграммой уровень требований к системе аварийной безопасности в метрике уровня рисков аварийного события «Взрыв водогрейного котла».

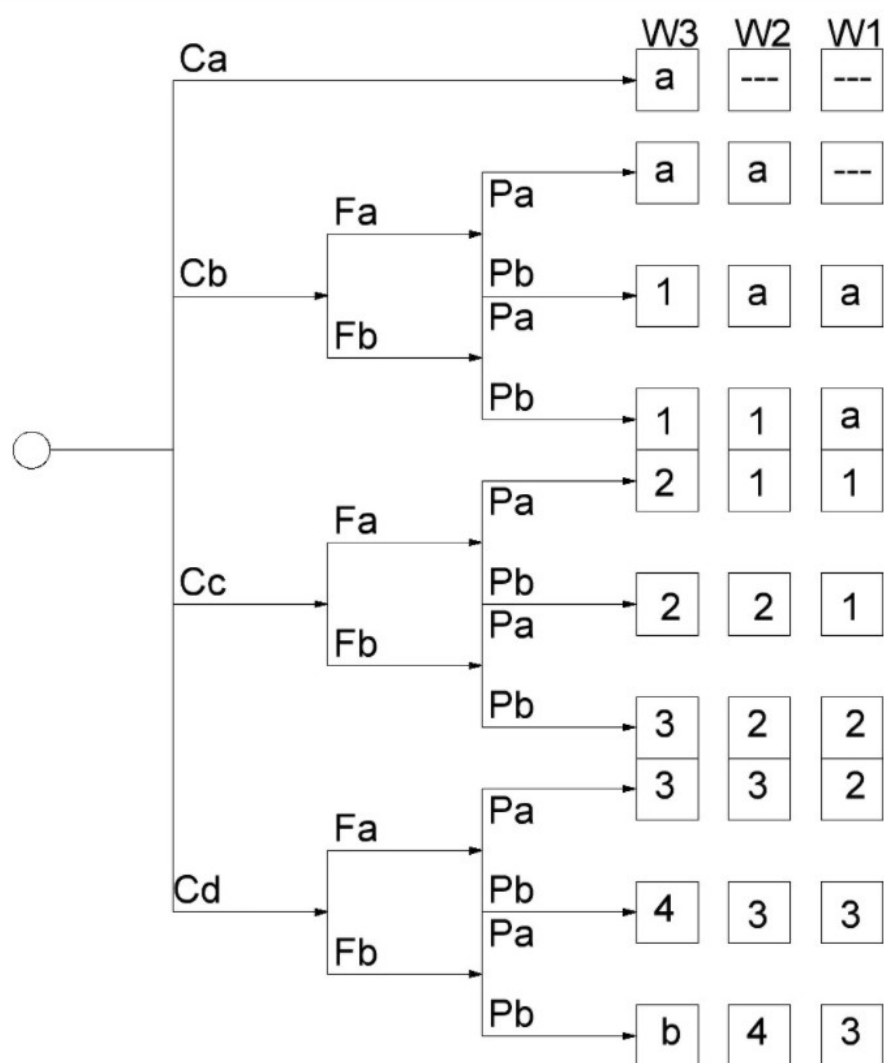


Рисунок 7 – Диаграмма риска. Назначение потребной SIL

3.6.2 Определение необходимого уровня безопасности процесса

Заданный уровень безопасности процесса специфичен для каждого конкретного процесса, предприятия или отрасли. Пусть типизация уровня безопасности для рассматриваемого процесса установлена нормативными документами предприятия. Пусть нормативными документами установлено то, что средняя частота аварийного события на котельной установке не должна превышать 10^{-3} в год. Это объясняется ожидаемыми последствиями выброса конденсата и газа для людей и окружающей среды. Будем считать, что нештатное отключение процесса ведет к нежелательной ситуации, хотя бы потому что (процесс) производство должно быть остановлено и запущено вновь. Запуск и нештатная остановка технологических процессов считаются

двумя самыми опасными режимами работы данного производства и должны быть ограничены до абсолютного минимума.

Задавшись примерным ситуационным планом этого аварийного события, можно установить следующие атрибуты риска взрыва котла

- травматизм соответствует – C_C ;
- продолжительность нахождения в опасной зоне – F_B ;
- предотвращение опасности – P_B ;
- вероятность нежелательного события – W_2 .

Воспользовавшись диаграммой риска (рисунок 7), в соответствии с этими атрибутами риска, его уровень соответствует – 2.

4 РАСЧЕТ ИССЛЕДУЕМОЙ МОДЕЛИ

4.1 Расчет систем теплоснабжения

Система теплоснабжения представляет собой совокупность распределенных теплообменных устройств и включает в себя выработку, транспортировку и потребление тепловой энергии. Элементы системы водяного отопления подразделяют по видам теплопередачи (излучение, теплопроводность, конвекция) и по согласованию потоков сред (прямоток, противоток, перекрестный поток). Процесс динамики каждого из элементов описывается дифференциальными уравнениями [1–2].

Пренебрегая незначительному изменению массы теплоносителя, можем говорить о том, что изменение его температуры будет пропорционально количеству тепла:

$$cm dT = Q_k + Q_\lambda + Q_{из} + Q_\phi + Q_T, \quad (4.1)$$

Выражение dT в первом уравнении (4.2) представляет собой дифференциал:

$$dT = \frac{\partial T_i}{\partial t} + w_i \frac{\partial T_i}{\partial x_i}, \quad (4.2)$$

где w_i - проекции вектора скорости теплоносителя.

Для каждого из элементов системы теплоснабжения можно получить систему дифференциальных уравнений в частных производных путем подстановки значений $Q_k, Q_\lambda, Q_{из}, Q_\phi, Q_T$ и dT в выражение (4.1). Вещество рассматривается как непрерывная сплошная среда, характеристики процессов переноса – это непрерывные функции координат и времени, а соответствующие дифференциальные уравнения вытекают из законов сохранения.

Суммарный расходы подведенной и отведенной теплоты путем конвекции описывается следующим уравнением (4.3):

$$Q_k = \pm \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot F_i \cdot (T_i - T_{i-1}), \quad (4.3)$$

Суммарная теплопроводность описывается уравнением (4.4):

$$Q_{\lambda} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot F_i \cdot \frac{\delta^2 T_i}{\delta x_i^2}, \quad (4.4)$$

Расход теплоты, подведенной и отведенной путем излучения (4.5):

$$Q_{\text{из}} = \pm \sum_{i=1}^n F_i \cdot q_i(t), \quad (4.5)$$

Расход теплоты, подведенной и отведенной путем фильтрации находится по формуле (4.6):

$$Q_{\kappa} = \sum_{i=1}^n k_{\phi i} \cdot F_i \cdot (T_i - T_{i-1}) \quad (4.6)$$

где α_i – коэффициент теплоотдачи;

F_i – поверхность теплообмена;

λ_i – коэффициент теплопроводности среды;

x – пространственная координата;

q_i – удельный тепловой поток;

$k_{\phi i}$ – коэффициент фильтрационного теплообмена.

В большинстве подходов рассматривается статическая система без учета динамических характеристик системы отопления с точки зрения возмущения и регулирования. Объект управления является инерционным, вследствие чего возникает необходимость регулирования с запаздыванием по отношению к изменению климата. Для его устранения и разработки рациональной системы управления процессом подачи тепловой энергии в систему отопления имитационное моделирование используется для решения следующих задач [3]:

- анализ влияния температуры наружного воздуха на внутренний климат зданий;
- проектирование системы управления подачей теплоносителя с учетом динамических свойств по каналам управления и возмущения;
- проверка разработанных алгоритмов систем управления.

Для имитационного моделирования зачастую применяется инструмент визуального моделирования Simulink, являющийся модулем расширения математического пакета Matlab Simulink позволяет имитировать

динамические системы и исследовать их работоспособность с помощью графических блоков [4].

При рассмотрении существующих методов и математических моделей, применяемых для описания процессов теплоснабжения зданий задачи тепломассобмена описываются дифференциальными уравнения в частных производных. Однако получить аналитическое решение этих уравнений в общем виде невозможно, поэтому для учета динамических процессов в системе по каналам возмущения и управления, а также разработки эффективной системы управления процессом отопления зданий целесообразно применять имитационное моделирование, например, на основе Matlab Simulink.

Таким образом, для эффективного управления теплопотреблением комплекса зданий при теплоснабжении от автономного источника тепла, обеспечения экономии и рационального использования энергоресурсов, необходимо сделать упор на разработку web ориентированных систем управления инженерными системами зданий, основанных на экспериментальных исследованиях и имитационном моделировании динамических процессов, протекающих в системе теплоснабжения.

4.2 Расчет тепловых сетей

4.2.1 Тепловой расчет

Продолжительность отопительного периода: расчетный период времени работы системы отопления здания, представляющий собой среднее статистическое число суток в году, когда средняя суточная температура наружного воздуха устойчиво равна и ниже 8°C или 10°C в зависимости от вида здания.: $n_0 = 218$ сут [5]

Вводные параметры:

– $t_{н.о}$ = минус 40°C температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки [16];

- $t_n = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температура наружного воздуха начала и окончания отопительного периода;
- $t_r = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температура горячей воды [6];
- $t_x^3 = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температура холодной воды;
- $V_H = 15600 \text{ м}^3$ объем потребителей;
- $t_b = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ температура воздуха в помещении.

Расчетная тепловая нагрузка отопления Q'_o , Вт, находится по формуле 4.7.

$$Q'_o = q_o \cdot V_H \cdot \alpha(t_b - t_{н.о.}) = 0,421 \cdot 15600 \cdot 0,87(20 + 40) = 0,342 \text{ МВт} \cdot \text{ч}, (4.7)$$

где q_o – удельная тепловая характеристика здания для расчета отопления, Вт/(м³·°C). Для каждого здания удельная тепловая характеристика индивидуальна, и принимается в зависимости от объема здания и его назначения по справочным данным, $q_o=0,421$ [4]; α – поправочный коэффициент. Для г.Свободный, Амурская область при $t_{н.о.} = \text{минус } 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\alpha = 0,87$ [14];

Расчетная тепловая нагрузка на вентиляцию Q'_b , Вт (4.8):

$$Q'_b = q_b \cdot V_H \cdot \alpha(t_r - t_x^3) = 0,186 \cdot 38425 \cdot 0,87(55 - 5) = 0,126 \text{ МВт} \cdot \text{ч} (4.8)$$

Тепловая нагрузка на водоснабжение в неотапительный (летний) период $Q_{гвс}^3$, Вт находят по формуле 3.9:

$$Q_{гвс}^л = Q_{гвс}^3 \cdot \beta \cdot \frac{(t_r - t_x^л)}{(t_r - t_x^3)} = 0,015 \cdot 1 \cdot \frac{(55-15)}{(55-5)} = 0,013 \text{ МВт} \quad (4.9)$$

где $t_x^л$ – температура холодной воды в летний период

Суммарная тепловая нагрузка определяется следующим образом по формуле 3.10:

$$\Sigma Q = Q'_o + Q'_b + Q'_{з.гвс} = 0,13 \text{ МВт} \cdot \text{ч} \quad (4.10)$$

Годовой расход тепла на отопление определяем по формуле 3.12:

$$Q_o^{\text{год}} = Q'_o \cdot \frac{t_b - t_{ср.о}}{t_r - t_{н.о.}} \cdot n_o \cdot 24 = 75,9 \text{ МВт} \cdot \text{ч} \quad (4.11)$$

Годовой расход тепла на вентиляцию рассчитываем по формуле 3.13:

$$Q_B^{\text{год}} = Q'_B \cdot \frac{t_B - t_{\text{ср.о}}}{t_B - t_{\text{н.о}}} \cdot n_o \cdot 24 = 34,75 \text{ МВт} \cdot \text{ч} \quad (4.12)$$

Суммарный годовой расход тепловой энергии находим по формуле (4.14):

$$Q_{\text{год}} = Q_o^{\text{год}} + Q_B^{\text{год}} = 110,65 \text{ МВт} \cdot \text{ч} \quad (4.13)$$

Далее находим тепловую нагрузку в отопительный период

Нагрузка на отопление при $t_{\text{н}} = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ определяется по формуле 4.14:

$$Q_o^{+8} = Q'_o \cdot \frac{t_B - t_{\text{н}}}{t_B - t_{\text{н.о}}} = 0,342 \cdot \frac{20-8}{20-(-40)} = 0,0068 \text{ МВт} \quad (4.14)$$

Нагрузка на вентиляцию $t_{\text{н}} = 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ находится по формуле (3.15):

$$Q_B^{+8} = Q'_B \cdot \frac{t_B - t_{\text{н}}}{t_B - t_{\text{н.о}}} = 0,00252 \text{ МВт} \quad (4.15)$$

Суммарная тепловая нагрузка определяется по формуле (3.16):

$$Q_{\Sigma} = Q_B^{+8} + Q_o^{+8} + Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} \quad (4.16)$$

Посчитанные данные сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4 – Изменение тепловой нагрузки в зависимости от температуры наружного воздуха

$t_{\text{н}},$ $^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{в}},$ $^{\circ}\text{C}$	Расход теплоты, МВт		Суммарная нагрузка
		Отопление	Вентиляция	
-40	20	0,3428	0,1262	0,469
-35		0,3142	0,1227	0,4369
-30		0,2856	0,1111	0,3967
-25		0,2571	0,0995	0,3566
-20		0,2285	0,088	0,3165
-15		0,1999	0,0764	0,2763
-10		0,1714	0,0648	0,2362
-5		0,1428	0,0532	0,196
0		0,1142	0,0416	0,1558
8		0,0685	0,0231	0,0916

График по таблице 4 приведен на рисунке 8

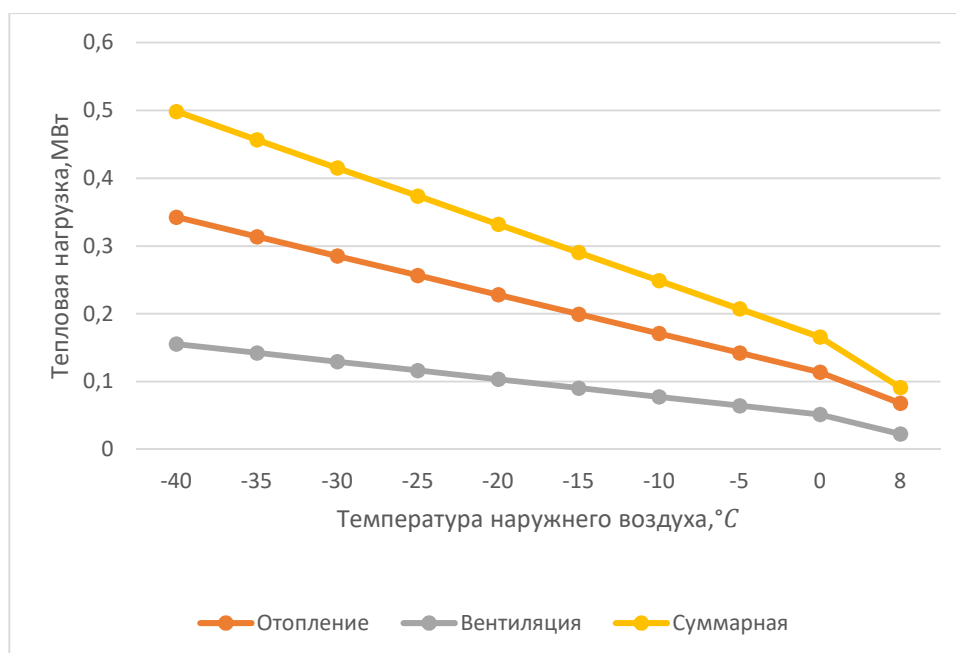


Рисунок 8 – График тепловой нагрузки в отопительный период

Из графика изображенного на рисунке 8 заметно линейное изменение нагрузки при увеличении температуры наружного воздуха, что говорит о верном тепловом расчете.

4.3 Описание математической модели

Модель потребителей тепла составлялась в программном продукте Matlab Simulink. Для создания моделей использовались температурные графики потребителей в зависимости от температуры наружного воздуха, температурный график.

Модель состоит из следующих блоков:

- потребитель тепла – здание;
- водогрейный котел;
- часть трубопровода.

Блок потребителя тепла (здание) описывается входными воздействиями температуры прямой воды, массовым расходом теплоносителя, выходной величиной является температура обратной воды, изменение входных параметров зависит от температуры окружающей среды.

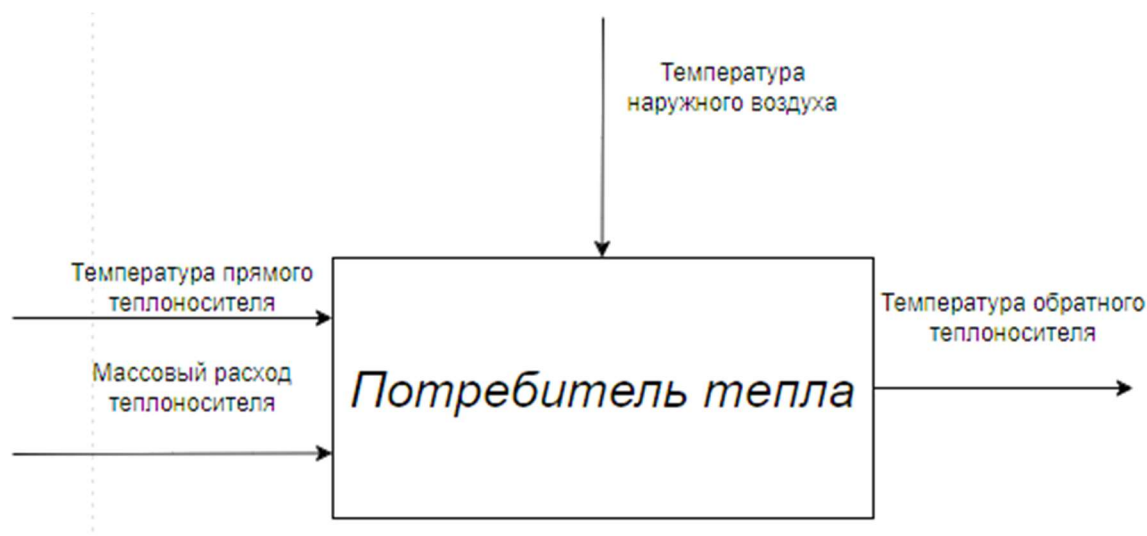


Рисунок 9 – Блок потребителя тепла (здание)

Водогрейный котел представляет собой технологическую установку, в которой происходит сгорание топливно-воздушной смеси, которая выделяет энергию для нагрева теплоносителя. В качестве теплоносителя используется предварительно подготовленная вода. Температура воды, поступающей в котел не должна быть меньше 60 градусов. На вход в котел подается топливо и холодный теплоноситель – обратная вода, на выходе: нагретый теплоноситель – прямая вода.

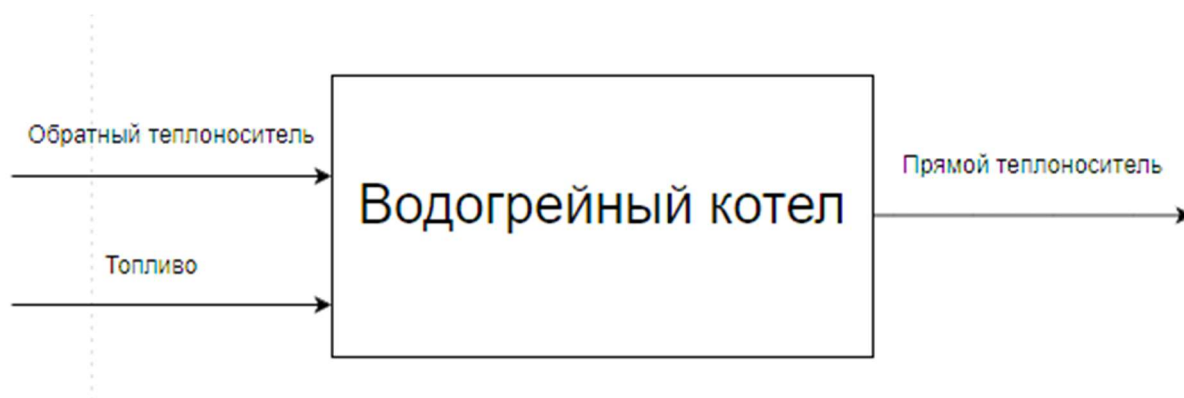


Рисунок 10 – Блок схема водогрейного котла

Мощность передаваемая теплоносителю при сгорании топлива P_1

$$P_1 = V_r \cdot \rho_r \cdot q \cdot \eta, \text{ кДж/ч}$$

где V_r – объемный расход топлива (для котлов на газовом топливе) $\text{м}^3/\text{мин}$, ρ_r – плотность газового топлива $\text{кг}/\text{м}^3$, q – удельная теплота сгорания топлива, $\text{Дж}/\text{кг}$.

Мощность, которую отбирает теплоноситель P_2

$$P_2 = c \cdot G \cdot (T_2 - T_1), \text{кДж/ч}$$

где c – удельная теплоемкость теплоносителя кДж/(кг · К); G – массовый расход теплоносителя Дж/кг;

Температура прямой воды на выходе из котла будет следующей (4.9):

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{1}{V \cdot \rho \cdot c} \frac{d(P_1 - P_2)}{dt}$$

Уравнение прямой воды является уравнением динамики для температуры прямой воды. Решением этого уравнения является интеграл от правой части (4.10):

$$T_2 = \int \frac{P_1 - P_2}{V \cdot \rho \cdot c} dt$$

Блок части трубопровода описывается входными воздействиями температуры прямой или обратной воды на входе и тепловыми потерями по длине трубопровода, выходной величиной является температура теплоносителя с учетом преодоления расстояния.

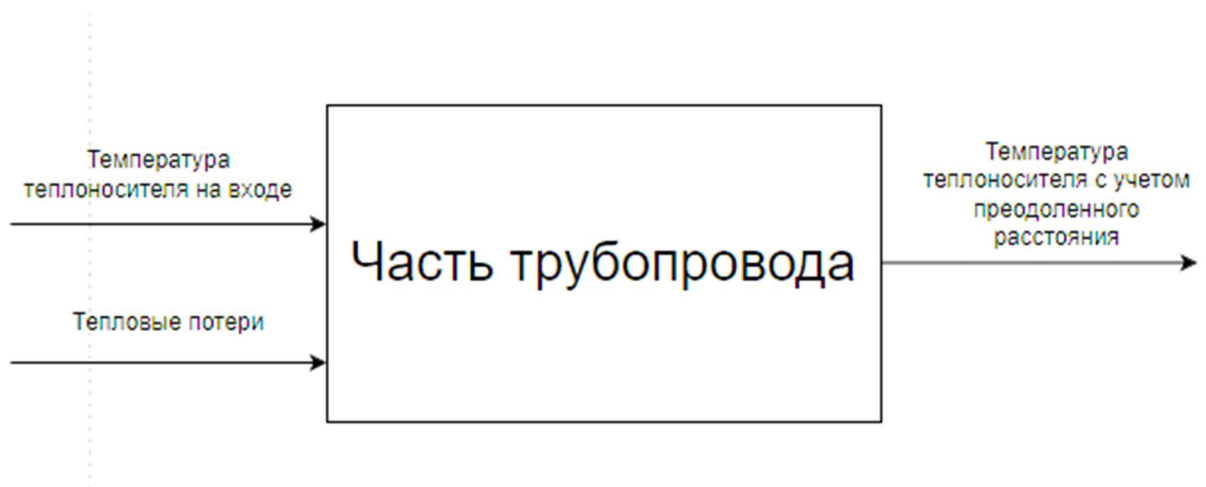


Рисунок 11 – Блок схема часть трубопровода

Для построения блока трубопровода в программе Matlab необходимо найти количество тепловых потерь по длине трубопровода, массовый расход рабочего тела.

Потери по длине трубопровода согласно расчету, представленному по следующей формуле:

$$Q_2 = (q \cdot l \cdot \beta) \cdot 10^{-6}, \text{ккал/ч,}$$

где q – удельные часовые потери трубопроводами каждого диаметра, определённые пересчётом табличных значений норм удельных часовых тепловых потерь на среднегодовые (среднесезонные) условия эксплуатации, ккал/ч·м; l – длина участка трубопроводов тепловой сети, м;

β – коэффициент местных тепловых потерь, учитывающий тепловые потери запорной и другой арматурой, компенсаторами и опорами (принимается 1,2 при диаметре трубопроводов до 150 мм и 1,15 – при диаметре 150 мм и более, а также при всех диаметрах трубопроводов бесканальной прокладки, независимо от года проектирования).

Температура воды с учетом тепловых потерь выражается по следующей формуле:

$$G = \frac{Q \cdot 1000}{T_1 - T_2}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

T_1 – температура на входе в участок трубопровода, °C;

T_2 – температура с учетом преодоления длины, °C;

Q – выражается как сумма потерь по длине трубопровода и тепловых потерь трубопровода считается следующим образом:

$$G = \frac{(Q + Q_2) \cdot 1000}{T_1 - T_2}$$

Отсюда выражаем значение температуры на выходе из трубопровода:

$$T_2 = T_1 - \frac{(Q + Q_2) \cdot 1000}{G}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4.3.1 Разработка системы автоматического управления

Задача системы автоматического управления заключается в поддержании необходимой температуры теплоносителя, который поступает к потребителям, температура теплоносителя зависит от температуры окружающего воздуха.

В качестве регулятора для поддержания необходимой температуры используется пропорциональный регулятор.

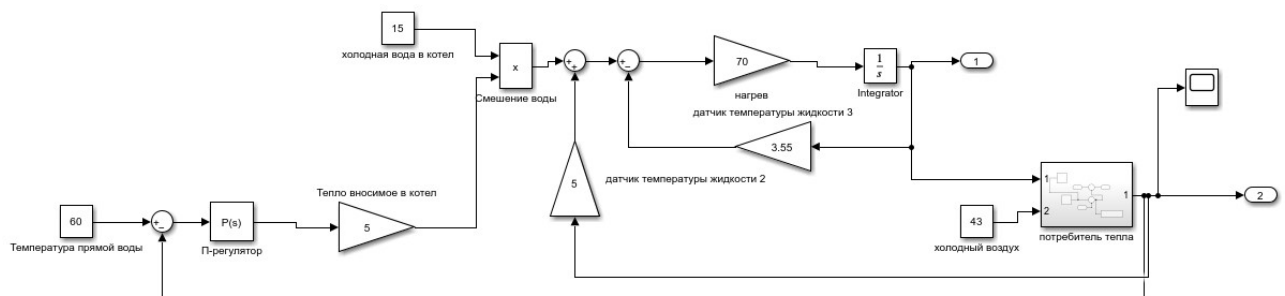


Рисунок 12 – Система теплоснабжения с регулятором

На рисунке представлена часть обратного трубопровода. На вход поступает температура теплоносителя, выходящего из потребителя, на выходе из участка – температура теплоносителя, входящего в котлоагрегат.

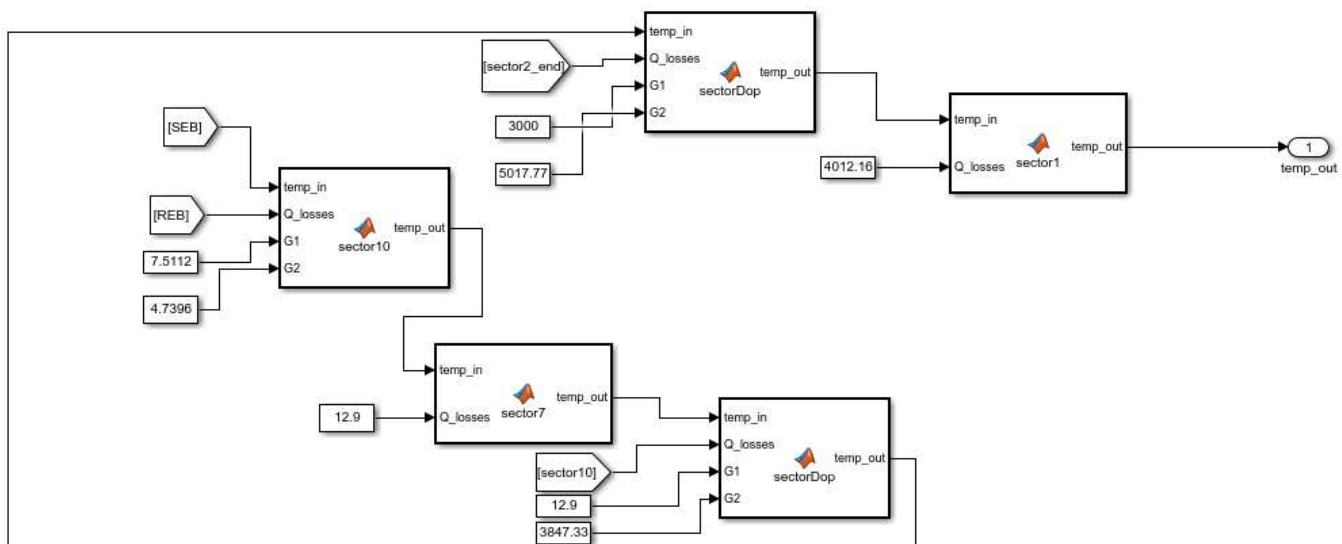


Рисунок 13 – Часть обратного трубопровода

Температура теплоносителя зависит от объема газозовдушной смеси поданной в котел, объемный расход газозовдушной смеси изменяется в зависимости от температуры наружного воздуха.

Процесс проверки модели на адекватность происходит следующим образом, принимаем предельно критичные параметры окружающей среды: при изменении возмущений температуры наружного воздуха с минус 43 °С до минус 20°С отслеживаем изменение температуры обратного теплоносителя.

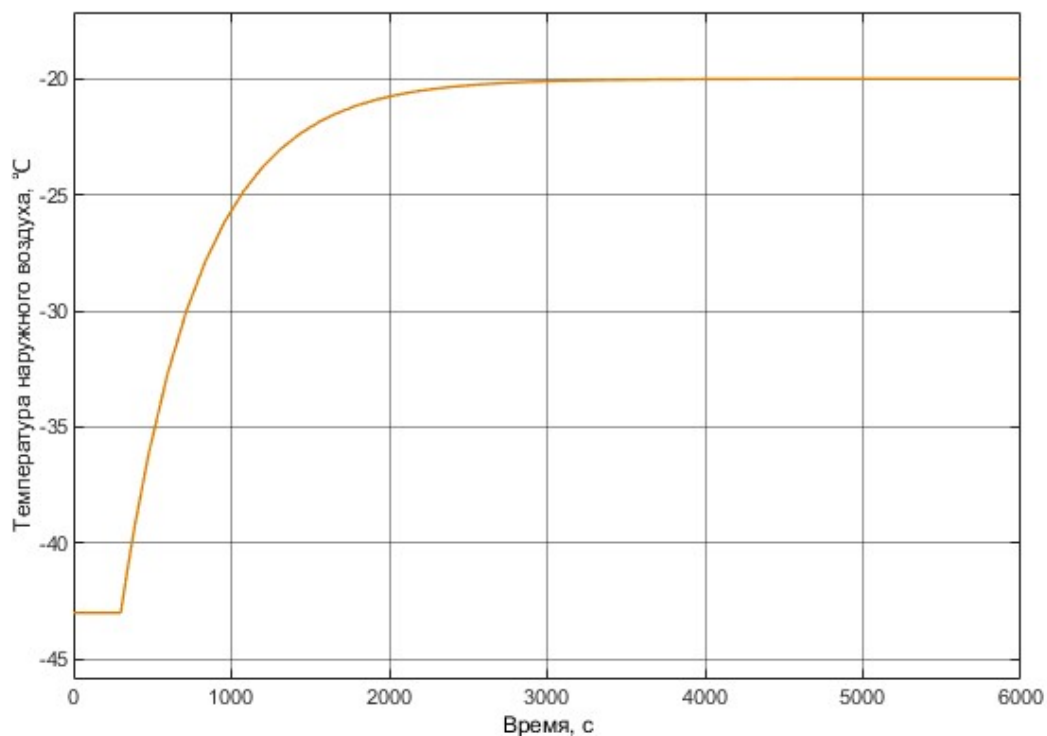


Рисунок 14 – Изменение температуры наружного воздуха по времени

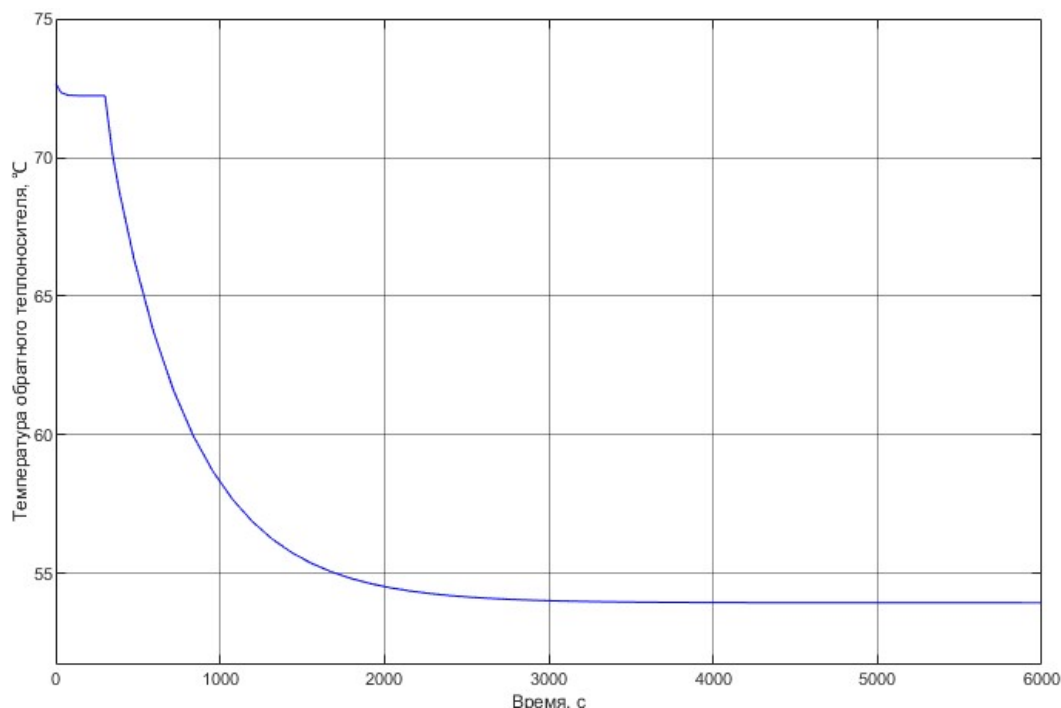


Рисунок 15 – Изменение температуры обратной воды от температуры воздуха

Результаты расчета показывают, что температура прямой воды обратно пропорционально реагирует на изменение воздуха.

4.4 Моделирование процесса

Во время работы был разработан проект модифицированной установки дизельного топлива. В которой в качестве программирующего контроллера выступает контроллер Текон, что и является заменой импортному контроллеру Siemens, по программе импортозамещения.

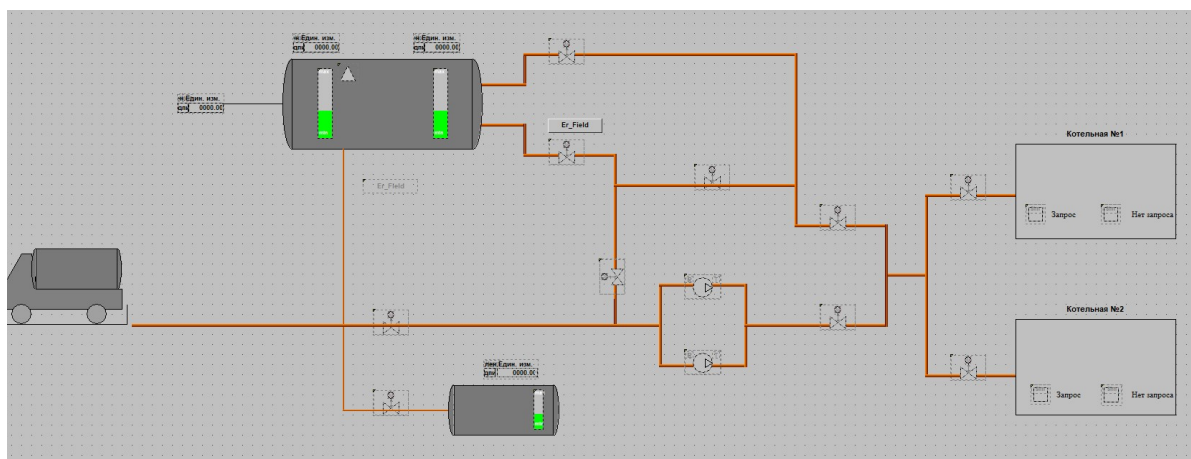


Рисунок 16 – Схема автоматизации на контроллере Текон

Перед закачкой дизельного топлива открываем клапан 1,2,3,4 дизельное топливо проходит через насос 1 в емкость, емкость наполняется до

определенного уровня, на датчике уровня показано количество заполнения (выставлена уставка).

При срабатывании запроса на поставку топлива потребителю, необходимо открыть клапан 5,2,6,7, дизельное топливо проходит по трубопроводу через насос к потребителю котельной 2.

При срабатывании запроса на поставку топлива потребителю необходимо открыть клапан 5,6,2,8 дизельное топливо проходит по трубопроводу через насос к потребителю котельной 1.

Если сложилась нештатная ситуация необходимо воспользоваться дренажной емкостью открыв клапан 9, нажав кнопку разрешение.

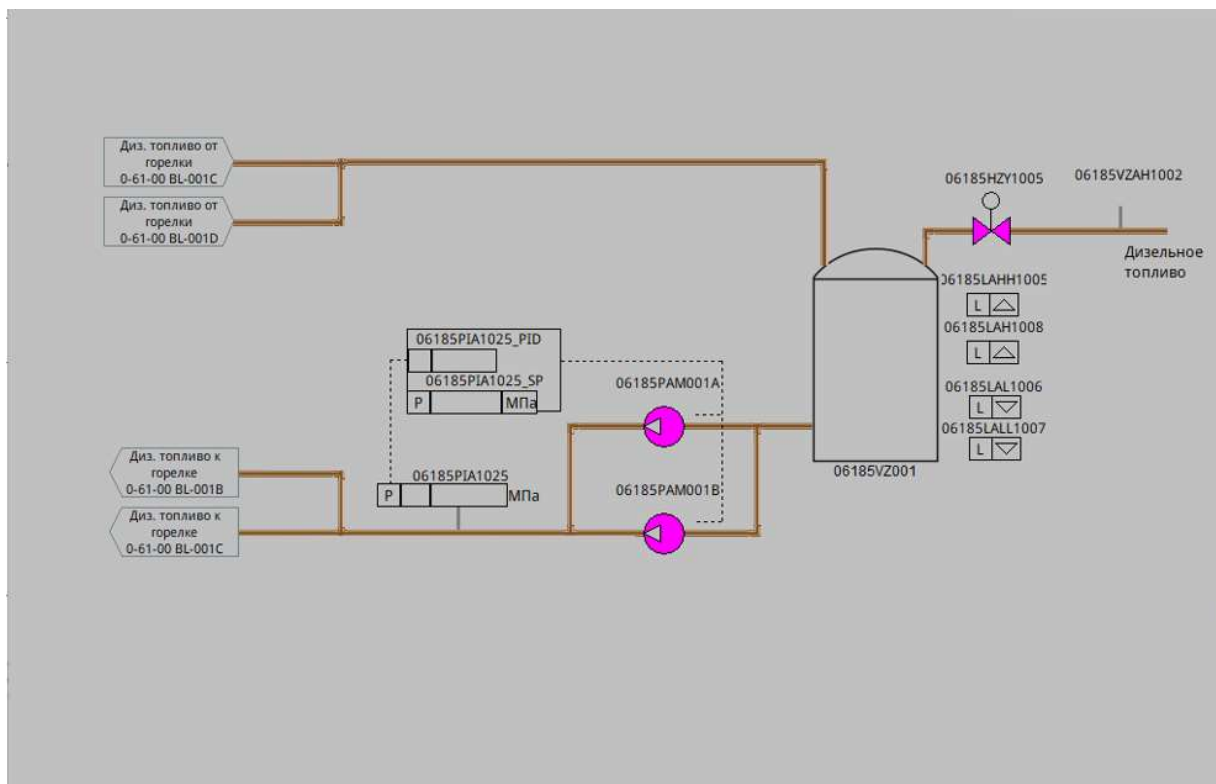


Рисунок 17 – Мнемосхема автоматизации котельной – подача топлива

Котельная водогрейная оборудована трехходовыми водогрейными газотрубными котлами с комбинированными горелками, которые работают на дизельном топливе. Дизельное топливо с нагнетания насосов подается на всасывание насосов. С нагнетания насосов подается на горение. При снижении давления дизельного топлива ниже 0,15 МПа и при повышении давления газа выше 0,3 МПа для защиты котла автоматически закроются клапана дизельного

топлива, отключится насос, с задержкой 3 секунды (возможна корректировка при ПНР) отключится дутьевой вентилятор; закроется воздушная заслонка горелки, рисунок 17.

Когда активна команда запуска горелки, АСУ откроет соответствующую воздушную заслонку и запустит контроль температуры. Контроль температуры воздуха, подаваемого на горение после калорифера, производится по датчику и при снижении температуры ниже 120С автоматически откроется двухходовой клапан для подачи воды из котлового контура в калорифер. При понижении температуры воздуха по датчику ниже сработает предупреждающая сигнализация. При понижении температуры обратной котловой воды из калорифера по датчику температуры ниже 650С сработает предупредительная сигнализация. Воздух после воздушной заслонки и заслонки поступает на всасывание воздуходувки, которая подает воздух на горение. При снижении давления воздуха после воздуходувки по датчику активируется останов котла с закрытием отсекаелей и отключением насоса с задержкой 3 секунды (возможна корректировка при пусконаладочных работах) отключится дутьевой вентилятор, закроется воздушная заслонка горелки.

При пуске котла, рисунок 18 топливно-воздушная смесь воспламеняется в горелке запальным устройством. В процессе работы котла контроль наличия пламени производится при помощи детектора пламени. Сигнал об отсутствии пламени от детектора пламени активирует останов котла с закрытием отсекаелей, и отключением насоса, с задержкой 3 сек. (возможна корректировка при пусконаладочных работах) отключится дутьевой вентилятор; закроется воздушная заслонка горелки

Отработанные дымовые газы из котла направляются в дымовую трубу. Контроль температуры ведется по датчику и при снижении до 1400С (при работе на дизельном топливе) активируется останов котла с закрытием отсекаелей и отключением насоса воздуходувки. Контроль за давлением ведется по датчику и при увеличении давления до 0,075 МПа активируется

[illegible]

64

5 СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

5.1 Технические характеристики котельной

Дизельная котельная представлена 2 бокс блоками ДЭС-1000, и блоком для хранения топлива. Утепленный блок контейнер северного исполнения предназначен специально для работы в экстремальных климатических условиях, конструкция и применяемый утеплитель обеспечивают эффективную эксплуатацию в диапазоне температур от минус 50°С до плюс 50°С. Габаритные размеры блока с дизельным генератором составляют: длина 10000 мм, ширина 2435мм, высота 2200мм, вес 15000кг.

Требования к техническому, инструментальному и метрологическому обеспечению указаны в пункте главе 1.

На основании данных параметров необходимо выбрать средства автоматизации, которые будут удовлетворять метрологическим и техническим требованиям.

5.2 Выбор контроллера

Для проектирования блока сепарации необходимо выбрать контроллерное оборудование. Сравнение производилось между Сименс Siemens S7-1500, ОВЕН ПЛК 160.

Таблица 5 – Сравнение ПЛК

Контроллеры	Текон МКФ-1500	ОВЕН ПЛК 160	Siemens S7-1500
Рабочая температура	от минус 40 до плюс 50 °С	от минус 40 до плюс 70°С	от минус 40 до плюс 60°С
Интерфейсы	Ethernet, RS-485, USB	RS-485, RS-232, USB	RS-232, RS-422, Ethernet, USB
Протоколы	Modbus TCP/RTU/ASCII, CODESYS Gateway, MQTT, SNMP	Modbus TCP, TCP/IP, DNP3L2	Modbus TCP/RTU, Regulbus, OPC DA/UA
Дискретный ввод/вывод	8/8	8/4	8/8
Аналоговый ввод/вывод	8/4	8/0	4/2
Время выполнения операций	3 мс	-	1 мс
Наработка на отказ	60 000 ч	120 000 ч	100 000 ч
Цена	80 840 руб.	90 718руб.	125 375 руб.

Таблица 6 – Комплектация контроллеров

Характеристики	Siemens S7-1500	Теккон МКФ-1500	Овен ПЛК- 160
Модуль центрального процессора	+	+	+
Сигнальный модуль	+	+	+
Технологические модули	+	+	+
Коммуникационные модули	+	+	+
Системные блоки питания	+	-	-
Периферийные модули	+	+	+
Профильная шина	DIN 35	DIN 35	DIN 35

В проекте по программе импортозамещения используется контроллер Текон МФК-1500 [6]. Так как обладает наибольшим количеством аналоговых и дискретных вводов/выводов, что освобождает от покупки дополнительных модулей и позволяет сэкономить деньги.



Рисунок 19 – Контроллер Текон МФК-1500

МФК1500 в линейке оборудования ТЕКОН позиционируется как контроллер среднего класса, Контроллер предназначен для построения управляющих и информационных систем автоматизации технологических процессов среднего и высокого уровня сложности и может применяться как в составе централизованных, так и распределенных систем управления. Данный контроллер для малых и средних систем автоматизации со встроенными

дискретными и аналоговыми входами/выходами. Выбранный контроллер универсален благодаря широкому спектру коммуникационных протоколов, а также обладает следующими преимуществами:

1. высокая производительность;
2. удобство монтажа и обслуживания. Крепление возможно, как на DIN-рейку, так и на стену, также имеются съемные клеммники с невыпадающими винтами;
3. высокие коммуникационные возможности;
4. способность работы в тяжелых условиях (широкий диапазон питающего напряжения и температуры окружающей среды).

5.3 Выбор датчика температуры

Также необходимо установить датчик температуры. Выбор осуществлялся между Rosemount 0065, Метран 271, WIKA TR10-С и Метран 274. В результате был выбран Метран 274.

Таблица 7 – Сравнение датчиков температуры

Датчики	Rosemount 0065	Метран-271	WIKА TR10-В	Метран-274
Диапазон измерений	от минус 50 до плюс 450 °С	от минус 40 до плюс 600 °С	от минус 296 до плюс 600 °С	от минус 50 до плюс 400 °С
Предел допускаемой погрешности	± 0,1%	± 0,5%	± 0,15%	± 0,2%
Выходной сигнал постоянного тока	от 4 до 20 мА	от 4 до 20 мА	от 4 до 20 мА	от 4 до 20 мА
Средний срок службы	15 лет	6 лет	15 лет	8 лет
Взрывозащищенность	1ExdIICT6 X	0ExiaIICT6	1ExiaIICT1	1ExdIICT5
Степень защиты от внешних факторов	IP65	IP65	IP66	IP65
Цена	65 000 руб.	2 000 руб.	4 500 руб.	4 500 руб.

Принцип работы данного датчика, как и любого термометра сопротивления, основан на изменении сопротивления металла, из которого состоит чувствительный элемент, в зависимости от температуры. Плюс данного датчика заключается в его невысокой стоимости в сравнении с

другими представителями, а также наличие различных комбинаций чувствительных элементов и способов исполнения [16].



Рисунок 20 – Датчик температуры Метран 274

5.4 Выбор датчика давления

Выбор осуществлялся между A-Flow P-PT500, Метран 150 TG, ОВЕН ПД 100 и WIKA A-10. Так как Метран 150 TG превосходит все ниже представленные датчики давления, выбран был именно он [7].

Таблица 8 – Сравнение датчиков давления

Датчики	A-Flow P-PT500	Метран 150 TG	ОВЕН ПД 100	WIKA A-10
Диапазон измерений	от 0 до 25 МПа	от 0 до 60 МПа	от 0 до 7 МПа	от 0 до 1,6 МПа
Предел допускаемой погрешности	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,075\%$	$\pm 0,25\%$	$\pm 1\%$
Выходной сигнал постоянного тока	от 4 до 20 мА	от 4 до 20 мА + HART	от 4 до 20 мА	от 4 до 20 мА
Средний срок службы	10 лет	20 лет	12 лет	5 лет
Диапазон температур измеряемой среды	от минус 10 до плюс 80 °C	от минус 40 до плюс 80 °C	от минус 40 до плюс 100 °C	от 0 до плюс 80 °C
Степень защиты от внешних факторов	IP65	IP66	IP65	IP 65
Цена	50 000 руб.	80 000 руб.	30 372 руб.	8 465 руб.

Микропроцессорный датчик Метран 150 TG предназначен для осуществления непрерывного измерения избыточного, абсолютного, дифференциального давления с практически мгновенным преобразованием измеренного значения в унифицированный аналоговый выходной токовый сигнал, и имеет ряд отличительных особенностей и преимуществ:

1. небольшой вес и габариты;
2. легкость в демонтаже и замене;
3. широкий диапазон измерений;
4. поддержка HART.

Коммуникационный протокол HART может обмениваться данными по устаревшим аналоговым измерительным токовым контурам от 4 до 20 мА, разделяя пару проводов, используемых только аналоговыми хост-системами[8].



Рисунок 21 – Датчик давления Метран 150 TG

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП – ПРОЕКТА»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
8Т91	Ларина Анастасия Валерьевна

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Перечень вопросов, подлежащих разработке:	
<i>Концепция стартап – проекта (описание продукта как результат НИР)</i>	Описан обзор концепции
<i>Способы защиты интеллектуальной собственности</i>	Патент
<i>Объем и емкость рынка</i>	Определен объем и емкость рынка
<i>Расчет капитальных затрат на модернизацию системы</i>	Расчет капитальных затрат на модернизацию системы управления котельной на жидком топливе
<i>Конкурентные преимущества создаваемого продукта и Сравнение экономических характеристик продукта с российскими и импортными аналогами</i>	Выделены преимущества создаваемого продукта. Проведен сравнительный анализ российского и импортного оборудования
<i>Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта</i>	B2B (business-to-business)
<i>Бизнес - модель проекта</i>	Выбрана торговая бизнес – модель А.Остервальдера и И.Пинье
<i>Стратегия продвижения продукта на рынок</i>	Выбрана модель стратегии «прямые продажи»
Перечень графического материала:	
1. Бизнес – модель 2. Диаграмма целевых сегментов	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Юдахина Ольга Борисовна	к.э.н		.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т91	Ларина Анастасия Валерьевна		.

6 КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП-ПРОЕКТА

Название стартапа: BoilerTech Solutions (системы подогрева обратной воды вторичными газами).

Обзор концепции:

BoilerTech Solutions стремится произвести революцию в автоматизации промышленных дизельных котельных, предоставив передовую интегрированную систему управления, которая оптимизирует эффективность, снижает эксплуатационные расходы и повышает безопасность. Наша передовая разработка сочетает в себе интеллектуальные программные алгоритмы, современные датчики и удобные интерфейсы для предоставления комплексного решения для автоматизации промышленных котельных.

Проект совмещает в себе эффективное использование обратной воды, за счёт применения системы догорания газов дизельного топлива, которые подогревают обратный контур и тем самым уменьшают топливные затраты на подогрев обратной воды.

6.1 Описание продукта как результата НИР

Этот исследовательский проект направлен на изучение потенциала автоматизации в работе промышленных дизельных котельных с упором на оптимизацию эффективности, повышение безопасности и снижение эксплуатационных расходов. В ходе всестороннего исследования мы исследуем интеграцию передовых систем управления, интеллектуальных алгоритмов и сенсорных технологий для разработки инновационного решения для автоматизации промышленных дизельных котельных. Проект направлен на предоставление ценной информации, рекомендаций, основанных на данных, и практических руководств для профессионалов отрасли, стремящихся внедрить автоматизацию в своих котельных.

Внедрение систем обратной связи и технологии обработки данных для моделирования эффективного использования обратной воды в дизельных котлах открывает значительные перспективы для повышения эффективности котельных и оптимизации использования энергии достигаются за счет следующих факторов.

1. Повышенная эффективность: системы обратной связи позволяют в режиме реального времени отслеживать и контролировать критические параметры, включая температуру возвратной воды и скорость потока. Благодаря интеграции технологий обработки данных, таких как передовые алгоритмы и машинное обучение, система может анализировать данные и оптимизировать работу котла в соответствии с конкретными требованиями. Это приводит к повышению эффективности сгорания, снижению расхода топлива и повышению общей эффективности котла;

2. Экономия энергии: эффективное использование обратной воды в дизельных котлах может привести к существенной экономии энергии. Используя технологию обработки данных для имитации и моделирования оптимального использования обратной воды, система может динамически регулировать работу котла, чтобы максимизировать теплопередачу и минимизировать потери энергии. Такой подход помогает использовать весь потенциал доступной тепловой энергии и свести к минимуму отходы, что приводит к значительной экономии энергии и снижению эксплуатационных расходов;

3. Оптимальные стратегии управления: системы обратной связи в сочетании с технологией обработки данных позволяют разрабатывать сложные стратегии управления. Благодаря постоянному мониторингу и анализу характеристик возвратной воды система может адаптировать работу котла для достижения желаемых показателей производительности. Это включает в себя динамическую регулировку расхода топлива, соотношения воздух-топливо и других параметров для оптимизации эффективности

сгорания, снижения выбросов и поддержания стабильной работы при различных условиях нагрузки;

4. Прогностическое техническое обслуживание: технология обработки данных может использоваться для анализа исторических данных и данных в режиме реального времени из систем оборотного водоснабжения, обеспечивая возможности профилактического технического обслуживания. Выявляя закономерности и аномалии в данных, система может прогнозировать потенциальные проблемы, такие как образование накипи, загрязнение или ухудшение качества воды, и давать рекомендации по упреждающему обслуживанию. Это помогает предотвратить незапланированные простои, оптимизировать графики технического обслуживания и продлить срок службы котла;

5. Повышенная безопасность: системы обратной связи в сочетании с технологией обработки данных могут повысить безопасность дизельных котельных за счет постоянного мониторинга и анализа состояния возвратной воды. Система может обнаруживать аномалии, такие как низкий расход воды, высокая температура обратной воды или отклонения качества воды, и запускать соответствующие аварийные сигналы или автоматические меры безопасности. Это помогает предотвратить опасные ситуации и обеспечивает безопасную эксплуатацию котла;

6. Оптимизация производительности: интегрируя системы обратной связи и технологию обработки данных, операторы могут получить ценную информацию о производительности системы оборотного водоснабжения. Система может предоставлять индикаторы производительности в режиме реального времени, визуализацию данных и исторические тенденции, позволяя операторам определять области для улучшения, оценивать эффективность стратегий оптимизации и принимать решения на основе данных для повышения общей производительности и эффективности системы оборотного водоснабжения;

7. Интеграция с общей автоматизацией котла: системы обратной связи и технология обработки данных для систем обратной воды могут быть интегрированы в более широкую систему автоматизации дизельных котельных. Это позволяет плавно координировать и оптимизировать различные параметры котла, включая сжигание, подачу топлива, обработку воздуха и водоподготовку. Целостный подход к автоматизации повышает общую производительность системы, упрощает работу и снижает вероятность человеческой ошибки.

В целом перспективы внедрения систем обратной связи и технологии обработки данных для моделирования эффективного использования обратной воды в дизельных котлах многообещающие. Эта интеграция обеспечивает повышенную эффективность, экономию энергии, оптимальные стратегии управления, профилактическое обслуживание, повышенную безопасность, оптимизацию производительности и бесшовную интеграцию с общей автоматизацией котла. Используя мощь данных и передовых технологий, отрасли могут получить значительные преимущества и добиться более устойчивой и эффективной работы дизельных котельных.

Принцип работы системы, использующей вторичное использование дизельных топливных газов для подогрева воды в котлах, широко известен как система утилизации тепла дымовых газов. Эта система улавливает и использует отработанное тепло, содержащееся в выхлопных газах, образующихся при сгорании дизельного топлива, для нагрева воды, циркулирующей в котле.

Перспективы использования системы дожигания дизельных газов:

Процесс сжигания: в дизельном котле дизельное топливо сжигается в камере сгорания с образованием высокотемпературных выхлопных газов в качестве побочного продукта. Эти выхлопные газы содержат значительное количество тепловой энергии.

Система рекуперации тепла дымовых газов: Система рекуперации тепла дымовых газов интегрирована в установку котла для улавливания и

использования отработанного тепла от выхлопных газов. Обычно он состоит из теплообменников и связанных с ними компонентов.

Теплообменники: Теплообменники в системе облегчают передачу тепла от горячих выхлопных газов воде, которая циркулирует в котле. В этом контексте используются два распространенных типа теплообменников:

1. **Кожухотрубный теплообменник:** этот тип теплообменника состоит из кожуха (внешнего сосуда) и нескольких трубок (внутренних сосудов), по которым течет вода. Горячие выхлопные газы проходят по внешней поверхности труб, передавая тепло воде внутри;

2. **Пластинчатый теплообменник:** этот тип теплообменника состоит из нескольких пластин с чередующимися проходами горячей и холодной жидкости. Выхлопные газы проходят по одной стороне пластин, а вода – по другой. Теплообмен между двумя жидкостями происходит через пластины.

Процесс теплопередачи: когда горячие выхлопные газы проходят над или через поверхности теплообменника, тепло передается от газов к воде. Этот процесс повышает температуру воды, что позволяет повторно нагревать ее для различных применений в котельной системе.

Подогрев воды: вода, нагретая с использованием отработанного тепла выхлопных газов, направляется в соответствующую секцию котла, где она используется для повторного нагрева. Это может включать предварительный нагрев воздуха для горения, повторный нагрев питательной воды или нагрев других технологических потоков в котельной системе.

Эффективность и экономия энергии: благодаря системе рекуперации тепла дымовых газов котел может использовать отработанное тепло, которое в противном случае было бы потеряно через дымовую трубу. Это повышает общую энергоэффективность котла, снижает расход топлива и приводит к экономии средств за счет использования тепловой энергии, содержащейся в выхлопных газах.

Система рекуперации тепла дымовых газов позволяет вторично использовать дизельные топливные газы, максимально используя энергию и

сводя к минимуму отходы. Эффективно улавливая и используя отработанное тепло, система способствует повышению эффективности работы, снижению воздействия на окружающую среду и повышению общей производительности котла.

6.2 Целевые сегменты

Первым этапом запуска любого бизнеса является определение целевой аудитории – конкретной группы людей, на которую направляются маркетинговые коммуникации компании. К целевой аудитории относятся не только существующие покупатели предлагаемого продукта, но и потенциальные потребители, которых необходимо привлекать, чтобы занять стабильное положение в отрасли [56].

Наличие целевой аудитории позволяет создать идеальный продукт, продать в нужном месте, используя правильные средства коммуникации. Для определенного целевого сегмента потребителей свойственны признаки и характеристики, которые являются общими для каждого его представителя [56].

Для определения целевой аудитории происходит объединение потребителей по конкретным критериям (например, географический, социальнодемографический, психографический, поведенческий) [57].

Целевая аудитория BoilerTech Solutions - системы подогрева обратной воды вторичными газами рисунок 22.

1. Нефтедобывающие компании 65%;
2. Промышленность 22%;
3. ТЭЦ 10%;
4. Частный сектор 3%.

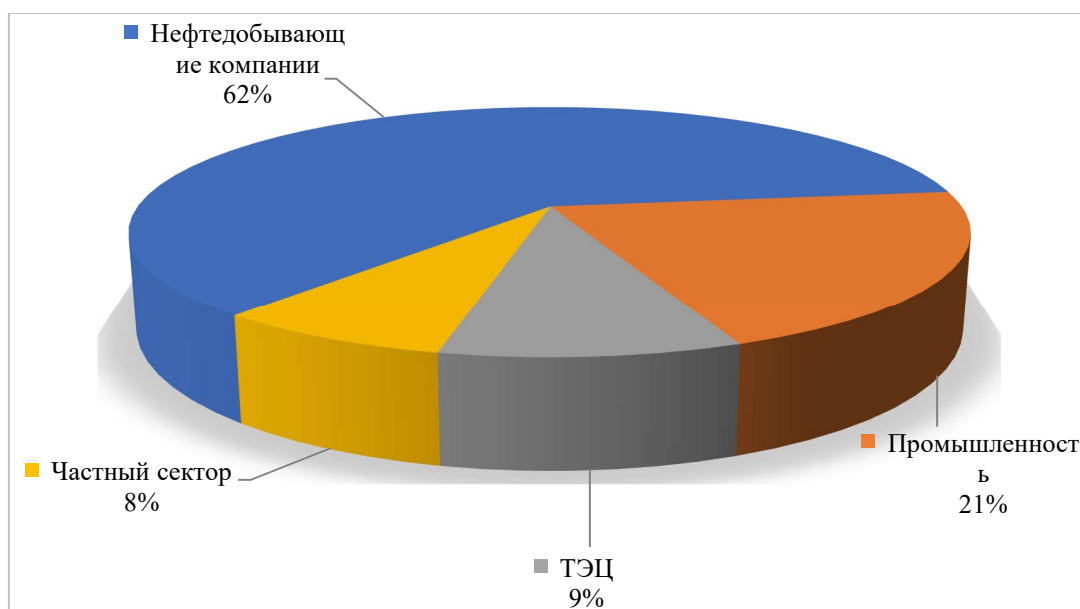


Рисунок 22 – Диаграмма целевых потребительских сегментов системы подогрева обратной воды вторичными газами

Целевой сегмент рассчитан на B2B аудиторию. Ключевыми потребителями для приобретения разрабатываемого продукта являются нефтедобывающие компании, промышленные добывающие компании, тепло электростанции и котельные, а также частный сектор.

В перспективе развития продукта рассматривается вариант выхода на рынок СНГ для добывающих компаний.

Отрасль котельных на жидком топливе является важным сектором экономики, который обеспечивает теплоснабжение различных объектов, включая жилые дома, промышленные предприятия и государственные учреждения. Современное состояние этой отрасли характеризуется следующими тенденциями:

1. Повышение энергоэффективности котельных. В связи с растущими ценами на энергоресурсы и ужесточением экологических требований, котельные становятся все более энергоэффективными. Для этого используются различные технологии, включая современные системы управления, автоматизацию, рациональное использование топлива;

2. Развитие технологий сжигания жидких топлив. Современные котельные на жидком топливе оснащены современными системами сжигания, которые обеспечивают высокую эффективность и экологичность процесса;

3. Использование альтернативных источников энергии. В связи с растущим интересом к экологически чистым источникам энергии, котельные все чаще оснащаются системами, использующими альтернативные источники энергии, такие как солнечные панели, ветрогенераторы, геотермальные насосы;

4. Рост спроса на котельные на жидком топливе. Спрос на котельные на жидком топливе растет, как в России, так и за ее пределами. Это связано с тем, что жидкое топливо является относительно дешевым и доступным видом топлива, который можно использовать в различных условиях и разных отраслях экономики.

В целом, отрасль котельных на жидком топливе имеет хорошие перспективы развития, особенно в свете растущего спроса на энергоэффективные и экологически чистые технологии. Однако, необходимо учитывать, что для достижения максимальной эффективности и конкурентоспособности, нужно использовать современные технологии и методы управления, что и выполняется в данном продукте.

Объемы производства блочно-модульных котельных напрямую в отчетах Росстат не отражаются. Их оценку можно сделать на основании данных по ежегодному выпуску водогрейных, паровых и паропроизводящих котлов.



Рисунок 23 – Объем российского рынка водогрейных котлов

Статистика за 2010–2017 гг. свидетельствует о том, что производство водогрейных котлов в России растет примерно на 4% в год, несмотря на некоторые довольно существенные провалы по объему производства в определенные периоды. В сегменте паровых и паропроизводящих котлов и оборудования, работающего с высокотемпературными органическими теплоносителями (ВОТ), средняя динамика развития производства составила 2,5% в год.

В целом, по оценкам аналитиков, рынок БМК в России растет примерно на 3,5% в год. Это подтверждается данными экспертных опросов и анализа тендеров по указанным видам продукции. Основной рост обеспечивается за счет продаж водогрейных установок, поскольку в этом сегменте сосредоточено наибольшее число потребителей.

Прогноз развития рынка блочно-модульных котельных представлен на рисунке 24.

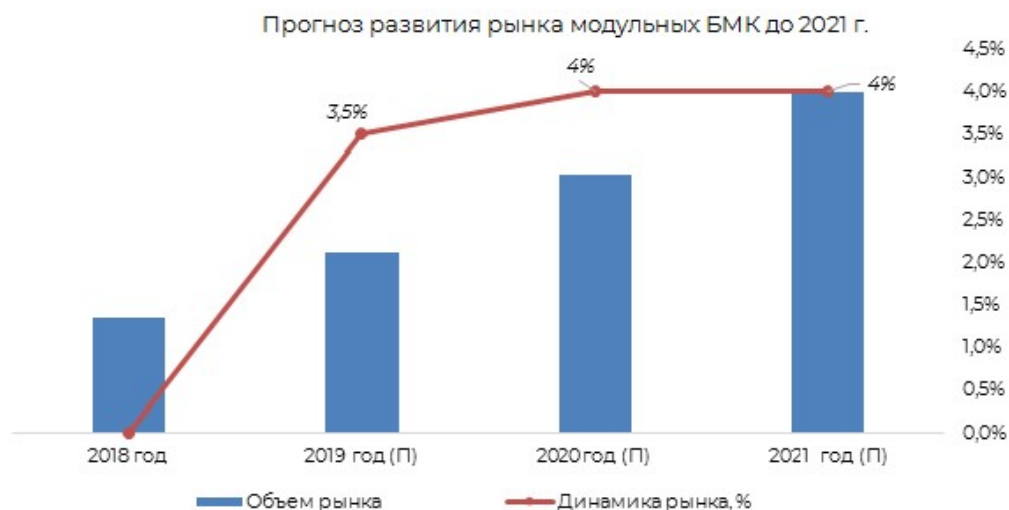


Рисунок 24 – Объем российского рынка водогрейных котлов

По данным проведенного исследования, рынок блочно-модульных котельных в ближайшем будущем будет расти примерно на 4% в год. Основной вклад в этот рост будут обеспечивать водогрейные и когенерационные установки, потому что именно они будут заменять устаревшее оборудование на объектах ЖКХ. Кроме того, приоритетное использование этих видов БМК заложено в «Энергетической стратегии развития России до 2030 года» в части обеспечения необходимыми ресурсами регионов, удаленных от основных магистралей теплоснабжения.

6.3 Объем и емкость рынка

Емкость рынка – это показатель, необходимый для принятия управленческих решений и прогнозирования деятельности компании. Он определяет уровень спроса на продукты. В количественном выражении емкость рынка представляет собой общий объем реализованной продукции [63].

Емкость рынка для данного оборудования было решено рассчитывать из учета объектов Газпрома, Роснефти и добывающих компаний, городские ТЭС в сибирском федеральном округе и по всей России. В расчет не будет браться частный сектор.

В Сибирском федеральном округе по статистике министерства энергетики было зарегистрировано 256 ТЭЦ, 12 частных компаний по добыче и 78 нефтедобывающих кустов [64]. Из предположительного расчета необходимого количества котельных можно предположить, что в каждую котельную и будет требоваться не менее 4 систем подогрева для каждой котельной, и по 3 системы для ТЭЦ. Планируемая цена продажи одной системы подогрева обратной воды будет составлять около 5 млн. руб. Емкость рынка в этом случае составляет 1128 шт. систем или 620 400 000 рублей.

При дальнейшем выходе на рынок по всей России емкость рынка увеличиться в разы (Таблица 9).

Таблица 9 – Емкость рынка

Показатели	Сибирский федеральный округ	РФ
Емкость рынка, шт.	1 128	7 865
Емкость рынка, руб.	5 640 000 000	39 325 000 000

При захвате 10% рынка по всей России потребуется выпускать 786 систем в год. Таким образом, зная примерную себестоимость системы догрева (3 млн. руб.) и его итоговую цену (5 млн. руб.) определяем объем и ёмкость рынка создаваемого продукта.

Объем рынка = 3,9 млрд. руб.

Ёмкость рынка = 39 млрд. руб.

6.4 Расчет капитальных затрат на модернизацию системы управления котельной на жидком топливе

Расчет капитальных затрат на модернизацию системы управления котельной на жидком топливе производился для предприятия ООО «Газпром переработка Благовещенск». Все технические характеристики модернизируемой котельной и подбор оборудования представлены в главе 5.

На основе этого подбора выполнена оценка его стоимости (таблица 10) и стоимость услуг по установке (таблица 11).

Таблица 10 – Стоимость оборудования российского производства для модернизации системы управления котельной

Наименование	Количество, шт	Цена, руб/шт	Стоимость
Котёл 1.25 МВт	2	320 000	640 000 руб.
Датчик температуры Метран 274	2	2 250	4500 руб.
Датчик давления Метран 150 TG	2	40 000	80 000 руб.
Контроллер Текон МКФ-1500	1	80 840	80 840 руб.
Резервуар для хранения дизельного топлива	2	50 000	100 000 руб.
Насос ЦНСК 60-330	2	40 000	80 000
Итого:	1 899 840 руб.		

Таблица 11 – Стоимость установки оборудования российского производства для модернизации системы управления котельной

Установка оборудования	Стоимость, руб
Котёл 1.25 МВт (2шт)	64 000 руб.
Датчик температуры Метран 274	2000 руб.
Датчик давления Метран 150 TG	2000 руб.
Контроллер Текон МКФ-1500	5000 руб.
Резервуар для хранения дизельного топлива	10000 руб.
Насос ЦНСК 60-330	5000 руб.
Проектирование блочно-модульной котельной	600 000 руб.
Пусконаладочные работы:	120 000 руб.
Итого	808 000 руб.

Общая стоимость модернизации системы управления котельной будет складываться из стоимости оборудования и затрат на установку этого оборудования, таким образом сумма модернизация котельной обойдется 2 707 840 руб.

Стоимость оборудования импортного производства и затрат на его установку представлены в таблицах 12-13.

Таблица 12 – Стоимость оборудования импортного производства для модернизации системы управления котельной

Наименование	Количество	Цена, руб/шт	Стоимость
Котёл 1.25 МВт	2	425 000	850 000 руб.
Датчик температуры Rosemount 0065	2	32500	65 000 руб.
Датчик давления A-Flow P-PT500	2	120 000	240 000 руб.
Контроллер Siemens S7-1500	1	130 000	130 000 руб.
Резервуар для хранения дизельного топлива	2	150 000	300 000 руб.
Насос RHINO (TMA G2)	2	62 500	125 000 руб.
Итого:	3 290 000 руб.		

Таблица 13 – Стоимость установки оборудования российского производства для модернизации системы управления котельной

Установка оборудования	Стоимость
Котёл 1.25 МВт	155 000 руб.
Датчик температуры Rosemount 0065	12 000 руб.
Датчик давления A-Flow P-PT500	20 000 руб.
Контроллер Siemens S7-1500	15 000 руб.
Резервуар для хранения дизельного топлива	100 000 руб.
Насос RHINO (TMA G2)	25 000 руб.
Проектирование блочно-модульной котельной	1 500 000 руб.
Пусконаладочные работы:	425 000 руб.
Итого	2 252 000 руб.

Общая стоимость капитальных затрат на модернизацию котельной с помощью импортного оборудования 5 542 000 руб.

Как видно из таблиц 10 и 11, стоимость отечественного оборудования в 1.8 раз дешевле по сравнению с зарубежными аналогами. Обслуживание отечественного оборудования по сравнению с импортным, дешевле в 2.8 раз, что отображено в таблицах 12 и 13. Исходя из этого, применение российских электронных компонентов, датчиков и оборудования экономически выгоднее и доступнее для замены и ремонта.

Эффект от импортозамещения, получаемый в ходе модернизации системы управления котельной, получается в районе 2 834 160 руб, то есть экономия на капитальных затратах очень существенна и полностью покрывает стоимость инвестиций в модернизацию.

6.5 Бизнес-модель

Бизнес-модель проекта по Остервальдеру представлена в таблице 14. Бизнес-модель основана на 9 ключевых элементах, которые взаимодействуют друг с другом и определяют, как бизнес будет функционировать и достигать целей.

Таблица 14 – Бизнес-модель проекта по А. Остервальдеру

Ключевые партнеры производители жидкого топлива, производители оборудования для котельных ,установщики и сервисные центры	Ключевые виды деятельности разработка и тестирование новой системой управления, продажа и маркетинг, обслуживание и поддержка системы управления	Ценностные предложения модернизация системы управления котельной на жидком топливе, которая позволяет улучшить эффективность и безопасность систем, переход на российских производителей	Взаимоотношения с клиентами обеспечение высокого уровня обслуживания и поддержки клиентов, регулярное обновление и улучшение системы управления	Потребительские сегменты Нефтедобывающие компании 65%, Промышленность 22%; ТЭЦ 10%; Частный сектор 3%.
	Ключевые ресурсы эксперты по разработке систем управления, технические ресурсы для разработки и тестирования систем управления, интернет-платформы для продажи и маркетинга		Каналы сбыта продажа и маркетинг через Интернет, рекомендации от клиентов участие и выставка в конференциях	
Структура издержек 1) Постоянные издержки – создание веб-сайта, оборудование 2) Переменные издержки – заработная плата работникам, налоги, материалы, комплектующие.			Потоки поступления доходов Выручка от прямых продаж, выручка от продажи через рекламу и социальные сети, доход от гос. заказа оборудования	

6.6 Интеллектуальная собственность

Патент — это документ установленного образца, выдаваемый государственным патентным органом (в России структура Роспатента — ФИПС) и удостоверяющий исключительное право и право авторства в отношении технического устройства или художественно-конструкторского решения, подтверждающий исключительные права патентообладателя на объект интеллектуальной собственности [69].

Патентами охраняются различные открытия и достижения в области науки и техники. В статье 1345 ГК РФ под патентными правами понимаются интеллектуальные права на изобретения, полезные модели и промышленные образцы [70].

Патент — это не только способ правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, но и коммерческая выгода. Обладатель патента получает существенное преимущество перед конкурентами — единолично распоряжаться и получать прибыль от использования своей разработки. Патент также защищает от незаконных притязаний третьих лиц, создавших аналог, исключая риск получения иска о взыскании компенсации до 5 млн. рублей [71].

Данная разработка будет оформлена в виде патента на изобретение, так как разрабатываемая система является собственностью разработчиков и подлежит коммерческой реализации. Будет подана заявка на патент на изобретение, после чего изобретение будет регулироваться сразу несколькими актами — частью четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации, а также федеральными законами № 98-ФЗ от 29 июля 2004 года «О коммерческой тайне», № 149-ФЗ от 27 июля 2006 года «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», № 135-ФЗ от 26 июля 2006 года «О защите конкуренции», а также Кодексом об административных правонарушениях РФ, Уголовным кодексом РФ и другими.

6.7 Стратегия продвижения продукта на рынок

Для продажи BoilerTech Solutions системы подогрева обратной воды вторичными газами необходимо выходить на своего потребителя напрямую и предлагать товар – прямые продажи. Так как продукт является узконаправленным, то планируется его продвижение на конференциях и выставках по соответствующей тематике. Также предполагаемым вектором продвижения является бесплатное предоставление системы подогрева потенциальным потребителям на пробный период, который равен 1-му месяцу.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8Т91		ФИО Ларина Анастасия Валерьевна	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники (ИШИТР)	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники (ОАР)
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Модернизация микропроцессорной системы управления котельной на жидком топливе	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	<i>Объект исследования:</i> Микропроцессорной системы управления котельной на жидком топливе; <i>Область применения:</i> нефтегазовая отрасль; <i>Рабочая зона:</i> диспетчерская; <i>Размеры помещения:</i> 5×10 м; <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> блочный щит управления, датчики КИПиА, пульт диспетчера; <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль и управление котельной на жидком топливе.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	ТК РФ Статья 351.6. Особенности регулирования труда работников в сфере электроэнергетики, сфере теплоснабжения, в области промышленной безопасности, области безопасности гидротехнических сооружений. ПБ 09-12-92. Правила устройства и безопасной эксплуатации факельных систем. ГОСТ 22269-76. Рабочее место оператора. взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. ТК РФ Глава 47. Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом.
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные производственные факторы: - Неблагоприятный микроклимат рабочей зоны. - Повышенный уровень шума. - Длительное сосредоточенное наблюдение. - Повышенный уровень общей вибрации. - Наличие электромагнитного поля промышленной частоты (порядка 50-60 Гц). Опасные производственные факторы: - Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов.

	Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: спецодежда, спецобувь, средства защиты рук, противозумные наушники, защитные ограждения, вентиляция помещений.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону: не оказывает. Воздействие на литосферу: разлив нефтепродуктов и промышленных отходов, проникновение их в почву. Воздействие на гидросферу: разлив нефтепродуктов и промышленных отходов в близлежащие водоемы. Воздействие на атмосферу: выброс летучих углеводородов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС на объекте: разлив нефтепродуктов и промышленных отходов, утечка летучих углеводородов, пожар, разгерметизация соединений, взрыв. Наиболее типичная ЧС: разлив нефтепродуктов и промышленных отходов.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т91	Ларина Анастасия Валерьевна		

7 Социальная ответственность

В ходе работы проводились исследования распределения тепла котельной станции по потребителям, далее по снятым данным строилась модель автоматизации. Данная работа имеет практическое значение для оптимизации процессов котельных станций, с помощью данной модели может осуществляться управление станцией.

Областью применения данной модели являются энергетические объекты, связанные с сжиганием топлива в котельном агрегате. Экономическая значимость работы заключается в возможности снижения затрат на использования топливных ресурсов.

Основная часть моделирования состоит из построения тепловой карты и тепловых расчетов потребителей, а также составления модели автоматизации. По результатам исследования проводится анализ и обработка результатов. Все вышеперечисленные работы проводятся с использованием ПЭВМ, в диспетчерской на базе компьютера для расчётов, с помощью специальных программ.

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с охраной труда и техникой безопасности людей, работающих в диспетчерской. По степени воздействия на организм человека отрицательные внешние факторы можно разделить на опасные и вредные. На рабочем месте должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов производства. Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами. Эти нормативные документы обязывают к созданию на рабочем месте условий труда, при которых влияние опасных и вредных факторов на работающих либо устранено совсем, либо находится в допустимых пределах [1].

Рабочей зоной является диспетчерская. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: блочный щит управления, датчики КИПиА, пульт

диспетчера. Конечным пользователем разрабатываемой системы автоматизации будут операторы технологических установок.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

7.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Процесс эксплуатации систем автоматизации происходит в диспетчерской.

Продолжительность рабочего времени, а именно начало и его окончание определена по соглашению сторон работодателя и работника в соответствии с главой 16 ст. 102 ТК РФ «Работа в режиме гибкого рабочего времени» [2].

Продолжительность рабочего времени, а именно начало и его окончание определена по соглашению сторон работодателя и работника в соответствии с главой 16 ст. 102 ТК РФ «Работа в режиме гибкого рабочего времени» [3].

Согласно трудовому кодексу Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ [4] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти- или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех бригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ [4] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

Создание рабочего места оператора регламентируется стандартом ГОСТ 22269-76 «Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов

рабочего места» [3]. При взаимном расположении элементов рабочего места необходимо учитывать:

- рабочую позу человека-оператора;
- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора рабочего места;
- возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых человеком-оператором.

Также стоит принимать во внимание, что при расположении элементов рабочего места должны быть предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов, предусмотренных ГОСТ 12.0.003-2015, а также условия для экстренного ухода человека-оператора с рабочего места [5]. Рабочее место должно иметь достаточное пространство для осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования. Все требуемые органы управления и индикаторы автоматизированного рабочего места должны быть полностью расположены в зоне досягаемости моторного поля рабочего и сгруппированы таким образом, чтобы действия оператора осуществлялись слева направо сверху вниз.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы [6]. Очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний (SCADA-экран) следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной

плоскости. Часто используемые источники информации должны быть расположены под углами 30°, а редко используемые – 60°.

7.2 Производственная безопасность

7.2.1 Анализ потенциально вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на АРМ оператора АСУ ТП

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [10]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для среды проектирования представлен в виде таблицы 1.1.

Таблица 15 – Возможные опасные и вредные факторы АРМ оператора АСУ ТП

Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015	Нормативные документы
Неблагоприятный микроклимат рабочей зоны	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [7]
Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [8]
Длительное сосредоточенное наблюдение	Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. [10]
Повышенный уровень общей вибрации	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»[11].
Электромагнитное поле промышленной частоты (50-60 Гц)	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [8] СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»[12].
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Поправкой) [14]

7.3 Неблагоприятный микроклимат рабочей зоны

Микроклимат производственных помещений – это метеорологические условия внутренней среды, определяемые действующими на организм человека сочетаниями температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, а также температуры поверхностей технологического оборудования.

Низкая влажность воздуха сушит кожу, слизистые оболочки. В горле, носу, глазах может появляться сухость и неприятные ощущения. Человек становится уязвимым для вирусов и бактерий. Избыточная же влажность может вызывать обострение сердечно-сосудистых заболеваний.

Высокая температура воздуха приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных солей, оказывает пагубное влияние на сердечно-сосудистую систему. Низкая же температура приводит к потере тепла организмом, снижает мышечную силу и скорость реакции.

Нормативные требования к параметрам микроклимата на рабочих местах установлены СанПиН 1.2.3685-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [7].

Таблица 16 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур ниже оптимальных	Для диапазона температур выше оптимальных
Холодный	20,0 - 21,9	24,1 - 25,0	19,0 - 26,0	15 - 75	0,1	0,1
Теплый	21,0 - 22,9	25,1 - 28,0	20,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,2

7.4 Повышенный уровень шума

Повышенный уровень шума при работе установки причисляют к группе физических опасных и вредных производственных факторов. Основным источником шума в дизельной котельной являются электродвигатели

падающих насосов, а также шум возникает за счет движения жидкости через трубопроводы и при открытии/закрытии задвижек.

Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает головную боль, под его влиянием развивается раздражительность, снижается внимание, замедляются сенсомоторные реакции, а при чрезвычайно интенсивном действии понижаются возбудительные процессы в коре головного мозга.

Согласно пункту 36 СанПиН 1.2.3685-21 уровень шума на рабочих местах не должен превышать 80 дБА для работы требующий сосредоточенности.

Для уменьшения воздействия повышенного уровня шума на организм оператору технологических установок следует:

- использовать звукоизоляционные материалы;
- применять экранирование производственного помещения;
- своевременно смазывать движущие части механизмов;
- использовать наушники как средства индивидуальной защиты.

7.5 Длительное сосредоточенное наблюдение

В основе этого процесса, характеризующего напряженность труда, лежит сосредоточение, или концентрация внимания на каком-либо реальном объекте – SCADA-экран. Определяющей характеристикой здесь является именно сосредоточение внимания в отличие от пассивного характера наблюдения за ходом технологического процесса, когда работник периодически, время от времени контролирует состояние какого-либо объекта.

Наиболее типичным профессиональным заболеванием является ухудшения зрения, вследствие постоянной монотонной нагрузки на зрительный анализатор.

Напряжение зрительного анализатора характеризуется размерами рассматриваемого объекта. Чем меньше размер рассматриваемого предмета

(изделия, детали, цифровой или буквенной информации и т. п.) и чем продолжительнее время наблюдения, тем выше нагрузка на зрительный анализатор. Напряженность по данному показателю возрастает с уменьшением размера рассматриваемого предмета (изделия, детали, цифровой или буквенной информации и т. п.) и продолжительности времени наблюдения за предметом.

7.6 Повышенный уровень общей вибрации

Анализ показателей норм вибрации определяется в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [8]. Согласно этому стандарту на рабочем месте оператора технологических установок присутствует общая производственная вибрация (технологическая вибрация на стационарных рабочих местах). При внедрении автоматизированной системы управления сепаратором нефтегазовым трехфазным вибрация может появиться вследствие наличия вибрации на участке с объектами управления, которая передается в операторное помещение. Воздействие вибрации может привести к снижению производительности труда, возникновению головных болей, а также онемению конечностей.

Предельно допустимые значения вибрации на автоматизированном рабочем месте оператора согласно СанПиН 1.2.3685-21 представлены в Таблице 17.

Таблица 17 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест для оператора АСУТП

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Фильтр частотной коррекции	Эквивалентные корректированные уровни виброускорения	
				m/c^2	дБ
Общая	Технологическая вибрация на стационарных рабочих местах	Z_o	W_k	0,1	100
		X_o, Y_o	W_d	0,071	97

7.7 Наличие электромагнитного поля промышленной частоты

Оператор диспетчерской осуществляет работу на персональном компьютере, вследствие чего на него оказывает воздействие электромагнитное излучение, источниками которого являются системный блок и кабели, соединяющие электрические цепи.

Электромагнитные излучения оказывают неблагоприятное влияние на сердечно-сосудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям.

Предельно допустимые уровни электромагнитного поля (ЭП) частотой 50 Гц на рабочем месте - 5 кВ/м согласно пункту 38 СанПиН 1.2.3685-21 [8].

На производстве следуют СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [9] для снижения степени влияния электромагнитного излучения:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см;
- применение специализированных очков от электромагнитного излучения.

7.8 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий прибор

Диспетчерская не относится к помещениям повышенной опасности, однако существует опасность поражения электрическим током в случае неисправности изоляции проводов и повреждении корпуса системного блока, а также имеется опасность короткого замыкания. Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие. Поражение током может привести к летальному исходу.

В качестве защиты используются изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления и автоматического отключения питания.

Помимо этого, размещаются предупредительные знаки и плакаты безопасности «Опасно. Высокое напряжение».

7.9 Экологическая безопасность

Атмосфера: на производственно-отопительной станции основным видом топлива является низкосернистый природный газ, он считается наиболее экологичным топливом. Основными вредными веществами, содержащимися в дымовых газах, при сжигании, являются: оксиды углерода СО и оксиды азота NO_x. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 «Классификация вредных веществ и общие требования безопасности» [24] двуокись азота NO₂ относится ко «2» классу опасности, имеет ПДК_{сс} = 0,004 мг/м³, ПДК_{мр} = 0,085 мг/м³, окись углерода СО относится к «4» классу опасности, имеет ПДК_{сс} = 0,05 мг/м³, ПДК_{мр} = 0,15 мг/м³.

Методами уменьшения концентрации оксидов углерода являются в основном дожигание СО до СО₂ при высоком содержании СО, при низком - используют каталитическое окисление [24].

Гидросфера:

Попадание нефти в водоемы может возникать в случае аварий, утечек или ремонта. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему улавливания ГСМ.

Литосфера:

Загрязнение почвы нефтехимическими веществами может возникать в случае аварийных ситуаций (разливов вдоль трасс трубопроводов и утечек нефти), при ремонте оборудования, при зачистке трубопроводов. Загрязненный грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания. Замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией

установки, в местах, согласованных с пожарным надзором для того, чтобы предотвратить загрязнение почв.

Селитебная зона. Воздействие на селитебную зону не происходит.

7.9.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В целях снижения возникновения ЧС необходимо применение ряда мероприятий, которые направлены на максимальное снижение потерь и разрушений. Повышение устойчивости функционирования объектов в ЧС возможно при:

- предотвращении производственных аварий;
- снижении возможных потерь от вторичных факторов и стихийных бедствий;
- создании условий для восстановления производства в минимальные сроки;
- обеспечении жизнедеятельности населения.

Основные причины возникновения ЧС:

- стихийные бедствия и особо опасные инфекции;
- природные факторы, приводящие к старению или коррозии и снижению физических показателей оборудования;
- производственные дефекты, некачественное выполнение строительных работ, низкое качество строительных материалов;
- воздействие технологических процессов на материалы (нагрузки, вибрация, температура, скорость);
- нарушение правил эксплуатации;
- нарушение правил техники безопасности проведения работ;
- низкий профессиональный уровень руководящего состава, специалистов и рабочих.

Обслуживающий персонал должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты (СИЗ), и в случае аварии действовать при чрезвычайных ситуациях в соответствии с инструкциями предприятия, на

котором эксплуатируется котел. Население, находящееся в непосредственной близости к объекту, на котором эксплуатируется котел, в случае аварии, должно быть проинформировано и по возможности эвакуировано из потенциально опасных зон.

Наиболее типичная ЧС может быть разлив нефтепродуктов и промышленных отходов. Самой распространенной ЧС в дизельных котельных является утечка жидких нефтепродуктов. В качестве методов ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов используют механический, физико-химический, термический и биологический методы.

Наиболее безопасным с экологической точки зрения является биологический метод, при котором применяют биопрепараты – специальные бактерии и грибки. Которые перерабатывают нефтепродукты в воду и углекислый газ. При этом, используемые микроорганизмы безвредны для окружающей среду. Описанный метод применяется в случае загрязнения гидросферы.

В случае загрязнения литосферы и проникновения нефтепродуктов в почву на глубину не более 10 см применяется механический метод, реализующий сбор и утилизацию нефтяных продуктов путем снятия почвенного пласта. Применение данного метода регламентируется требованиями СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» [13].

8 Выводы по главе «Социальная ответственность»

В данном разделе выпускной квалификационной работы было определено, что, согласно правилам устройства электроустановок, диспетчерская имеет категорию помещения по электробезопасности согласно ПУЭ - первая (безопасное помещение). При этом согласно Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок группа по электробезопасности рабочего персонала – II группа.

Помещение рабочей зоны - диспетчерская, согласно Федеральному закону "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ ст.27, – можно отнести к категории В2 (пожароопасность).

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 определена IIб категория тяжести труда, это работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения, диапазон температуры воздуха ниже оптимальных величин – 18-19,9°C, выше оптимальных величин – 22,1-27°C. [14].

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года, N2398 «Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (с изменениями на 7 октября 2021 года) объект (диспетчерская), оказывающий негативное воздействие на окружающую среду относится ко IV категории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы была успешно выполнена модернизация микропроцессорной системы управления котельной на жидком топливе на российских компонентах.

Проводилось математическое моделирование дизельной котельной, а также изучение факторов, влияющих на изменение температуры прямой и обратной воды.

Были разработаны мнемосхемы котельной на дизельном топливе, а также разработана мнемосхема на базе программного обеспечения SCADA - Текон, для контроллера Текон, включающее алгоритмы управления и интерфейс пользователя. Тестирование и оценка модернизированной системы показали ее производительность и эффективность. Новая система обеспечивает более точное и надежное управление котельной на жидком топливе, а также позволяет реагировать на изменяющиеся погодные условия с большей гибкостью.

Анализ экономической целесообразности модернизации показал, что внедрение новой системы приведет к существенной экономии энергии и ресурсов. Затраты на модернизацию окупятся в короткие сроки благодаря снижению эксплуатационных расходов. Таким образом, модернизация микропроцессорной системы управления котельной на жидком топливе является актуальным и эффективным решением, в связи с улучшением характеристик, системы автоматизации котельного оборудования на базе российских электронных компонентов.

Результаты работы могут быть применимы в практической деятельности и способствовать развитию сферы энергетики.

Список использованной литературы

1. Сканави А.Н. Отопление / А.Н. Сканави, Л.М. Махов. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 576 с.
2. Белов И.С., Белов И.П. Информационные технологии в теплоснабжении. Опыт Санкт-Петербурга.
3. Ионин А.А. Теплоснабжение: Учебник для вузов / А.А. Ионин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
4. Крутов В.И. Теплотехника / В.И. Крутов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 420 с.
5. Луканин В.Н. Теплотехника: Учебник для вузов/ В.Н. Луканин [и др.]. – М.: Высш. шк., 2002. – 671 с.
6. ПЛК Текон МКФ 1500 – URL: <https://isup.ru/articles/4/589/> (20.04.2023). – Текст: электронный.
7. Датчик температуры Метран 274 – URL: <https://systempribor.ru/catalog/termopreobrazovateli-tsmu-metran-274/tsmu-metran-274-611-86301.html> (18.04.2023). – Текст: электронный.
8. Датчик давления Метран 150 TG – URL: <http://xn--90anlhdbcfdd.xn--80adxhks/catalog/metran-150-tg/> (01.05.2023). – Текст: электронный
9. Пашков Е.Н., Сечин А.И., Мезенцева И.Л., Антонец О.А., Авдеева И.И. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра и специалиста всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ / Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева, О.А. Антонец, И.И. Авдеева. – Томск: Изд-во НИ ТПУ, 2022. – 18 с.
10. Снигирева И. О. Трудовой кодекс Российской Федерации и наука трудового права //Трудовое право в России и за рубежом. – 2012. – №. 2. – С. 2- 9.
11. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М: Стандартинформ, 2001. – 11 с.

12. ГОСТ Р ИСО 9241-1-2007. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDTs). – М: Стандартинформ, 2008. – 20 с
13. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М: Стандартинформ, 2019. – 10 с.
14. ГОСТ 12.1.003-2014. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем", 2015. – 45 с
15. СанПиН 1.2.3685-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»
16. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Стандартинформ, 2019. – 37 с.
17. ГОСТ Р ИСО 10075-1-2019. Эргономические принципы обеспечения адекватности умственной нагрузки. – М: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
18. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – М: Стандартинформ, 1988. – 24 с.
19. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004 – 30 с.
20. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М: Мин. строительства и ЖКХ РФ, 2017. – 102 с.
21. Тимченко Е.В. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: метод. указания / сост.: Е.В. Тимченко, П.Е. Тимченко. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2014. – 60 с.
22. ГОСТ 12.1.007-76. «Классификация вредных веществ и общие требования безопасности». – М.: Стандартинформ, 2007. – № 2. – 11 с.

23. Бондалетова Л. И., Новиков В. Т., Алексеев Н. А. Расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлоагрегатах котельных: методическое пособие //Томск.: Изд-во ТПУ. – 2000. – 56 с.
24. СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
25. СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования». – Зарегистрировано в Минюсте РФ 31 октября 2001 г. № 3011. – 59 с.
26. Анопольский В. Н., Фельдштейн Г. Н., Фельдштейн Е. Г. Проблема загрязнения гидросферы продуктами, используемыми для водоподготовки и очистки сточных вод //Биосфера. – 2012. – Т. 4. – №. 2. – С. 167-176.
27. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010. – 12 с.
28. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 №644 (ред. от 29.06.2017)
29. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 года №1437
30. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» №116 от 21.07.1997
31. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) Седьмое издание. Раздел 1. Общие правила. Глава 1.1. Общая часть.
32. ПРИКАЗ от 15 декабря 2020 года №903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».
33. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности