

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизация газового тракта котельной установки Паранайской ТЭЦ

УДК 621.733-181.4-52-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Че Владимир		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов Василий Васильевич	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Галина Федоровна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств автоматизации.
P2	Обладать знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте в области управления техническими объектами с использованием вычислительной техники.
P3	Применять полученные знания (P1 и P2) для формулирования и решения инженерных задач при проектировании, производстве и эксплуатации современных систем управления техническими объектами и их составляющих с использованием передовых научно-технических знаний, достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие методы анализа и синтеза систем управления, методы расчета средств автоматизации, уметь выбирать и использовать подходящее программное обеспечение, техническое оборудование, приборы и оснащение для автоматизации и управления техническими объектами.
P5	Уметь находить электронные и литературные источники информации для решения задач по управлению техническими объектами.
P6	Уметь планировать и проводить эксперименты, обрабатывать данные и проводить моделирование с использованием вычислительной техники, использовать их результаты для ведения инновационной инженерной деятельности в области управления техническими объектами.
P7	Демонстрировать компетенции, связанные с инженерной деятельностью в области научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации систем управления и средств автоматизации на предприятиях и организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре.
<i>Универсальные</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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 (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	70
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов Василий Васильевич	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доцент		

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

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

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5Б	Че Владимиру

Тема работы:

Автоматизация газового тракта котельной установки Паранайской ТЭЦ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№3489/с от 06.05.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объект исследования – система автоматизации газового тракта котельной установки Паранайской ТЭЦ. Цель работы: создание типовой автоматизированной системы газового тракта котельной установки.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	– разработка технического задания; – описание котельного оборудования; – описание технологического процесса; – разработка функциональной схемы ТП; – выбор средств реализации функциональной схемы; – разработка алгоритмов работы установки и реализация их в среде CoDeSys; – разработка мнемосхемы в программном комплексе MasterSCADA.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна
Социальная ответственность	Винокурова Галина Федоровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Conclusion	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов Василий Васильевич	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Че Владимир		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5Б	Че Владимиру

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет – 72667 руб. Затраты на заработную плату – 43 670 руб. Затраты на электроэнергию – 278 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электроэнергию 5,8 кВт/ч
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налог во внебюджетные фонды 27,1% Районный коэффициент – 1,3 Накладные расходы – 16%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Оценка потенциальных потребителей исследования, анализ конкурентных решений, SWOT – анализ.
2. Формирование календарного плана и бюджета инженерного проекта (ИП)	Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета.
3. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 2.7 Интегральный показатель эффективности – 11.04 Сравнительная эффективность проекта – 2.37

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. График разработки и внедрения ИР
4. Материальные затраты
5. Основные показатели эффективности ИП

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСТН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Че Владимир		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5Б	Че Владимиру

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследовательской работы является разработка системы автоматизации газового тракта котельной установки. В состав системы входят: ПЛК160, датчики, провода. Областью применения разрабатываемой системы является энергетическая отрасль.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – Специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) – ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	– отсутствие или недостаток необходимого уровня освещения; – воздействие электромагнитных излучений; – психофизиологические факторы; – неблагоприятные характеристики шума; – производственные факторы физического воздействия; – микроклимат; – механические опасности; – повышенное образование электростатических зарядов. Разработка организационных и технических мер по нормализации уровней факторов и защите от их действия
3. Экологическая безопасность:	– уменьшение вредных выбросов в окружающую среду; – уменьшение твердотопливных отходов
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Выбор и описание возможных ЧС; – типичная ЧС – пожар. – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Г.Ф.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Че Владимир		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 90 страниц, 11 рисунков, 24 таблицы, 16 источников.

Ключевые слова: автоматизация, программирование, АСУ ТП, SCADA-системы, котельное оборудование, газовые котлы.

Объектом разработки является автоматизированная система газового тракта котельной установки.

Цель работы – разработка типовой автоматизированной системы газового тракта для котельных установок с применением современных средств промышленной автоматизации.

В процессе выполнения работы было изучено необходимое количество теоретического материала, касательно котельного оборудования, также описаны принципы работы котлоагрегатов работающих на природном газе. Была составлена типовая функциональная схема газового тракта котельной установки, после чего выбрано необходимое оборудование для реализации полной АСУ ТП. Разработана программа в среде CoDeSys реализующая алгоритмы работы газового тракта, а также спроектирована SCADA-система для диспетчерского управления технологическим процессом.

Основным преимуществом разработанной системы является ее гибкость во внедрении в технологический процесс любой котельной, в зависимости от технического задания заказчика. Также использование современного отечественного оборудования, как показало исследование и разработка, при выполнении выпускной квалификационной работы, решает задачи на достойном уровне относительно зарубежных аналогов, вдобавок, положительно влияет на экономическую систему страны в целом.

Оглавление

Введение.....	11
Задачи	12
1 Краткие сведения о котельном оборудовании	13
1.1 Основные элементы паровых и водогрейных котлов	14
1.2 Виды используемого топлива	17
1.3 Автоматика водогрейных котлов	19
2 Описание технологического процесса	21
3 Разработка функциональной схемы управления	25
4 Анализ необходимых технических средств и оборудования	30
4.1 Анализ датчиков температуры	31
4.2 Анализ преобразователя давления	34
4.3 Анализ регулирующего устройства	36
4.4 Анализ технических средств измерения расхода топлива	41
5 Реализация алгоритма в программном комплексе CoDeSys	43
5.1 Опрессовка газового тракта	44
5.2 Розжиг	46
6 Разработка мнемосхемы в MasterSCADA	47
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 48	
7.1 Потенциальные потребители результатов исследования	48
7.2 Анализ конкурентных технических решений	49
7.3 SWOT-анализ.....	50
7.4 Планирование научно-исследовательских работ	52
7.4.1 Планирование НИР – этапы разработки	52
7.4.2 Планирование НИР – составление плана-графика	53
7.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	58
7.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	58
7.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы	59
7.5.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	61
7.5.4 Отчисления на социальные нужды	61
7.5.5 Расчет накладных расходов	62
7.5.6 Формирование бюджета затрат научного-исследовательского проекта	62
7.6 Расчет ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	63
8 Социальная ответственность	66

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67
8.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	67
8.1.2 Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ	68
8.2 Производственная безопасность	70
8.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	71
8.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования	72
8.2.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария)	73
8.2.3.1 Механические опасности	73
8.2.3.2 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ	74
8.2.3.3 Микроклимат	74
8.2.3.4 Освещение	77
8.2.3.5 Неблагоприятные характеристики шума	78
8.2.3.6 Электромагнитные излучения	78
8.2.3.7 Психофизиологические факторы	79
8.2.3.8 Электрический ток	80
8.3 Экологическая безопасность.....	81
8.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	81
8.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду	81
8.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	81
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
8.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования	82
8.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований	83
8.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	84
8.5 Заключение по разделу «Социальная ответственность»	85
Заключение	87
Conclusion.....	88
Список использованной литературы.....	89

Введение

В современном мире, где добыча угля, как основного источника энергии, отошла на второй план, новую популярность получил природный газ, который является экологически чистым, доступным и дешевым топливом. Однако, скорость развития новых технологий и увеличение объёмов добычи этого полезного ископаемого, намного превышает темпы строительства передового технологически современного оборудования. Используя все преимущества такого сырья, новые локации и области его применения постоянно растут. На сегодняшний момент, котельные, работающие на твердом топливе, постепенно уходят в прошлое. Газификация основных стратегически важных объектов, таких как ТЭЦ, районные котельные и другие, входит в общенациональную программу развития страны.

Эффективное и правильное использование такого ресурса невозможно представить без современных компьютерных технологий. Автоматизация технологических процессов с помощью современных средств, позволяет обеспечить безопасную, эффективную и правильную работу по переработке этого сырья.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка типовой автоматизированной системы газового тракта для внедрения ее в действующую Паранайскую ТЭЦ и способов ее реализации.

Задачи

В ходе реализации поставленной цели, в данной выпускной квалификационной работе решаются ряд задач:

- 1) изучение теоретических данных, дающих представление об изучаемом объекте;
- 2) рассмотрение технологического процесса объекта с водогрейным котлоагрегатом работающем на природном газе;
- 3) анализ достаточных методов решений, позволяющих реализовать алгоритм для типичного водогрейного котлоагрегата на природном газе;
- 4) разработка функциональной схемы САУ;
- 5) выбор необходимого оборудования для реализации;
- 6) реализация алгоритма с помощью современных методов и средств автоматизации технологических процессов и производств;

Для решения поставленных задач прикладываются теоретические и практические знания определенных дисциплин, полученные в ходе обучения, таких как: элементы и устройства систем управления, средства автоматизации и управления, проектирование систем управления, программное обеспечение АСУ ТП и некоторые другие.

1 Краткие сведения о котельном оборудовании

Технические устройства, такие как котлы, предназначены для производства пара и горячей воды. Они классифицируются по разным критериям, например, по конструкции, по принципу действия, по виду используемого топлива, по производственным показателям и другое. Также организация движения воды и пароводяной смеси разделяет общее котельное оборудование на котлы с естественной циркуляцией и котлы с принудительным движением теплоносителя.

Котельная установка – это система устройств, предназначенных для переработки тепловой энергии, получаемой от сжигания топлива, в пар или горячую воду. Она может быть, как одной независимой системой, например, для отопления, горячего водоснабжения, технологического водо- и пароснабжения, так и быть частью системы тепловой электростанции.

Паровые котлы – установки, предназначенные для выработки горячего пара. Работа таких котлов характеризуется номинальной паропроизводительностью и параметрами вырабатываемого пара (давление и температура перегрева).

Водогрейные котлы – установки, предназначенные для выработки тепловой энергии в виде горячей воды. Работа водогрейных котлов характеризуется номинальной теплопроизводительностью, давлением и температурой входящей и выходящей из него воды.

Котлы с естественной циркуляцией теплоносителя используются в основном в современных отопительных и отопительно-производственных котельных, в то время как котлы с принудительным движением теплоносителя, работающие по прямоточному принципу, используются для производства горячей воды.

В зависимости от назначения котельная установка состоит из парового или водогрейного котла и вспомогательного оборудования, обеспечивающего его работу [2].

1.1 Основные элементы паровых и водогрейных котлов

Топка котла. Главным элементом котлов, в котором происходит основной процесс горения является его топка. Ее объем, как правило, является показателем мощности всей системы. Камерная топка – самый распространенный вид топок, так как имеет относительно высокую производительность. Конструктивно верхняя часть топочной камеры или топки называется сводом, нижняя – подом, также имеются боковые стенки, задняя стенка и фронтальная. По всем поверхностям стенок располагаются экранные трубы. Конструктивно во всех топках предусмотрен выход отработанных газов в виде дымовой трубы. При работе котла на газообразном топливе, имеется также система вентиляции газов, во избежание накопления горючих газов.

Каркас и обмуровка котла. Каркасом котла называется металлоконструкция, опирающаяся на бетонную поверхность и поддерживающая систему котельной установки. В эту систему помимо топки, системы труб и других вспомогательных конструкций, также входят лестницы, помосты и обмуровка котла. Обмуровка котла – это твердый изнoso- и теплостойкий материал, обеспечивающий минимальные тепловые потери в окружающую среду, а также служит для направления движения дымовых газов в пределах котельного агрегата.

Экранные трубы. Экранные трубы представляют собой решето, состоящее из труб круглого диаметра и скрепленные между собой. По ним течет теплоноситель в виде подготовленной воды. Экранные трубы в котле являются основным элементом, с помощью которого тепловая энергия выработанного топлива передается теплоносителю. По способу получения этой энергии, они различаются на традиционные и конвективные. В традиционных тепловая энергия передается излучением, в то время как в конвективных – конвекцией. По месторасположению экранных труб в котле они делятся на фронтные, боковые, задние и потолочные. Также существуют

двусветные – они размещаются в топочном пространстве и обогреваются с двух сторон.

Экономайзер. Устройство, предназначенное для подогрева или частичного испарения питательной воды, перед ее поступлением в испарительную часть котла за счет использования тепла уходящих газов. В зависимости от степени подогрева воды экономайзеры делят на некипящие и кипящие. В кипящих экономайзерах до 20% воды может превращаться в пар. Экономайзеры выполняются из гладких или оребренных (мембранное или поперечное оребрение) труб. В зависимости от металла, из которого изготавливаются экономайзеры, их разделяют на чугунные и стальные. Чугунные экономайзеры состоят из ребристых чугунных труб и применяются при давлении в барабане котла до 2 МПа. Наиболее часто экономайзеры выполняют из стальных труб, согнутых в вертикальные змеевики и скомпонованных в пакеты. Экономайзеры размещают в конвективном газоходе.

Пароперегреватель. Устройство, предназначенное для повышения температуры пара выше температуры насыщения, соответствующей давлению в котле. По виду тепловосприятия пароперегреватели бывают радиационные, полурadiационные и конвективные. Радиационные пароперегреватели выполняют настенными и обычно размещают в верхней части топки. Радиационный пароперегреватель барабанного парового котла обычно занимает потолок топки. Полурadiационные пароперегреватели выполняются в виде плоских ширм или лент, собранных из пароперегревательных труб, находящихся друг за другом в одной плоскости. Ширмовые пароперегреватели представляют собой систему из большого числа вертикальных труб, имеющих один гиб на 180° и образующих широкую плоскую ленту, которая имеет опускной и подъемный участки. Их размещают на выходе из топочной камеры на заметном удалении друг от друга. Конвективные пароперегреватели выполняют из гладких стальных труб в виде

змеевиков. Конвективные пароперегреватели располагают в горизонтальном газоходе или в начале конвективной шахты.

Топливный тракт. Комплекс оборудования для подготовки топлива к сжиганию и подачи в топку. При использовании твердого топлива в него могут входить бункера, питатели сырого топлива и пыли, углеразмольные мельницы, мельничные вентиляторы, сепараторы, транспортеры, пылепроводы и т.п. При сжигании газа и мазута - газопроводы и мазутопроводы, расходомеры, запорная и регулирующая арматура. [3]

Пароводяной тракт. Представляет собой систему последовательно включенных элементов оборудования, в которых движется обогреваемый теплоноситель (поверхности нагрева котла, трубопроводы, барабаны, сепараторы, пароохладители и теплообменники в пределах котла, запорная и регулирующая арматура).

Газовоздушный тракт. Состоит из последовательно расположенных воздушного и газового трактов. Первый из них включает в себя совокупность оборудования для забора воздуха из атмосферы, нагрева и подачи его в топку котла (дутьевые вентиляторы, воздушные короба, воздухоподогреватели и горелочные устройства), второй – комплекс элементов котельной установки, по которым осуществляется движение продуктов сгорания (топка и другие газоходы котла, устройства для очистки дымовых газов, дымососы).

1.2 Виды используемого топлива

Многообразие котельных установок в том числе зависят и от вида топлива, используемых в них. Для обеспечения их работы используются несколько видов топлива, каждое из которых обладает своими недостатками и преимуществами.

Твердое топливо. Этот тип является одним из первых видов топлива, применяемых в качестве получения тепловой энергии. Однако со временем, актуальность и значимость такого вида топлива снижается. В районах, где нет возможности использовать природный или сжиженный газ, а применение жидкого топлива является нерентабельным из-за высокой стоимости доставки, устанавливаются теплогенераторы и водонагревательные агрегаты, работающие на твердом топливе – твердотопливные котлы длительного горения. К твердым видам топлива относятся: каменный и бурый уголь, торф, сланцы, топливные брикеты из прессованных опилок деревоперерабатывающих предприятий, а также другие виды бытовых отходов.

Жидкое топливо. Жидким топливом являются продукты нефтепереработки. Под этот вид топлива специально разработан целый ряд отопительных и водогрейных систем и установок, широко используемых в местах, где газовые котлоагрегаты или электрические котлы и бойлеры с косвенным нагревом воды не могут быть установлены. То есть это такое тепловое оборудование, которое способно генерировать вторичную тепловую энергию при сжигании дизельного топлива или легких сортов мазута. Крупные водогрейные системы, устанавливаемые на городских станциях теплоснабжения, в качестве топлива часто используют тяжелые сорта мазута марок М40 и М100. В промышленных котлах, этот тип топлива входит в систему поддержки основного процесса горения, и в основном является второстепенным, наряду с газообразным видом топлива.

Газообразное топливо. Природный газ – является наиболее популярным в России источником первичной энергии для отопительных котлов. Это объясняется тем, что на долю РФ приходится треть всех разведанных и разрабатываемых месторождений природного газа в мире. Крупные города России обеспечены стабильным газоснабжением, а при учете доступной стоимости голубого топлива, его повсеместное использование для обеспечения нужд теплоснабжения частных домов и квартир становится вполне объяснимым. В составе природного газа основную долю занимает метан, в незначительных количествах имеются пропан, этан и бутан [5].

1.3 Автоматика водогрейных котлов

Автоматика водогрейного котла представляет собой совокупность технических средств промышленной автоматизации технологических процессов и производств. Современное котельное оборудование имеет несколько алгоритмов, позволяющих решить различные задачи при проектировании. В данной выпускной квалификационной работе рассмотрены не все существующие схемы автоматизации этого технологического процесса, а лишь особо значимая их часть, а именно автоматизация газового тракта.

В качестве объекта автоматизации в данной выпускной квалификационной работе используется широко распространенные технологические схемы: газовый тракт котельной установки. В частности, водогрейный котел имеет 3 режима работы: стационарный режим, нормальный рабочий режим и аварийный.

Стационарный режим – это состояние рабочего элемента котла, при котором все процессы, протекающие внутри него, находятся в режиме покоя или ожидания. Обычно такой режим необходим для обслуживания, либо за ненадобностью использования котельного агрегата в принципе.

Нормальный режим работы котла следует разделить на несколько составляющих этапов, приводящих к состоянию полной эффективности котлоагрегата. Первый этап – проверка исправности оборудования, таких как датчики, батарея питания блока управления, заслонки и другого оборудования на предмет физических повреждений. Он необходим для исключения технических неисправностей в алгоритме работы системы автоматики. Второй – проверка герметичности топливоподающей системы (газового тракта). На данном этапе проверяется целостность и правильное функционирование всех заслонок, клапанов, а также регистрация достоверных показателей датчиков давления. Данное действие является залогом безопасности и надежности системы в целом. Третья ступень к нормальному режиму – розжиг. После успешного выполнения предыдущих пунктов, происходит процесс продувки

топливоподающей системы. В ходе этого действия закрываются и открываются необходимые клапана в системе газового тракта для последующего получения газо-воздушной смеси и подается искра с помощью запального устройства. Данные о наличии пламени в камере сгорания успешно переводят систему в состояние нормального горения. Заключительным действием является поддержание пламени в топке котла с помощью управления вентиляторами в воздушном тракте и заслонками в газовом тракте котлоагрегата.

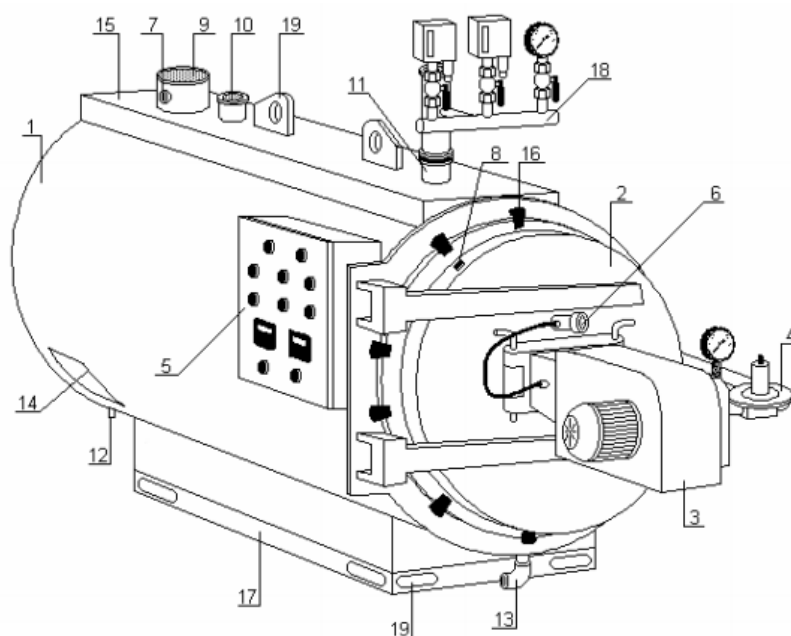
Возникновение аварийных ситуаций приводит к неуправляемым последствиям – потеря контроля технологического процесса. Одним из решений данной проблемы является остановка подачи топлива (газа), как основного источника выработки энергии. Канал отвода топлива (свеча) в газовом тракте является дополнением к безопасной работе системы. Аварийный режим – это тот же стационарный режим (или режим обслуживания), но вызванный алгоритмами системы автоматического управления и контроля.

В настоящее время в малой энергетике широко применяются водогрейные котлы типов КВ-ГМ и ПТВМ-30М для сжигания газа и мазута, типа ТВГ для сжигания газа и типа КВ-ТС для слоевого сжигания твердого топлива.

2 Описание технологического процесса

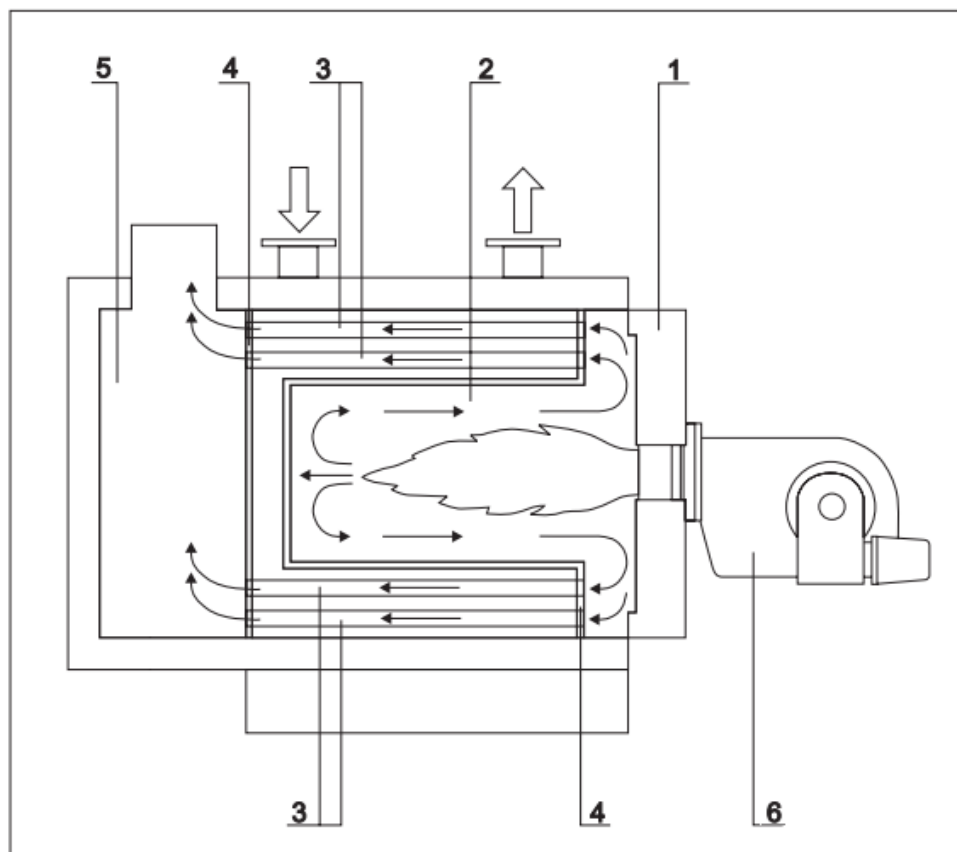
Водогрейные котлы являются основным источником горячего водоснабжения и отопления. В настоящее время, многообразие водогрейных котлов позволяет применять их в разных отраслях промышленности и сферах жилищно-коммунального хозяйства.

Для рассмотрения устройства и принципов работы, возьмем, в качестве примера водогрейного котла, котел типа ТУРБОТЕРМ. Общий вид представлен на рисунке 1. Ниже, на рисунке 2, представлено устройство топочной камеры этого котла.



1 – корпус котла; 2 – фронтальная крышка котла; 3 - газогорелочное устройство; 4 - газовая рампа; 5 - щит управления сигнализации и аварийных блокировок; 6 - смотровое окно; 7- муфта для установки датчика температуры; 8 - штуцер для измерения разряжения в топке котла; 9 - газоход; 10 - патрубок входа воды в котёл; 11 - патрубок выхода воды из котла; 12 - патрубок слива конденсата из каминной части котла; 13 - дренажный патрубок котловой воды; 14 - люк прочистки камина; 15 - площадка для обслуживания и монтажа; 16 - зажимы передней крышки; 17 - рама котла; 18 - группа безопасности котла; 19 - такелажные петли

Рисунок 1 – Общий вид котла ТУРБОТЕРМ



1 - передняя крышка; 2 - топка котла; 3 - дымогарные трубы; 4 - трубные доски; 5 - каминная часть; 6 - горелочное устройство

Рисунок 2 – Конструкция топочной камеры котла ТУРБОТЕРМ

Основными параметрами всех их является теплопроизводительность, температура воды на входе и выходе и ее давление. Как и другие виды котлоагрегатов, водогрейные котлы предназначены для преобразования химической энергии топлива в тепловую энергию горячей воды. Отличительными особенностями каждого из них является то или иное конструкторское решение, приводящее к уменьшению или увеличению какого-либо технологически важного параметра, например, водогрейные котлы ТВГ (теплофикационные водогрейные котлы) выпускаются только производительностью 4 и 8 Гкал/ч, в то время как котлы серии КВ-ГМ (котел водогрейный газо-мазутный) могут иметь производительность 10,20,30,50, 100 и 180 Гкал/ч. Особенности конструкции каждого из них позволяют

сэкономить в той или иной стадии производства без потери эффективности в решении различных задач.

Каждый котел, как водогрейный, так и паровой, имеет топку (рисунок 2, позиция 2), в котором происходит химический процесс сгорания газо-воздушной смеси. Топка внутри окружена трубчатым экраном (рисунок 2, позиция 3), состоящим из труб различных диаметров, в котором протекает заранее подготовленная специальная технологическая вода. Энергия, выделяемая при этом процессе, идет на ее нагревание. Обычно вода, исходящая из топки котлоагрегата больше 100 градусов, поэтому давление в контуре технологической жидкости выше атмосферного, для избегания ее закипания.

Контур с технологической водой имеет замкнутую структуру, то есть циркулирует по схеме котел-потребитель, поэтому возвращающаяся вода, она же обратная, как правило меньшей температуры и меньшего объема. Это объясняется тепловыми потерями вследствие потребления тепловой энергии. Поддержание необходимого объема и давления в контуре – непосредственная инженерно-конструкторская задача, решаемая с помощью насоса дополнительной подкачки технологической жидкости в данный контур под высоким давлением. Вода, идущая к потребителю, то есть на выходе из котлоагрегата, называется прямой. Ее температура определяет основной технологический параметр водогрейного котла.

Одним из основных этапов технологического процесса, протекающего в котлоагрегате, является поддержание стабильного горения топливной смеси. Топливо-воздушная смесь является показателем КПД котла, а так же стабильности его работы. Как правило, на водогрейных котлах, для поддержания нужного пламени и нужного значения КПД, используют дополнительно наддувные системы. Смесь из газа и воздуха образуется непосредственно в топке, где она и сгорает, поэтому система подачи воздуха контролируется за счет дополнительного вентилятора и заслонки.

Водогрейный котел с использованием газа, как основного топлива, имеет одну или несколько газовых горелок (рисунок 2, позиция 6). С помощью них подается газ в топочную камеру, где он смешивается с воздухом. Несмотря на эффективность и доступность данного топлива, газ имеет и ряд значительных проблем, связанных с безопасностью. Поэтому горелочные устройства должны соответствовать всем требованиям, нормам и правилам. Принимая во внимание всё вышеперечисленное, система подачи газа современного котельного оборудования является одним из важнейших пунктов при проектировании и строительстве.

Котел по своей структуре имеет продувочный тип (наглядно показано стрелками на рисунке 2), где отработанные газы выходят наружу после прохождения определенного пути. Для циркуляции отработанных газов, в конце топочной камеры имеется выход (рисунок 2, позиция 5), обычно оборудованный так же вентиляторами, но могут быть и без них.

Весь описанный технологический процесс является основным для всех водогрейных котлов и позволяет добиться поставленной цели. Вариации конструктивных инженерных решений делает эту сферу деятельности более обширной с точки зрения использования. Современные технологии и средства автоматизации лишь добавляют актуальность и делают современные котлоагрегаты доступными, безопасными и конкурентно-способными.

3 Разработка функциональной схемы управления

Функциональные схемы автоматизации являются основным проектным документом, определяющим структуру и уровень автоматизации технологического процесса проектируемого объекта, и оснащение его приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами вычислительной техники). Функциональные схемы представляют собой чертежи, на которых при помощи условных изображений показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматизации, средства вычислительной техники и другие агрегатные комплексы с указанием связей между приборами и средствами автоматизации, таблицы условных обозначений и пояснения к схеме.

Зная основной технологический процесс, протекающий в водогрейном котле, можно выделить часть системы, подлежащей полной автоматизации системы, а именно газовый тракт. Схема газового тракта котельной установки представлена на рисунке 3.

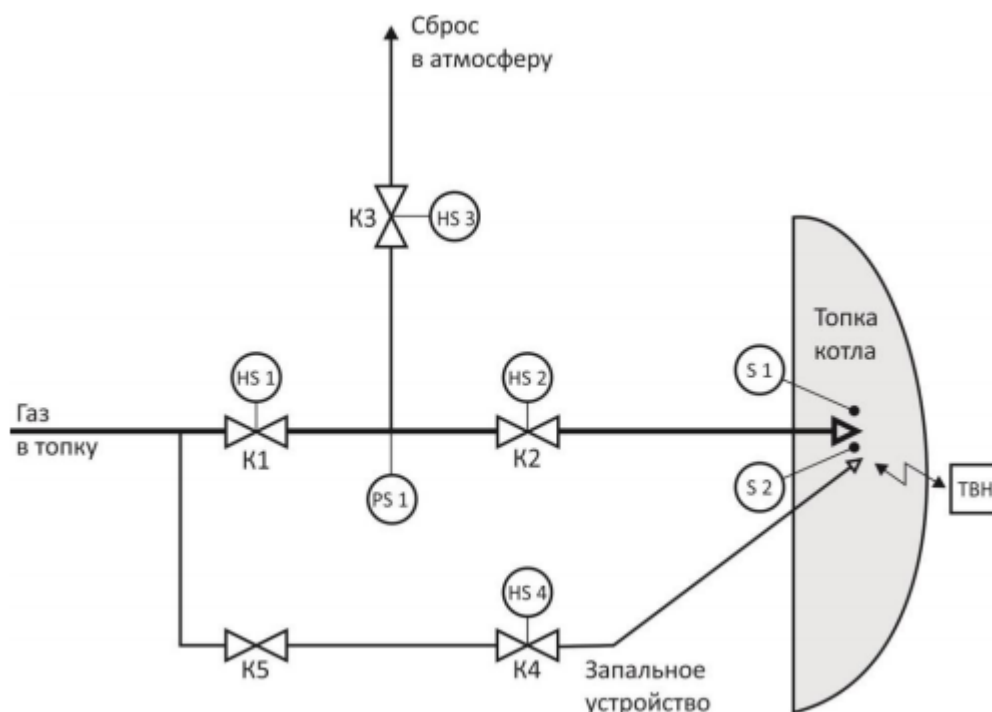


Рисунок 3 – Газовый тракт котельной установки

Газовый тракт включает следующее оборудование и приборы: K1, K2, K3, K4 – отсечные клапаны с электрическим управлением (электроприводом) HS 1, HS 2, HS 3 и HS 4 соответственно; K5 – клапан (вентиль) с ручным приводом; PS1 – манометр электроконтактный; ТВН – трансформатор высокого напряжения; S1, S2 – датчики основного пламени и пламени запального устройства соответственно.

Существует несколько режимов работы газового тракта котельного оборудования:

- опрессовка;
- розжиг;
- режим штатного горения;
- авария.

Любой процесс розжига котла сопровождается длительным процессом продувки его топki. В процессе продувки из топki котла удаляются остатки газовой смеси от предыдущих операций, которые в процессе розжига могут привести к непредсказуемым последствиям.

Рассмотрим каждый режим работы газового тракта в отдельности для четкого понимания работы системы в целом.

Опрессовка оборудования. Данная операция предназначена для проверки оборудования на исправность и герметичность. Под исправностью в данном случае понимается исправность электрических приводов и механических частей клапанов. Под герметичностью – надёжность перекрытия трубопроводов подачи газа. Операция выполняется в два этапа. На первом этапе проверяется герметичность устройств. На втором этапе проверяется работа клапана безопасности (свеча), сбросом газа в атмосферу.

В данном режиме проверяется герметичность оборудования основного газового тракта (рисунок 4): K1, K2, K3 – отсечные клапаны с электрическим управлением (электроприводом) HS 1, HS 2 и HS 3 соответственно. Клапаны K1 и K2 обеспечивают надёжное (резервированную) отсечку газа в аварийных

ситуациях. Клапан КЗ – клапан безопасности (свеча), обеспечивает сброс газа в атмосферу в аварийных ситуациях.

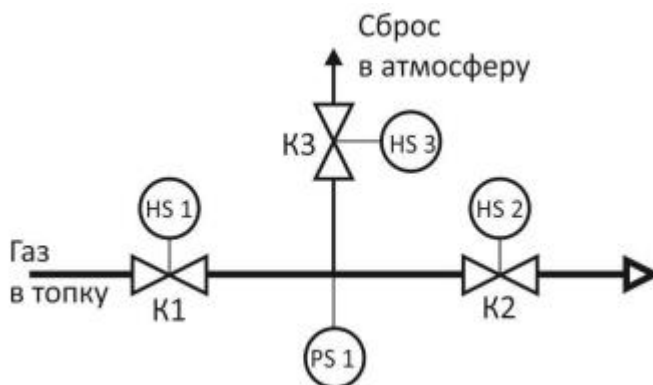


Рисунок 4 – Основной газовый тракт котельной установки

Алгоритм работы оборудования в режиме «Опрессовка» следующий:

1. По сигналу от кнопки «Пуск» открывается клапан К1. Происходит набор газа в межклапанное пространство. Давление газа должно достигнуть значения PS1 больше P_n , где P_n – нижняя, заранее установленная граница давления газа;
2. Через 10 секунд клапан К1 закрывается;
3. В течение 30 секунд идёт анализ изменения давления газа;
4. Если в конце интервала давление газа PS1 больше P_n , то опрессовка прошла успешно;
5. Открывается клапан безопасности «Свеча». Давления газа падает;
6. Если через 10 секунд давление газа PS1 меньше P_n , то клапан безопасности исправен;
7. Клапан безопасности КЗ закрыть, клапаны К1 и К2 открыть;
8. Конец алгоритма.

Розжиг. На данном этапе производится розжиг котла с помощью запального устройства. Запальное устройство представляет собой вспомогательный газовый тракт, аналогичный основному, но со значительно меньшим расходом газа, чем в основном. После того как на выходе запального

устройства появляется пламя (S2), происходит розжиг газа, подаваемого по основному газовому тракту.

На данном этапе производится розжиг котла с помощью запального устройства, состоящего из клапана К4 с электрическим приводом, трансформатора высокого напряжения «Искра», и датчика пламени запальника (вентиль с ручным приводом К5 на этапе розжига открыт). Состояние клапанов основного газового тракта: К1, К2, К3 – закрыты.

Алгоритм работы оборудования в режиме «Розжиг котла» следующий:

1. По сигналу от кнопки «Пуск» открывается клапан запальника К4, одновременно включается ТВН «Искра»;
2. С появлением сигнала «Пламя запальника» (S1) ТВН «Искра» отключается;
3. Открываются клапаны К1 и К2 на основном газовом тракте;
4. Через 10 секунд после появления сигнала «Основное пламя» (S2) клапан запальника К4 закрывается, сигнал «Пламя запальника» исчезает;
5. Конец алгоритма.

Режим штатного горения. В режиме штатного горения в топку котла подаётся газ по основному тракту, сигнал «основное пламя» подтверждает горение, все показатели горения в норме.

Авария. Данный режим наступает после отклонения любого из показателей горения от нормы, а именно: - исчезновение «основного пламени»; - падение давления газа ниже допустимого; - переход оборудования в состояние, не соответствующее режиму штатного горения; - аварийный останов котла, вызванный оператором.

Данный режим рассмотрим на примере двух аварийных ситуаций:

- авария в процессе опрессовки;
- исчезновение «основного пламени» в ходе штатного горения.

Алгоритм «Авария в процессе опрессовки» котла.

1. По сигналу от кнопки «Пуск» открывается клапан К1. Происходит набор газа в межклапанное пространство. Давление газа должно достигнуть значения $PS1$ больше P_n , где P_n – нижняя, заранее установленная граница давления газа;
2. Через 10 секунд клапан К1 закрывается;
3. В течение 30 секунд идёт анализ изменения давления газа;
4. Если в конце интервала давление газа опустилось ниже величины P_n ($PS1$ больше P_n), то опрессовка прекращается;
5. Открывается клапан безопасности «Свеча»;
6. Загорается лампа «Авария», включается звонок;
7. Кнопкой «Квитирование» звонок выключается;
8. Конец алгоритма.

Алгоритм «Исчезновение основного пламени».

Исходное состояние:

1. Клапаны на подаче газа К1 и К2 в основной тракт открыты;
2. Клапан безопасности «Свеча» закрыт;
3. Сигнал «Основное пламя» в наличии.

Алгоритм работы оборудования в режиме «Авария» следующий:

1. По сигналу от кнопки «Пуск» открываются клапаны К1 и К2, клапан К3 – закрыт, сигнал «Основное пламя» в наличии.

Аварийная ситуация

2. Исчезает сигнал «Основное пламя»;
3. Закрываются клапаны К1 и К2, клапан К3 – открывается;
4. Появляются сигналы «Авария» (световой) и звуковой сигналы;
5. После нажатия кнопки «Квитирование» звуковой сигнал исчезает;
6. Конец алгоритма.

4 Анализ необходимых технических средств и оборудования

При выборе технических средств промышленной автоматизации, необходимо учитывать все необходимые технологические параметры, участвующие в технологическом процессе. Данная глава посвящена выбору технических средств нижнего и верхнего уровней АСУ ТП.

Выбор технических средств промышленной автоматизации основан на принципах надежности, технологичности и доступности, поэтому предпочтение отдавалось серийно выпускаемым отечественным средствам автоматизации, которые обязательно должны иметь такие параметры, как: взаимозаменяемость, сочетаемость приборов, наличие унифицированных сигналов и легкость компоновки на щитовых конструкциях, а также, для большего упрощения компоновки и лаконичности системы, выбирались технически однотипные технические средства.

Выбор первичных преобразователей основывается на диапазонах значений необходимых технологических параметров, а также характеристиках выходных управляющих и фиксирующих сигналов. При разработке системы следует учитывать правило лаконичности, то есть следует получить необходимую и достаточную систему, с точки зрения конструкции, для выполнения заданных функций.

4.1 Анализ датчиков температуры

В разрабатываемой автоматической системе регулирования технологического процесса водогрейного котла регистрируется температура в топке, температура воды на выходе и входе. Для измерения температуры топлива, жидкостей и воздуха используются термопреобразователи сопротивления, а для регистрации температуры в топке используется платиноводородно-платиновая термопара.

Термопреобразователи сопротивления обладают рядом преимуществ:

- имеют высокую точность измерений, которая может достигать в некоторых случаях до 0,013 °С;
- при использовании трехпроводной и четырехпроводной схем подключения исключается влияние изменения сопротивлений линий связи на результат измерения;
- имеют практически линейную характеристику зависимости температуры от сопротивления.

Рассмотрим термопреобразователи сопротивления фирм «Метран» и «Элемер» для измерения температур топлива и воздуха. Данные компании предлагают широкую линейку средств для измерения температуры как с унифицированными, так и с естественными выходными сигналами.

1. Термопреобразователи сопротивления компании «Элемер»

Термопреобразователи предназначены для преобразования значения температуры различных, в том числе агрессивных, сред в унифицированный токовый выходной сигнал 4...20 мА. Данные термопреобразователи выполнены в климатическом исполнении от минус 50 до 70 °С.

Таблица 1 – Диапазон измеряемых температур термопреобразователей сопротивления фирмы «Элемер»

Тип термопреобразователя	Диапазон температур, °С
ТСМУ-205 (100М)	от минус 50 до 50 °С, от минус 50 до 100 °С, от 0 до 50 °С, от 0 до 100 °С
	от минус 50 до 150 °С, от 0 до 150 °С, от 0 до 180 °С, от 0 до 200 °С
ТСПУ-205 (Pt100)	от минус 50 до 50 °С, от 0 до 100 °С
	от 0 до 200 °С
	от 0 до 300 °С, от 0 до 400 °С, от 0 до 500 °С

2. Термопреобразователи сопротивления компании «Метран»

Термопреобразователи сопротивления с медными и платиновыми чувствительными элементами Метран-203, Метран-204, Метран-205, Метран-206 предназначены для измерения температуры жидких, газообразных, сыпучих сред в различных отраслях промышленности. Изготавливаются в 35 климатическом исполнении для работы при температурах от минус 45 до плюс 60 °С [9].

Таблица 2 – Диапазон измеряемых температуры термопреобразователей сопротивления фирмы «Метран»

Тип термопреобразователя	Диапазон температур, °С
Метран-203, Метран-204	от минус 50 до 150 °С
Метран-205, Метран-206	от минус 50 до 200 °С

3. Термoeлектрические преобразователи компании «Элемер»

Термопары предназначены для измерения температуры разных сред, которые не вступают в химическую реакцию с защитным корпусом преобразователя. Рассмотрим несколько модификаций и область их применения:

ТП-1388 – предназначены для измерения температуры при переработке пластических масс и резиновых смесей, жидких, газообразных и твердых тел;

ТП-1388В – вибропрочное исполнение ТП-1388;

ТП-2088 – предназначены для измерения температуры жидких, газообразных сред и твердых тел в различных отраслях промышленности.

Чувствительный элемент – КТМС-кабель;

ТП-2388 – предназначены для измерения температуры жидких, газообразных сред и твердых тел в различных отраслях промышленности.

Метрологические характеристики представленных модификаций приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Номинальная статическая характеристика (НСХ) и класс допуска

НСХ	Класс допуска	Рабочий диапазон температур, °С
ХА (К)	1	От минус 40 до +1000
	2	От минус 40 до +1200
ХК (L)	2	От минус 40 до +600
ХКн (Е)	1	От минус 40 до +600
	2	От минус 40 до +600

4.2 Анализ преобразователя давления

Датчики давления предназначены для непрерывного преобразования абсолютного давления, дифференциального давления, избыточного давления, избыточного давления-разряжения и разности давлений в унифицированный 37 токовый сигнал или цифровой сигнал в стандарте протокола HART. По принципу преобразования давления в электрический сигнал датчики давления делятся на:

1. тензометрические;
2. пьезометрические;
3. емкостные;
4. резонансные;
5. индуктивные;
6. ионизационные;
7. пьезоэлектрические.

Принцип преобразования давления в электрический сигнал влияет на пределы измерения, динамические и частотные диапазоны, точность и условия эксплуатации.

Рассмотрим два преобразователя давления Элемер-100 ДВ и Метран-150.

Датчики давления Элемер-100 ДВ представляют собой преобразователи давления с измерительной мембраной из нержавеющей стали. Данные датчики обладают повышенной точностью измерения (от $\pm 0,5\%$ верхнего предела измерения), устойчивостью к гидроударам и низким выходным шумом значение которого составляет не более ± 16 мкА [8].

Основные технические характеристики общепромышленного преобразователя Элемер-100 ДВ:

1. верхний предел измеряемого давления (ВПИ) – от 0,04 кПа до 100 кПа;

2. преобразование давления в унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА;
3. измерение избыточного давления нейтральных к нержавеющей стали AISI 316L сред (газы, пар, вода, слабоагрессивные жидкости);
4. перегрузочная способность не менее – 200% ВПИ;
5. степень защиты корпуса и электроразъема преобразователя – IP65.

Датчики давления серии Метран-150 предназначены для непрерывного преобразования значения давления в унифицированный токовый выходной сигнал или цифровой сигнал в стандарте HART протокола. Управление параметрами датчика может осуществляться при помощи HART коммуникатора, удаленно с помощью программы HART-Master, HART-модема и компьютера или программных средств АСУ ТП, локального интерфейса оператора или удаленно с помощью AMS. Датчик давления Метран-150 обладает двухсекционным герметичным корпусом и морозостойким ЖК дисплеем. Среди преимуществ датчика Метран-150 можно выделить высокую перегрузочную способность, защиту от переходных процессов и функцию непрерывной самодиагностики. Интервал между поверками составляет 5 лет [9].

Основные технические характеристики датчика избыточного давления Метран-150:

- 1) выходной сигнал – 4...20 мА или HART 0...5 мА;
- 2) максимальное давление – 1 МПа;
- 3) давление перегрузки – 10 МПа;
- 4) температура окружающей среды – от минус 40 до 85 °С;
- 5) температура измеряемой среды – от минус 40 до 120 °С.

4.3 Анализ регулирующего устройства

В качестве регулирующего устройства используется контроллер. В данной работе рассматривается 2 контроллера от разных производителей, таких как: «ОВЕН»; «Siemens».

Для реализаций задач всего технологического процесса, необходимо учитывать характеристики контроллеров, позволяющие обрабатывать необходимые сигналы.

Для реализации основного технологического процесса нам необходимо учитывать такие параметры, как: температура входящей и выходящей воды, давление в топке котла, расход газа, температура отходящих газов, а также учитывать дискретные сигналы от датчиков положения клапанов, наличия пламени и т.д.

Рассмотрим характеристики каждого контроллера.

Программируемые контроллеры семейства S7-200 имеют модульную конструкцию и являются идеальным средством для построения относительно простых систем автоматического управления при минимальных затратах на приобретение оборудования и разработку системы. Они способны работать в реальном масштабе времени и могут быть использованы для построения узлов локальной автоматики или узлов комплексных систем управления [12].

Характеристика контроллера Siemens S7-200 приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Характеристика контроллера Siemens S7-200

Центральные процессоры	CPU221	CPU222	CPU224	CPU224XP	CPU226
1	2	3	4	5	6
Объем памяти программ (EEPROM), КБ (вкл/выкл редактирование в режиме RUN)	4		8/12	12/16	16/24

Продолжение таблицы 4 - Характеристика контроллера Siemens S7-200

Объем памяти данных, КБ	2		8	10	
Время выполнения инструкций	0,2мкс				
Арифметика с плавающей точкой	Поддерживается				
ПИД-регулирование	Поддерживается				
Скоростной счет, кГц	4х30		6х30	4х30 +2х200	6х30
Импульсные выходы, кГц	2х20			2х100	2х20
	только в моделях с транзисторными выходными каскадами				
Количество таймеров/счетчиков/ флагов	256/256/256				
Кол-во встроенных портов RS 485	1		2		
Кол-во встроенных входов-выходов	6 DI + 4 DO	8 DI + 6 DO	14 DI + 10 DO	14 DI +10 DO 2 AI + 1 AO	24 DI + 16 DO
Кол-во модулей расширения, не более	нет	2	7		
Макс. кол-во входов-выходов системы	6 DI + 4 DO	40 DI + 38 DO; 8(0)AI + 2(4)AO	94 DI + 74 DO; 28(0)AI+ 7(1 4)AO	94 DI + 74 DO; 30(2)AI + 8(15)AO	128 DI + 120 DO; 28(0)AI + 7(14)AO

Продолжение таблицы 4 - Характеристика контроллера Siemens S7-200

Выходной ток встроенного блока питания	180 мА	280 мА	400 мА
--	--------	--------	--------

ОВЕН ПЛК160 – линейка программируемых моноблочных контроллеров с дискретными и аналоговыми входами/выходами на борту для автоматизации средних систем.

Оптимальны для построения систем автоматизации среднего уровня и распределенных систем управления.

Характеристика контроллера ОВЕН ПЛК160 приведена в таблице 5.

Таблица 5 - Характеристика контроллера ОВЕН ПЛК160

Параметр	Значение (свойства)		
	ПЛК160-Х.А	ПЛК160-Х.У	ПЛК160-Х.И
Напряжение питания ПЛК160-24.Х-Х ПЛК160- 220.Х-Х	от 22 до 28 В постоянного тока (номинальное 24В)		
	от 90 до 264 В переменного тока (номинальное 110/220 В)		
	частотой от 47 до 63 Гц (номинальное значение 50 Гц)		
Потребляемая мощность, не более	40 ВА		
Количество входов из них быстродействующих	16, 4(DI1-DI4)		
Минимальная длительность импульса, воспринимаемого дискретным входом	1 мс		
– для обычных входов			
– для быстродействующих	0,02 мс		
Количество релейных выходных каналов	12		

Продолжение таблицы 5 - Характеристика контроллера ОВЕН ПЛК160

Время переключения контактов реле из состояния «лог. 0» в «лог. 1» и обратно, не более	50 мс (выходы DO1-DO12)		
Количество аналоговых входов	8		
Тип поддерживаемых унифицированных сигналов	Ток от 0 (4) до 20 мА		
	Ток от 0 до 5 мА		
	Напряжение от 0 до 10 В		
Разрядность АЦП	14 бит		
Период опроса аналоговых входов	10 мс		
Предел основной приведенной погрешности преобразования	$\pm 0,25 \%$		
Предел дополнительной приведенной погрешности преобразования на каждые 10 градусов изменения температуры	$\pm 0,05 \%$		
Количество аналоговых выходов	4		
Тип выходного сигнала	Универсальный, ток от 4 до 20 мА, напряжение от 0 до 10 В	Напряжение от 0 до 10 В	Ток от 4 до 20 мА
Предел основной приведенной погрешности ЦАП	$\pm 0,5 \%$		

Продолжение таблицы 5 - Характеристика контроллера ОВЕН ПЛК160

Разрядность ЦАП	12 бит	10 бит	10 бит
Минимальный период обновления выходов	100 мс		
Питание аналоговых выходов	Внешнее (24±3 В)		
Объем оперативной памяти (тип памяти)	8 Мб (SDRAM), из них 1 Мб для кода пользовательской программы, 128 кб для переменных пользовательской программы		
Средний срок службы	10 лет		

Контроллер фирмы ОВЕН ПЛК160 позволяет решить задачи автоматической системы управления технологическим процессом. Имеется достаточное количество дискретных и аналоговых входов и выходов. Однако в рамках данной работы такое количество входов нецелесообразно. Контроллеры фирмы Siemens S7-200 нацелены на решение небольших задач автоматического регулирования и имеют относительно небольшую стоимость.

4.4 Анализ технических средств измерения расхода топлива

В процессе работы котла необходимо измерять расходы топливовоздушной смеси, которая представляет собой смесь газа и воздуха, чтобы обеспечивать заданные технологические параметры и поддерживать КПД котельного агрегата на достаточном уровне. Необходимо учитывать особенности измеряемых сред при выборе расходомеров. Для измерения расхода воздуха применяют датчики дифференциального давления. Технические характеристики наиболее распространенных датчиков дифференциального давления приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики датчиков дифференциального давления

Наименование	Элемер-100 ДД	Метран-350SFA	Rosemount 3051
Диапазон измерений	0,063 кПа...16 МПа;	до 25 МПа	до 25 МПа
Выходные сигналы	0...5 мА; 0...20 мА; 4...20 HART; Modbus RTU	4-20 мА; HART	4-20 мА; HART
Основная погрешность	$\pm 0,024$ МПа	$\pm 0,20$ МПа	$\pm 0,031$ МПа

Расходомеры Элемер-100 ДД предназначены для измерения расхода жидкости, газа, пара в технологических процессах различных отраслей промышленности, а также в системах технологического и коммерческого учета. Он обладает наименьшей погрешностью среди представленных моделей [11].

Индукционные (электромагнитные) расходомеры серии FLONET предназначены для измерения объемного расхода негорючих электропроводящих жидкостей в закрытых трубопроводах, в системах теплоснабжения, пищевой и химической индустрии. Индукционный

расходомер оснащен частотным, импульсным и токовым выходами, а также интерфейсом RS-485 с коммуникационным протоколом обмена FLONET. Расходомеры FLONET специального исполнения успешно работают в сложных условиях с химически агрессивной средой, с жидкостями высокой температуры и содержащими абразив.

Электромагнитный расходомер–счетчик ЭМИС–МАГ 270 предназначен для постоянного измерения объема и расхода агрессивных жидкостей, щелочей, кислот и воды, а также для операций, связанных с их учетом и контролем. Электромагнитный расходомер от производителя ЭМИС пригоден для эксплуатации в промышленных, коммунально-бытовых, общественных объектах, а также в АСУ [11].

Расходомеры электромагнитные Метран-370 предназначены для измерения объемного расхода электропроводных жидкостей, пульп, эмульсий и т.п. Позволяют проводить измерение расхода агрессивных сред, имеют высокую точность измерений, отсутствуют подвижные части, имеют малые потери давления [13].

Технические характеристики расходомеров представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики расходомеров

Наименование	Элемер FLONET FS20XX.1	ЭМИС-МАГ 270	Метран-370
Давление	До 4 МПа	До 32 МПа	До 0,1 МПа
Расход	До 614 м3/ч	До 283 м3/ч	До 270 м3/ч
Основная погрешность	±1,23 м3 /ч	±1,41 м3 /ч	±1,35 м3 /ч

5 Реализация алгоритма в программном комплексе CoDeSys

Программный комплекс CoDeSys – это один из самых популярных в мире аппаратно-независимых комплексов для прикладного программирования программируемых логических контроллеров и встраиваемых контроллеров. Основным его компонентом является среда программирования на языках стандарта МЭК 61131-3 [15].

В рамках данной выпускной квалификационной работы, с помощью данного комплекса реализовываются алгоритмы работы газового тракта, а именно: алгоритм опрессовки и алгоритм розжига, а также режим аварии “исчезновение основного пламени”. Функциональная схема газового тракта представлена на рисунке 5. Работа алгоритмов описана в главе “Разработка функциональной схемы управления” на странице 36.

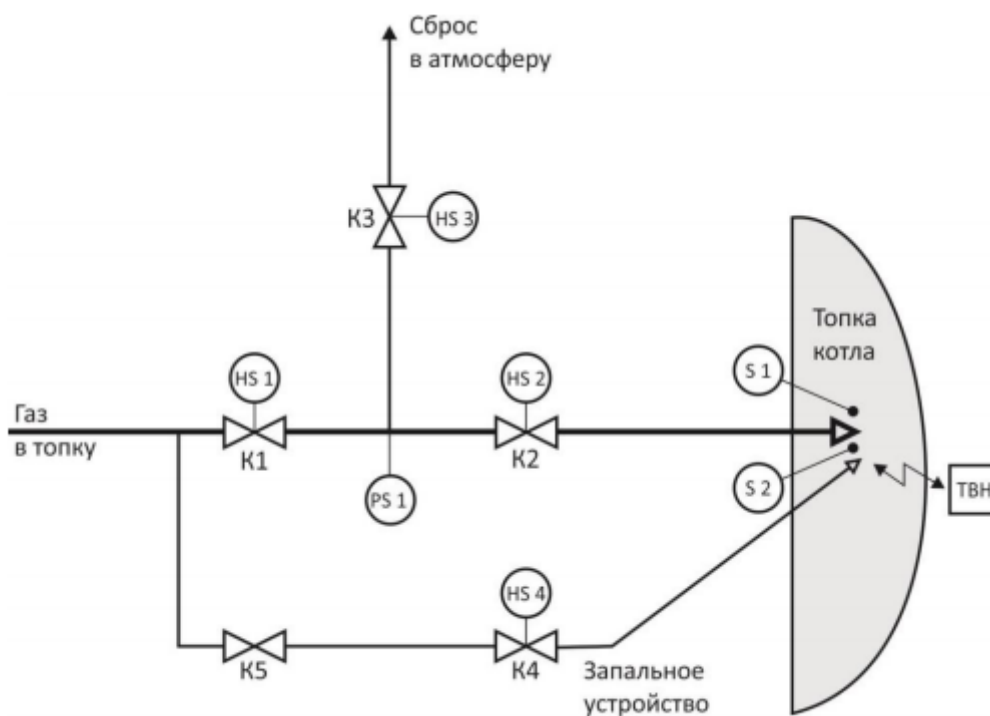


Рисунок 5 – Функциональная схема газового тракта

5.1 Опрессовка газового тракта

Процесс опрессовки газового тракта является первым этапом запуска котла.

Реализация в программном комплексе CoDeSys этого алгоритма представлена на рисунке 6 и на рисунке 7. Для написания кода, использовался язык стандарта МЭК 61131-3 CFC.

```
01 PROGRAM PLC_PRG
02 VAR
03     start_opress: BOOL;
04     trig1: F_TRIG;
05     timer1: TOF;
06     k1: BOOL:=FALSE;
07     k2: BOOL:=FALSE;
08     k3: BOOL:=FALSE;
09     k4: BOOL:=FALSE;
10     k5: BOOL:=FALSE;
11     PS1: REAL:=0;
12     integral1: DERIVATIVE;
13     trig2: F_TRIG;
14     trig3: R_TRIG;
15     otchet1: BOOL:=FALSE;
16     graph: BOOL;
17     d_stab: BOOL:=FALSE;
18     TIMER2: TON;
19     TIMER3: TON;
20     timer4: TON;
21     trig5: R_TRIG;
22     opress: BOOL:=FALSE;
23     neispravnost: BOOL:=FALSE;
24 END_VAR
```

Рисунок 6 – Листинг программы, реализующий алгоритм “Опрессовка”

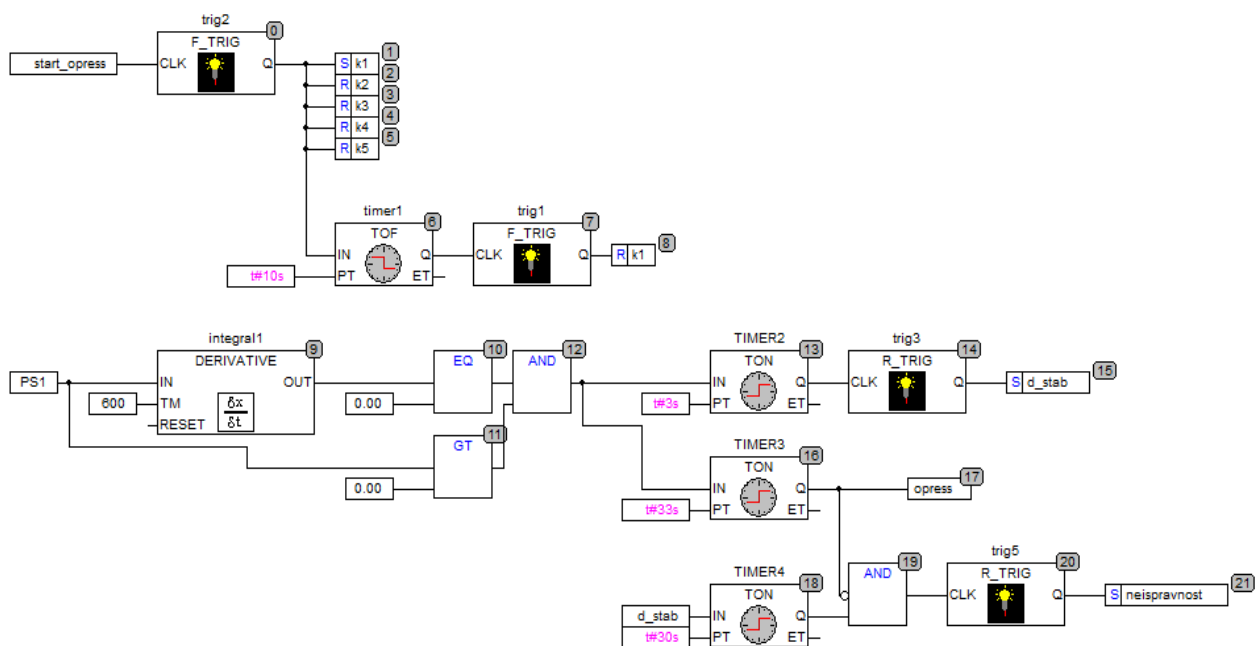


Рисунок 7 – Программа, реализующая алгоритм “Опрессовка”

Результатом выполнения алгоритма является значение переменной “opress”. Значение TRUE означает окончание процесса опрессовки, то есть давление в газовом тракте не изменялось в течении заданного времени. Значение переменной “neispravnost” позволяет понять наличие ошибки в работе газового тракта, а именно наличие утечек или негерметичности газового тракта. Значение FALSE – неисправности отсутствуют, значение TRUE – присутствует неисправность в системе. Связано это может быть с неисправностью клапанов или же с недостаточной изоляцией всей системы.

5.2 Розжиг

Процесс розжига в технологическом процессе котлоагрегатов необходим для запуска основной процедуры по переработки природного газа, а именно протекание статичного и контролируемого процесса горения.

```
126   trig6: F_TRIG;  
127   iskra: BOOL;  
128   plamya_zapalnika: BOOL;  
129   trig7: R_TRIG;  
130   TIMER6: TON;  
131   osnovnoe_plamya: BOOL;  
132   trig8: R_TRIG;  
133   rozjig: BOOL:=FALSE;  
134 END_VAR
```

Рисунок 8 – Листинг программы, описывающей алгоритм “Розжиг”

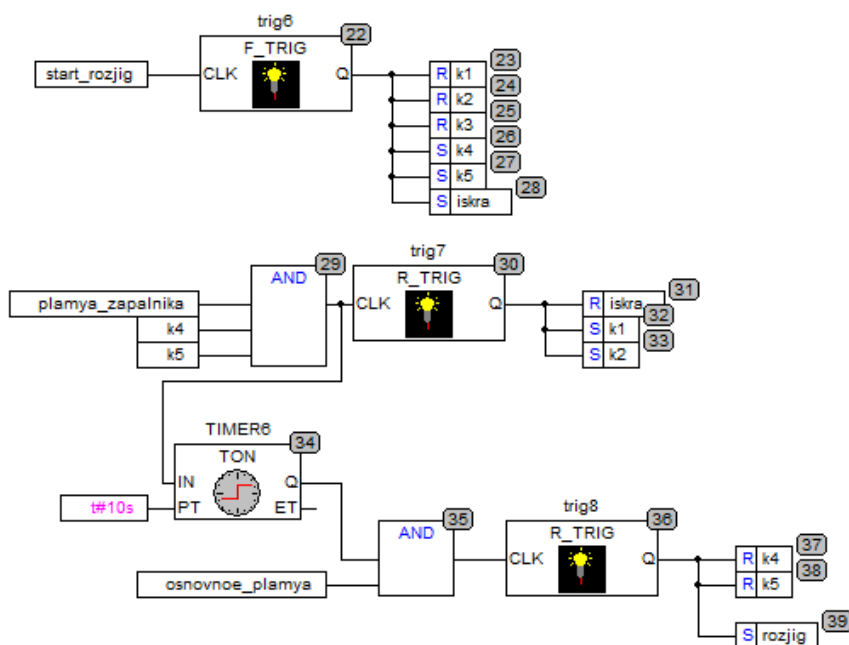


Рисунок 9 – Программа, реализующая алгоритм “Розжиг”

Результатом данного алгоритма является наличие основного пламени, а именно значение TRUE переменной “rozjig”. Входными данными являются сигналы от датчиков наличия пламени, а именно от значений переменных “plamya_zapalnika” и “osnovnoe_plamya”. При положительных исходах алгоритма, значение переменной “rozjig” в значении TRUE означает успешное завершение алгоритма.

6 Разработка мнемосхемы в MasterSCADA

Разработка SCADA-системы является неотъемлемой частью системы автоматического управления. Она предназначена для разработки или обеспечения работы в режиме реального времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

В процессе управления мнемосхема является для оператора важнейшим источником информации о текущем состоянии системы, характере и структуре протекающих в ней процессов, в том числе связанных с нарушением технологических режимов, авариями и т. п.

Мнемосхемы помогают оператору, работающему в условиях большого количества поступающей информации, облегчить процесс информационного поиска, подчинив его определенной логике, диктуемой реальными связями параметров контролируемого объекта [16].

Для реализации SCADA-системы был выбран программный комплекс MasterSCADA от компании InSAT. Мнемосхема технологического процесса газового тракта представлена на рисунке 10.

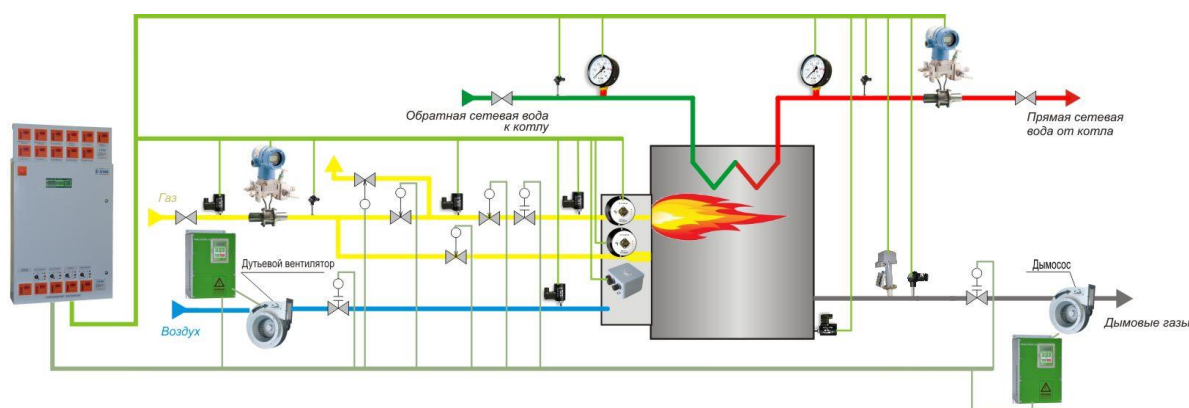


Рисунок 10 – Реализованная мнемосхема

На данной мнемосхеме отображено оборудование основного котла и газового тракта, а также визуализированные сигналы, показывающие состояние того или иного контролирующего устройства.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Объектом исследования является разработка автоматизированной системы топливоподачи в газовом тракте котельного оборудования.

Группу потребителей данной системы в основном составляют предприятия, на которых используется котельное оборудование и частные лица, которые пользуются котельным оборудованием. Такими предприятиями могут быть: районные котельные, городские котельные, частные котельные. Сегментирование рынка произведено по следующим критериям: размер компании и доступность газа, как вида топлива. Карта сегментирования представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Карта сегментирования

		Необходимость в использовании автоматизированной системы топливоподачи			
		Городские котельные	Районные котельные	Частные котельные	Заводы, склады
<i>Размер</i>	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Согласно карте сегментирования, можно выделить следующие сегменты рынка: разработка системы автоматизированной топливоподачи для государственных котельных любого размера.

7.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо производить систематически, так как рынки пребывают в постоянном движении. Данный анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

Для разработки системы автоматизированной топливоподачи главным пунктом является выбор контроллера для реализации. Существует огромное множество контроллеров необходимых параметров, решающих поставленные цели и задачи. Однако можно выделить несколько основных, успешно внедряющихся в данную сферу – контроллер фирмы ОВЕН (использующийся в разрабатываемой системе), контроллер фирмы SIEMENS (конкурент 1).

Siemens AG — немецкий концерн, работающий в области электротехники, электроники, энергетического оборудования, транспорта, медицинского оборудования и светотехники, а также специализированных услуг в различных областях промышленности, транспорта и связи. Фирма ОВЕН – российская компания, специализирующаяся в области контрольно-измерительных приборов, микропроцессорных приборов и др в сфере автоматизации. Анализ представлен в таблице 9.

Таблица 9 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентноспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Производительность	0,2	5	5	1,25	1,25
2. Качество сигналов	0,4	5	3	2	1,2
3. Объем памяти	0,1	3	4	0,3	0,4
4. Надежность	0,05	5	2	0,25	0,1
Экономические критерии оценки эффективности					

Продолжение таблицы 9 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

1. Конкурентноспособность	0,1	5	2	0,5	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	1	0,15	0,05
3. Цена	0,075	2	1	0,15	0,08
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,025	5	5	0,13	0,13
Итого	1	33	23	4,73	3,4

Согласно техническим критериям ресурсоэффективности можно выделить основную слабую сторону проекта: качество сигналов. Однако, продукт остается конкурентоспособным по оставшимся техническим характеристикам. Из сильных сторон можно выделить объём памяти контроллера.

Для оценки экономической эффективности были выбраны следующие экономические критерии: конкурентоспособность продукта, уровень проникновения на рынок, цена и предполагаемый срок эксплуатации. По результатам анализа можно сделать выводы о том, что созданный продукт является конкурентоспособным в условиях существующего рынка по сравнению с конкурентами.

7.3 SWOT-анализ

Для исследования внутренней и внешней среды проекта был проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта – SWOT-анализ. Итоговая матрица SWOT-анализа, полученная в результате реализации всех этапов исследования, приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Низкая стоимость исполнительного контроллера системы. С2. Модульность проекта. С3. Низкое энергопотребление. С4. Надежность.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Низкое сигналов управления. Сл2. Малая вычислительная мощность.
Возможности: В1. Улучшение эффективности котельных. В2. Выход на иностранный рынок. В3. Увеличение качества предоставляемых услуг по выработке тепловой энергии.	За счёт дешевизны и модульности проекта появляется возможность улучшения качества регулирования технологического процесса за счет интеграции дополнительного модуля сигналов. Модульность проекта предполагает низкое время обучения персонала для использования данного решения.	Изменение правительственной политики позволит выйти на новые рынки. При осваивании новых отраслей и выходе на иностранный рынок возможно появление и увеличение команды разработчиков и бюджета, что приведет к уменьшению времени интеграции данного решения. Использование иных методов обработки сигналов управления позволит снизить нагрузку на компьютер.

Продолжение таблицы 10 - Матрица SWOT-анализа

Угрозы: У1. Экономический кризис. У2. Высокая конкуренция на рынке.	Низкая стоимость проекта позволит расширить круг потребителей. Наличие большого количества комплектаций и вариантов использования продукта, позволит сохранить спрос на продукт в кризис. В случае боевых положений данное решение может быть использовано повсеместно, тем самым расширится круг потребителей.	Увеличение функционала и мощности системы позволит стать системе более конкурентно способной. Выход на иностранные рынки позволят сохранить спрос при неблагоприятном изменении правительственной политики по отношении отрасли.
---	--	---

По результатам SWOT-анализа можно сделать выводы о том, что поддерживать на высоком уровне такие сильные стороны проекта, как низкая себестоимость. А также необходимо устранять слабые стороны такие как: малая вычислительная мощность, низкое качество управляющих сигналов.

7.4 Планирование научно-исследовательских работ

7.4.1 Планирование НИР – этапы разработки

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения исследования необходимы исполнители в лице руководителя и инженера. Перечень этапов, работ и исполнителей приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Теоретические исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих систем	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
	5	Подбор компонентов для реализации системы	Инженер
Проведение ОКР			
Разработка и проектирование системы	6	Покупка комплектующих	Инженер
	7	Сборка системы	Инженер
	8	Создание программной части	Инженер
	9	Тестирование и отладка работы системы	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка полученных результатов	Руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности и экологичности проекта	Инженер
	12	Составление пояснительной записки	Инженер

7.4.2 Планирование НИР – составление плана-графика

Так как отсутствует нормативная база по проводимым работам, а также достоверная информация о процессе выполнения подобных работ иными исполнителями, воспользуемся экспертным способом оценки продолжительности выполнения запланированных работ. Для определения

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула (1):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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

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

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

Представим ленточный график в форме диаграммы Гранта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (3):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по формуле (4):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22 \quad (4)$$

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

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

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

Полученные данные представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работы в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел- дни		t_{max} , чел- дни		$t_{ож}$, чел- дни					
	1. Руководитель	2. Инженер	3. Руководитель	4. Инженер	5. Руководитель	6. Инженер	7. Руководитель	8. Инженер	9. Руководитель	10. Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	2	6	6	3.6	3.6	1.8	1.8	2.196	2.196
Подбор и изучение материалов по теме		10		18		13.2		13.2		16.104
Изучение существующих систем		1		2		1.4		1.4		1.708

Продолжение таблицы 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Календарное планирование работ по теме	1	1	3	3	1.8	1.8	0.9	0.9	1.098	1.098
Подбор компонентов для реализации системы		1		1		1		1		1,22
Покупка комплектующих		1		1		1		1		1,22
Сборка системы		1		1		1		1		1
Создание программной части		8		14		10,4		10,4		12,688
Тестирование и отладка работы системы	1	1	4	4	2,2	2,2	1,1	1,1	1,342	1,342
Оценка полученных результатов	1		2		1,4		1,4		1,708	
Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности проекта		4		6		8,4		8,4		1,248
Составление пояснительной записки		8		13		10		10		12,2
Итого:							5,2	50,2	6,344	61,024

На основе полученной таблицы 12 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам. График работ приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Календарный план-график выполнения проекта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февр.			март			апр.			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер	4			■									
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	16			■	■	■	■						
3	Изучение существующих систем	Инженер	2					■							
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер	2					■							
5	Подбор компонентов для реализации системы	Инженер	1					■							
6	Покупка комплектующих	Инженер	1					■							
7	Сборка системы	Инженер	1					■							
8	Создание программной части	Инженер	13						■	■	■				
9	Тестирование и отладка работы системы	Руководитель, инженер	3							■	■				
10	Оценка полученных результатов	Руководитель	2							■					
11	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности проекта	Инженер	10								■	■			
12	Составление пояснительной записки	Инженер	12										■	■	■

■ - инженера

■ - руководителя

7.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

7.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (5):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 14 сведены данные о материальных затратах на научное исследование.

Таблица 14 – Материальные затраты НТИ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Ноутбук	Шт.	1	23000	23000
Среда программирования CoDeSys	Шт.	1	5000	5000
Контроллер ОВЕН ПЛК160	Шт.	1	26000	26000
Датчик температуры	Шт.	5	670	3350
Датчик расхода	Шт.	2	1000	2000
Датчик разряжения	Шт.	1	1800	1800
Датчик освещенности	Шт.	1	900	900
Датчик давления	Шт.	5	850	4250
Необходимые провода	Метров	50	50	2500

Продолжение таблицы 14 – Материальные затраты НТИ

Светодиодные ленты	Метров	5	350	1750
Затраты на транспортировку, 3%				2117
Итого				72667

Таким образом материальные затраты составили 72667 рублей.

7.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле (6):

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

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

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

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле (7):

$$З_{осн} = З_{дн} * Т_p, \quad (7)$$

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

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

$Т_p$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле (8):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_o}, \quad (8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	52	52
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени	48	48
– отпуск		
– невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле (9):

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (9)$$

где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Расчет основной платы представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	33 664	-	-	1.3	43 763.2	1 813.29	5.2	9 429.11
Инженер	12 663	-	-	1.3	16 461.9	682.09	50.2	34 240.92
Итого:								43 670.03

7.5.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (10):

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

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

Расчет дополнительной заработной платы приведен ниже:

$$З_{\text{доп Р}} = 0.13 \cdot 9\,429.11 = 1\,225.79$$

$$З_{\text{доп И}} = 0.13 \cdot 34\,240.92 = 4\,451.32$$

Итого – 5 677.1 рубля.

7.5.4 Отчисления на социальные нужды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (11):

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

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений	Отчисления
Руководитель	9 429.11	1 225.79	0.271	2 887.51
Инженер	34 240.92	4 451.32		10 485.66
Итого				13 373.17

Получили, что всего будет перечислено 13 373.17 руб. во внебюджетные фонды.

7.5.5 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле (12):

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, 16 %.

Материальные затраты учитываются с учетом количества использованной электроэнергии. Для юридических лиц стоимость 1 кВт*ч составляет 5,8 рублей. В среднем на работу с компьютером затрачивается 8 часов в день, всего на работу с компьютером затрачивается около 60 дней. Ноутбук с подключенным к нему внешним монитором потребляет в среднем 120 Вт в час (суммарно за все время использования). ПК ОВЕН 160 потребляет в среднем 40 Вт в час. Следовательно, затраты на электроэнергию составят:

$$Z_{\text{эн}} = (120 + 40) \cdot 6 \cdot 50 \cdot 5,8 / 1000 = 278,4$$

В итоге величина накладных расходов получается равной:

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (43\,670,03 + 5\,677,1) = 7\,895,54$$

7.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Основой для формирования бюджета затрат научно-исследовательского проекта является рассчитанная величина затрат. Данная величина также служит для формирования договора с заказчиком, где служит нижним пределом затрат на разработку проекта.

Определение бюджета затрат приведено в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
---------------------	-------------

Продолжение таблицы 18 - Расчет бюджета затрат НТИ

Материальные затраты НТИ	72667
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	43 670.03
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5 677.1
Отчисление во внебюджетный фонды	13 373.17
Расходы на электроэнергию	278.4
Накладные расходы	7 895.54
Бюджет затрат НТИ	143 561.21

7.6 Расчет ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель эффективности научного исследования состоит из двух составляющих: интегральный показатель финансовой эффективности и интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности получается в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования.

Интегральный финансовый показатель эффективности рассчитывается по следующей формуле (13):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{143\,561}{650\,000} = 0.22$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения проекта может быть определен по следующей формуле (14):

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения;

b_i – оценка в баллах для i-го варианта исполнения.

Таблица 19 применяется для расчета интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 19 – Сравнительная оценка вариантов исполнения

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Качество управляющих сигналов	0.4	1	3	5
Потребление электрической энергии	0.2	5	3	1
Требование к вычислитель-ным ресурсам	0.1	5	3	1
Надежность конструкции	0.1	2	4	5
Удобство в эксплуатации	0.1	5	5	5
Время отклика	0.1	1	3	5
Итого	1			

Ниже приведен расчет интегрального показателя ресурсоэффективности вариантов исполнения:

$$I_{p-исп1} = 0.4 * 1 + 0.2 * 5 + 0.1 * 5 + 0.1 * 4 + 0.1 * 5 + 0.1 * 1 = 2.7$$

$$I_{p-исп2} = 0.4 * 3 + 0.2 * 3 + 0.1 * 3 + 0.1 * 5 + 0.1 * 5 + 0.1 * 3 = 3.5$$

$$I_{p-исп3} = 0.4 * 5 + 0.2 * 1 + 0.1 * 1 + 0.1 * 5 + 0.1 * 5 + 0.1 * 5 = 3.8$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки рассчитывается по следующей формуле (15):

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}, \quad I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}} \text{ и т. д.} \quad (15)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки осуществляется по формуле (16), представленной ниже:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}} \quad (16)$$

Рассчитанные данные сведены в таблицу 20.

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.24	0.75	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	2.7	3.5	3.8
3	Интегральный показатель эффективности	11.04	4.66	3.8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2.37	1.22	0.32

На основании данных таблицы 20 можно сделать вывод о том, что более эффективным является первый вариант исполнения разработки.

8 Социальная ответственность

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

В данной ВКР представлена разработка автоматизированной системы топливоподачи, обеспечивающая поддержание технологического процесса без участия человека. В основе работы устройства лежат алгоритмы компьютерного моделирования технологического процесса, с помощью которых в реальном времени контролируется ход технологического процесса в заданных режимах. Аппаратная часть устройства состоит из ПЛК160, датчиков температуры, давления, расхода и других, для фиксации технологических параметров. Располагаться устройство будет в непосредственной близости от рабочего объекта. Управление же осуществляется по системам связи оператором, находящимся в отдельном помещении.

В текущем разделе указаны основные вредные и опасные факторы рабочей зоны, их анализ и способы защиты от них, аспекты охраны окружающей среды, защиты от чрезвычайных ситуаций, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном подразделе рассматриваются характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства. А также приводятся основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя проектируемой рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды.

8.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Основной задачей коллективного договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений.

Работодатель обязуется проводить аттестацию и сертификацию рабочих мест один раз в пять лет с участием представителя профкома.

Если по результатам аттестации рабочее место не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям и признано условно аттестованным, разрабатывать совместно с профкомом план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда на данном рабочем месте и обеспечивать их выполнение.

Ежегодно издавать приказ о мероприятиях по охране труда и промышленной безопасности, считать эти мероприятия соглашением по охране труда на год.

8.1.2 Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ

Проектирование рабочих мест, снабженных операторскими станциями, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Организация рабочего места программиста или оператора регламентируется следующими нормативными документами:

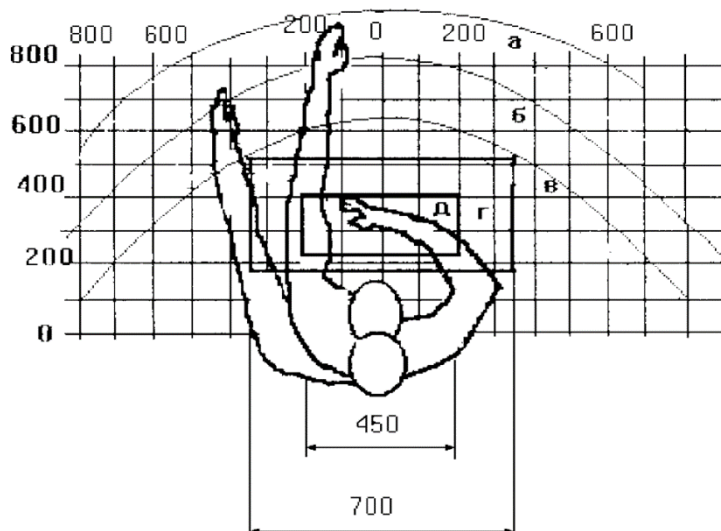
ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ, ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и рядом других.

Эргономическими аспектами проектирования операторских рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места программиста или оператора являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя.

То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства. Моторное поле – пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека. Максимальная зона досягаемости рук – часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона – часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.



а - зона максимальной досягаемости;

б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;

в - зона легкой досягаемости ладони;

г - оптимальное пространство для грубой ручной работы;

д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Рисунок 11 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

Кресло следует устанавливать на такой высоте, чтобы не чувствовалось давления на копчик (это может быть при низком расположении кресла) или на бедра (при слишком высоком).

Работающий за ПЭВМ должен сидеть прямо, опираясь в области нижнего края лопаток на спинку кресла, не сутулясь, с небольшим наклоном головы вперед (до $5-7^\circ$). Предплечья должны опираться на поверхность стола, снимая тем самым статическое напряжение плечевого пояса и рук.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7м);

- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами:

- нет хорошей подставки для документов;
- клавиатура находится слишком высоко, а документы – низко;
- некуда положить руки и кисти;
- недостаточно пространство для ног.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

8.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представить в виде таблицы.

Таблица 21 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	

Продолжение таблицы 21 – Возможные опасные и вредные факторы

1.Отклонение показателей микроклимата				Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы. Например, требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[59].
2. Превышение уровня шума				
3.Отсутствие или недостаток естественного света				
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны				
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека				
6.Психофизиологические факторы				
7. Механические опасности				

8.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Согласно номенклатуре, опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-74 делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 21.

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

8.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования

В условиях современного интенсивного использования ЭВМ важное значение имеет изучение психофизиологических особенностей и возможностей человека с целью создания вычислительной техники, обеспечивающей максимальную производительность труда и сохранение здоровья людей. Игнорирование эргономики может привести к довольно серьезным последствиям.

При внедрении усовершенствованной системы управления технологическим процессом важную роль играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени оператора.

Основным документом, определяющим условия труда на персональных ЭВМ, являются «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Санитарные нормы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, которые были введены 30 июня 2003 года.

В Правилах указаны основные требования к помещениям, микроклимату, шуму и вибрации, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

8.2.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария)

8.2.3.1 Механические опасности

Автоматические двери могут навредить человеку, если не предусмотреть систему остановки при контакте с дверью.

Основные последствия механических опасностей:

- защемление или раздавливание;
- порезы;
- отрезание или разрубание;
- захват или наматывание;
- затягивание или задерживание;
- попадание под удар;
- местный укол или полное прокалывание;
- поверхностное повреждение наружных тканей под действием трения;

К средствам защиты работающих от механического травмирования (физического опасного фактора) относятся:

- ограждения (кожухи, козырьки, дверцы, экраны, щиты, барьеры и т. д.);
- предохранительные – блокировочные устройства (механические, электрические, электронные, пневматические, гидравлические и т. д.);
- тормозные устройства (рабочие, стояночные, экстренного торможения);
- сигнальные устройства (звуковые, световые), которые могут встраиваться в оборудование или быть составными элементами.
- сигнальные цвета и сигнальная разметка, знаки производственной безопасности.

Сигнализация является одним из звеньев непосредственной связи между машиной и человеком. Она способствует облегчению труда, рациональной организации рабочего места и безопасности работы. Сигнализация может быть звуковая, световая, цветовая и знаковая. Сигнализация должна быть расположена и выполнена так, чтобы сигналы, предупреждающие об опасности, были хорошо различимы и слышны в производственной обстановке всеми лицами, которым может угрожать опасность.

В данной системе предусмотрено сигнальное устройство. Дверь открывается на длительный промежуток времени, чтобы пользователь мог спокойно пройти. Проходить можно только во время горения зелёного светодиода. В случае, если горит красный, проходить нельзя, даже если двери открыты.

ГОСТ Р 12.4.026-2001 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная» устанавливает термины с соответствующими определениями, для правильного понимания их назначения, правила применения и характеристики знаков безопасности, сигнальных цветов и сигнальной разметки.

8.2.3.2 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ

В соответствии с основными требованиями к помещениям для эксплуатации ПЭВМ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) эти помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 м² и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) 4,5 м².

8.2.3.3 Микроклимат

Значимым физическим фактором является микроклимат рабочей зоны (температура, влажность и скорость движения воздуха).

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха влияют на теплообмен и необходимо учитывать их комплексное воздействие. Нарушение теплообмена вызывает тепловую гипертермию, или перегрев.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), приведены в таблице 22, в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 22 – Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	20-25	15-75	0,1
Теплый	Ia	21-28	15-75	0,1-0,2

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

8.2.3.4 Освещение

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Освещению следует уделять особое внимание, так как при работе наибольшее напряжение получают глаза.

Освещение делится на естественное, искусственное и совмещенное. Совмещенное сочетает оба вида освещения.

На посту управления, где расположено рабочее место оператора, используется совмещенное освещение.

Для определения приемлемого уровня освещенности в помещении необходимо определить требуемый для операторов уровень освещенности внешними источниками света.

Рекомендуемые соотношения яркостей в поле зрения следующие:

- между рабочими поверхностями не должно превышать 1:3 – 1:5;
- между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования – 1:10.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк (СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м². Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

8.2.3.5 Неблагоприятные характеристики шума

В производственных условиях имеют место шумы различной интенсивности и частотного спектра, которые генерируются источниками шумов.

Для исследуемого объекта (производство и пункт управления) основными источниками шумов являются производственное оборудование (внешние источники) и оборудование поста управления (внутренние источники).

ПДУ шума для объектов типа поста управления нормируются ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Значения ПДУ согласно этим документам представлены в таблице 23 (для постоянных шумов).

Таблица 23 – Нормированные значения уровня звукового давления

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	663	1125	2250	5500	11000	22000	44000	88000	
ПУ	983	974	868	863	860	778	755	754	65

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия по защите от действия шума (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

8.2.3.6 Электромагнитные излучения

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет серьезную опасность для человека, по сравнению с

другими вредными производственными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы).

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в таблице 24 в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 24 – Временные допустимые ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для оценки соблюдения уровней необходим производственный контроль (измерения). В случае превышения уровней необходимы организационно- технические мероприятия (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

8.2.3.7 Психофизиологические факторы

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Существуют следующие меры по снижению влияния монотонности:

- необходимо применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня;
- соблюдать эстетичность производства.

Для уменьшения физических нагрузок организма во время работы рекомендуется использовать специальную мебель с возможностью регулировки под конкретные антропометрические данные, например, эргономичное кресло.

8.2.3.8 Электрический ток

Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Основными мероприятиями по защите от электропоражения являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- защитного заземления;
- защитного зануления;
- защитного отключения;
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Контроль выполнения требований электробезопасности должен проходить на следующих этапах:

- проектирование;
- реализация;
- эксплуатация.

8.3 Экологическая безопасность

8.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В результате выполнения ВКР было разработано устройство, которое функционирует на основе микрокомпьютера. Рассмотрим влияние микрокомпьютера на окружающую среду.

Увеличение производства находится в прямой зависимости от состояния энергетики. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на природную среду, являясь источником различных видов загрязнений воздуха, воды, земной поверхности и ее недр, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющим уровень его добычи.

8.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

Одноплатные ПЛК ОВЕН 160 спроектированы для использования в стационарных, защищенных от внешних воздействий условиях. Условия эксплуатации превосходят требования DIN IEC 60721-3-3.

- класс 3М3 (механические требования)
- класс 3К3 (климатические требования)

Промышленные логические контроллеры ОВЕН 160 и их компоненты соответствуют требованиям стандартов ГОСТ Р МЭК 60950-2002, ГОСТ 26329-84 (п. п. 1.2; 1.3), ГОСТ Р 51318.22-99, ГОСТ 51318.24-99, ГОСТ Р 51317.3.2-99, ГОСТ Р 51317.3.3-99. Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных ПК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

8.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Снижение загрязнения возможно за счет совершенствования оборудования, производящего электроэнергию, применения более экономичных и результативных технологий, использования новых методов

получения электроэнергии и внедрения современных методов и способов очистки и обезвреживания отходов производства.

Одноплатные промышленные логические контроллеры ОВЕН 160, могут утилизироваться, так как не содержат токсических материалов. Для безопасной с точки зрения охраны окружающей среды утилизации и удаления старых устройств необходимо обратиться к компании фирмы Raspberry, имеющей сертификат на утилизацию и удаления лома электронного оборудования.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования

На объекте возможные следующие ЧС:

- короткое замыкание;
- пожар.

Наиболее типичной ЧС для данного объекта является короткое замыкание.

Данная система является электронным устройством, работающим от постоянного напряжения. Для данного устройства вероятна ситуация короткого замыкания, а также перегрева.

Для предупреждения ЧС на объекте приняты следующие меры:

- защитное заземление;
- изоляция контактов;
- регулярная проверка целостности контактов и дорожек на плате;

Для повышения устойчивости объекта к данной ЧС приняты следующие меры:

- используется внешний стабилизатор напряжения.

В случае возникновения на объекте ЧС будут произведены следующие действия:

- немедленное аварийное отключение устройства;
- обесточивание всей лаборатории во избежание короткого замыкания.

В этом разделе наиболее актуальным будет рассмотрение вида ЧС - пожар, определение категории помещения по пожаровзрывобезопасности в котором происходит управление технологическим процессом.

Рабочее место оператора поста управления, должно соответствовать требованиям ФЗ Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

Основным поражающим фактором пожара для помещений данной категории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

8.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований

Пожар в помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании.
- старение изоляции.
- увлажнение изоляции.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других близлежащих горючих материалов от тепла, возникающего в месте аварийного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.).

8.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;

- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации. План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при единовременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара.

8.5 Заключение по разделу «Социальная ответственность»

В заключение всего вышеперечисленного хочется отметить основную задачу, поставленную данным разделом, – формирование у индивида социальной ответственности перед другими людьми и окружающей его средой обитания, а также необходимости выполнения всех возможных мероприятий, ведущих к улучшению условий окружающего мира.

Преимуществом данной разработки является автоматизация подачи топлива в районной котельной. Автоматизированная система уменьшит количество обслуживающего персонала в отличие от привычной котельной. Не нужен будет котельщик, а значит производство тепловой энергии будет менее вредно для персонала. С экологической точки зрения перевод котельной на газообразное топливо способствует уменьшению концентрации выбросов при сжигании в котлоагрегате, в сравнении с привычными твердыми видами топлив, что показано в разделе исследовательские изыскания.

Социальная роль разработки АСУ впрыска суспензионного топлива – снижение пагубных факторов на окружающую среду и снижение тарифа на горячую воду для населения

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы проведен анализ технологической схемы котельной установки и изменений, которые должны быть реализованы в процессе перехода с твердого топлива на газ. Проведён анализ нормативно-технической документации, предъявляющей требования к безопасности использования газа в качестве топлива.

На основании полученных выводов разработана технологическая схема газового тракта котла и его типовая система автоматизации.

Произведен анализ необходимых средств и методов, позволяющих решить конкретные задачи, разработаны типовые алгоритмы.

В рамках данной выпускной квалификационной работы рассмотрены программные комплексы, позволяющие создать полноценную систему АСУ ТП начиная с нижнего уровня – выбора механических устройств и силовых инструментов и заканчивая верхним – разработкой полноценной операторской станцией.

Conclusion

The technological scheme of boiler installation and attitude changes that should be implemented in the course of transition from solid fuel to gas were analysed in the final qualification work. The analysis of the specifications and technical documentation imposing requirements to safety of use of gas as fuel was carried out.

There has been developed the technological scheme of the boiler's gas tract and its standard automation system based on the findings in qualification work.

The necessary tools and methods to solve specific problems have been analyzed and model algorithms have been developed.

As part of this final qualification work, the software complexes are considered, allowing to create a full-fledged I&C systems from the field level - the choice of mechanical devices and power tools to the top - the development of a full-fledged operator station.

Список использованной литературы

1. Эстеркин Р. И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: Учеб пособ. для техникумов. СПб.: Интеграл, 2010. 280 с, ил.
2. Файерштейн Л. М., Этинген Л. С., Гохбойм Г. Г. Справочник по автоматизации котельных – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.: ил.
3. Соколов Б. А. Котельные установки и их эксплуатация: Учебник для нач. проф. Образования – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 432 с.
4. Соколов Б. А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 128 с.
5. Соколов Б. А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности: учеб пособие – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с.
6. Сидельковский Л. Н., Юрнев В. Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник для вузов. – 4-е изд., репринтное. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2009. – 528 с.: ил.
7. Сергеев А. В. Справочное учебное пособие для персонала котельных: Топливное хозяйство котельных. – СПб.: ДЕАН, 2003. – 320 с., ил.
8. ООО «Элемер». Каталог продукции 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elemer.ru/files/catalog/glavi/ts.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
9. Промышленная группа «Метран». Каталог продукции 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ruRU/brands/Metran/products/Pages/catalog.aspx> свободный. – Загл. с экрана.

10. Википедия. Датчик давления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Датчик_давления_свободный. – Загл. с экрана.
11. ООО «Элемер». Каталог продукции 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elemer.ru/files/catalog/glavi/elemer100.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
12. SIMATIC S7-200 Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ste.ru/siemens/contr.html> свободный. – Загл. с экрана.
13. Промышленная группа «Метран». Каталог продукции 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 98 <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues/D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
14. ООО «Элемер». Каталог продукции 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.elemer.ru/production/flowmeters/flonet/flonet_fn_20xx_1.php свободный. – Загл. с экрана.
15. Codesys. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CoDeSys> свободный. – Загл. с экрана.
16. MasterSCADA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MasterSCADA> свободный. – Загл. с экрана.