

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система управления розжигом парокотельной установки

УДК 004.896:697.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Глебов Александр Глебович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцова Ирина Леонидовна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Общекультурные (универсальные) компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации

Код компетенции	Наименование компетенции
	технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

<p>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></p>	<p>Анализ объекта автоматизации; Анализ стадий розжига; Разработка объема автоматизации; Разработка ФСА; Выбор программно-технических средств; Разработка структурной схемы системы; Разработка принципиальной схемы подключения датчиков и исполнительных механизмов; Разработка блок-схем алгоритмов управления; Разработка алгоритмов в среде CODESYS.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Функциональная схема автоматизации; Структурная схема системы; Принципиальная схема подключения датчиков и исполнительных механизмов; Блок-схемы алгоритмов розжига; Стадии розжига в CODESYS.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Креницына Зоя Васильевна, доцент ОСГН ШБИП, к.т.н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцова Ирина Леонидовна, Ст. преподаватель ООД ШБИП</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p style="text-align: center;">-</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>16.02.2022</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов Василий Васильевич	к.т.н., доцент		16.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Глебов Александр Глебович		16.02.2022

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

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

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2022 г.	<i>Основная часть</i>	60
30.05.2022 г.	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	20
30.05.2022	<i>Социальная ответственность</i>	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов Василий Васильевич	к.т.н., доцент		16.02.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		16.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
8Т8А		Глебову Александру Глебовичу	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Система управления розжигом парокотельной установки	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: газовый тракт котельной установки.</p> <p>Область применения: автоматизация в нефтегазовой отрасли.</p> <p>Рабочая зона: производственное помещение.</p> <p>Размеры помещения: 10x10 м.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: 1 котел, 1 основной газовый тракт, 1 запальное устройство, сопутствующие КИПиА.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: продувка топки котла, опрессовка газового тракта котельной, розжиг топки запальником.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приказ Ростехнадзора от 15.11.2013 N 542 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления"; 2. Федеральный закон. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. №123-ФЗ, 2008. 3. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда. 4. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022 №27-ФЗ).
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий; 2. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; 3. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов. 4. Летучие испарения химических присадок, спиртов, легкие углеводороды; <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень общей вибрации; 2. Повышенный уровень локальной вибрации; 3. Повышенный уровень шума;

	<p>4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</p> <p>5. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: тепловая изоляция трубопроводов, использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки, респираторы, виброизолирующая обувь, защитные ограждения.</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	<p>Воздействие на селитебную зону: химическое заражение территории при аварии.</p> <p>Воздействие на литосферу: происходит в результате утилизации твердых бытовых отходов.</p> <p>Воздействие на атмосферу: происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом,</p> <p>Воздействие на гидросферу: не происходит.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	<p>Возможные ЧС на объекте: Утечка газа, пожар, взрыв.</p> <p>Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);</p> <p>Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);</p> <p>Наиболее типичной ЧС является взрыв топки котла, пожар, загазованность окружающей среды.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Глебов Александр Глебович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8А	Глебову Александру Глебовичу

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	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<i>Проведение предпроектного анализ: оценка потенциальных потребителей, SWOT анализ, определение возможных альтернатив проведения НИ</i>
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	<i>Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИИ, разработка графика проведения НИИ, планирование бюджета НИИ.</i>
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	<i>Расчёт интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности для всех видов исполнения НИИ</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений	
2. Матрица SWOT	
3. Альтернативы проведения НИ	
4. График проведения и бюджет НИ	
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Глебов Александр Глебович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 89 страниц машинописного текста, 32 таблицу, 14 рисунков, список использованных источников из 18 наименований, 3 приложения.

Ключевые слова: алгоритм розжига; газовый тракт котельной установки; розжиг горелки; программируемый логический контроллер; алгоритм; запальное устройство.

Объектом автоматизации является газовый тракт парокотельной установки.

Цель работы – разработка алгоритмов программно-логического управления розжигом горелки парокотельной установки.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были проведены исследования системы автоматического розжига парокотельной установки, разработан алгоритм розжига, детализированы его стадии и выполнен выбор технических и программных средств.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Экономическая эффективность работы основана на определении ресурсосберегающей, финансовой эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ которой, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами и по финансовой эффективности, и по ресурсной эффективности.

Оглавление

Определения, обозначения и сокращения	14
Введение.....	15
1 Анализ объекта автоматизации	16
1.1 Описание газового тракта котельной установки	16
1.2 Краткое описание стадий розжига	18
1.3 Разработка объема автоматизации	20
1.4 Функциональная схема автоматизации	21
2 Выбор программно-технических средств.....	23
2.1 Взрывозащита.....	23
2.2 Выбор датчиков.....	24
2.2.1 Выбор датчика давления	24
2.2.2 Выбор датчиков-реле контроля пламени.....	27
2.3 Выбор исполнительных устройств.....	28
2.3.1 Электромагнитные клапаны.....	28
2.3.2 Источник высокого напряжения.....	30
2.4 Выбор ПЛК	31
2.4.1 Выбор программно-технического комплекса	32
2.4.2 Процессорный модуль	34
2.5 Блок питания.....	37
2.6 Программная среда	38
3 Разработка	39
3.1 Разработка структурной схемы.....	39
3.2 Разработка принципиальной схемы подключения датчиков и исполнительных механизмов.....	40
3.3 Разработка алгоритмов управления	40
3.3.1 Продувка топки котла.....	41
3.3.2 Опрессовка.....	41
3.3.3 Стадия «Розжиг котла».....	43
3.3.4 Режим «Авария».....	46

3.4	Разработка в среде CODESYS	47
3.4.1	Опрессовка.....	49
3.4.2	Стадия «Розжиг котла».....	49
3.4.3	Стадия «Авария».....	50
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	51
	Введение.....	51
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	52
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	52
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений	52
4.1.3	SWOT – анализ	54
4.2	Планирование научно-исследовательской работы.....	58
4.2.1	Структура работы в рамках научного исследования	58
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	59
4.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	60
4.2.4	Бюджет научно-технического исследования	64
4.3	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	67
	Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	71
5	Социальная ответственность	72
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	73
5.1.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.	73
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	74
5.2	Производственная безопасность	74

5.2.1	Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.....	75
5.2.2	Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	76
5.2.3	Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	77
5.2.4	Летучие испарения химических присадок, спиртов, легкие углеводороды.....	77
5.2.6	Повышенный уровень вибрации	78
5.2.7	Повышенный уровень шума.....	78
5.2.7	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	79
5.2.8	Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	80
5.3	Экологическая безопасность.....	81
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
	Вывод по разделу социальная ответственность.....	85
	Заключение	86
	Список использованной литературы.....	88
	Приложение А (Обязательное) Принципиальная схема подключения датчиков и исполнительных механизмов	90
	Приложение Б (Обязательное) Алгоритм стадии «Опрессовка» в CODESYS... ..	91
	Приложение В (Обязательное) Алгоритм стадии «Розжиг» в CODESYS	92

Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами;

ГГ – газовая горелка;

ДВ – дутьевой вентилятор;

ДС – дымосос;

ДУ – дистанционное управление,

ЗЗУ – запально-защитное устройство;

ЗРА – запорно-регулирующая арматура;

КАО – клапан автоматический отсечной;

КТС – комплекс технических средств;

КФУ – контроллеры функциональных узлов;

МСН – механизмы собственных нужд;

МЩУ – местный щит управления;

ОЩУ – объединенный щит управления;

ПЗК – предохранительно-запорный клапан;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ПТК – программно-технический комплекс;

РВП – регенеративный воздухоподогреватель;

РСУ – распределенная система управления;

РК – регулирующий клапан;

РТГ – регулятор подачи газа;

САРГ – система автоматического розжига горелок;

ТЭС – тепловая электростанция

ТЗ – технологическая защита;

УСО – устройство связи с объектом;

ЭМК – электромагнитный клапан.

Введение

В последние десять – пятнадцать лет наблюдается массовый перевод котельных установок с твердого и жидкого топлива (уголь и мазут) на газ, что обеспечивает значительное уменьшение себестоимости конечного продукта, сокращение вредных выбросов – продуктов сгорания в атмосферу, существенное повышение культуры производства и другие преимущества. Однако перевод на газ требует перестройки топливного тракта, способов подачи топлива в топку котла, способов розжига и способов обеспечения безопасности при использовании газа в качестве топлива.

В качестве элементов, через которые газ подаётся в топку котла, используются различные газовые горелки. Газовые горелки являются одним из важных элементов, требующие строгого соблюдения «Правил безопасности систем газораспределения и газопотребления» [1].

Внедрение системы автоматического розжига горелок, соответствующей этим правилам, позволит обеспечить оперативный персонал достоверной, своевременной и достаточной информацией о ходе технологического процесса, повысит надежность работы оборудования и исполнения команд управления, а также исключит возможные ошибочные действия персонала.

Целью настоящей работы является разработка системы управления розжигом парокотельной установки, включающей в себя разработку алгоритмов программно-логического управления розжигом горелки парокотельной установки, выбором технических и программных средств, разработку структурной и функциональной схем.

1 Анализ объекта автоматизации

1.1 Описание газового тракта котельной установки

В соответствии с соответствующими требованиям федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления» от 15 декабря 2020 года N 531 подача газообразного топлива в топку котла должна осуществляться как минимум через два отсечных устройства, что позволяет повысить надёжность отсечки газа в аварийных ситуациях.

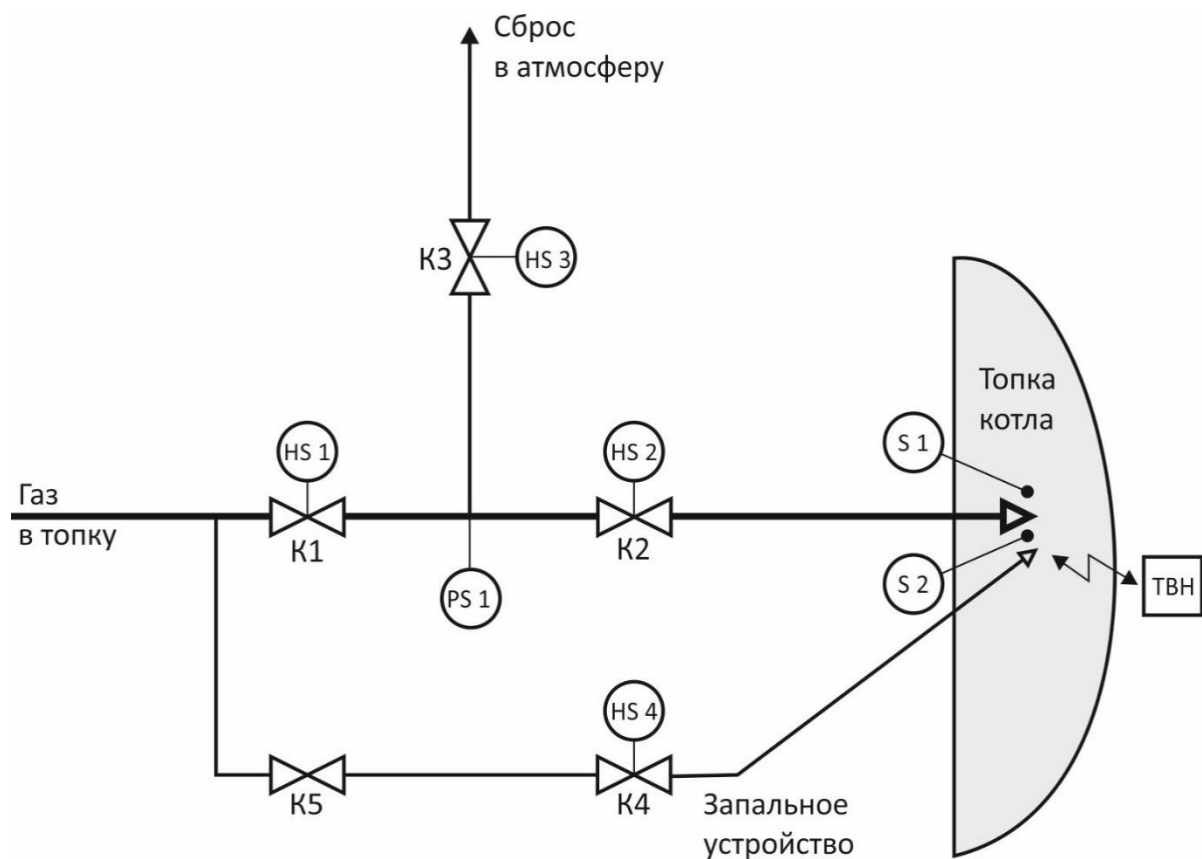
В зависимости от производительности, конструкции и других особенностей котельная установка может иметь от одной до шести и более горелок. Наличие большего, чем одна количество горелок, создаёт определённые особенности в управлении розжигом, например, очередность розжига горелок, временные интервалы между их розжигами, функции запальников второй и последующих горелок и т. д. Однако все эти особенности не являются значительными и достаточно просто решаются, при этом, в любом случае, алгоритм розжига остаётся неизменным.

Розжиг горелки выполняется по специальному программно-логическому алгоритму, в котором четко прослеживаются причинно-следственные связи.

Горелка розжигается специальным устройством, которое называется запальник. Запальник исполняет роль спички при разведении костра. Конструктивно запальник выполнен как горелка, но значительно меньших размеров. Как и основной газовый тракт, газовый тракт запальника имеет два отсечных устройства, но в отличие от основного газового тракта одно из отсечных устройств может быть с ручным приводом. Это связано с тем процесс розжига происходит под надзором оператора котельной установки, который в любой момент может вмешаться в процесс и остановить его, перекрыв подачу газа в запальник.

На рисунке 1 представлен газовый тракт котельной установки. Он представляет собой сложную систему отсечных электрифицированных отсечных клапанов, обеспечивающих подачу газообразного топлива в топку установки и

надёжную защиту в аварийных ситуациях.



K1, K2, K3, K4 – клапаны отсечные, запорные с электроприводом HS 1, HS 2, HS 3 и HS 4 соответственно; K5 – клапан (вентиль) запорный с ручным приводом; PS1 – электроконтактный манометр (ЭКМ); ТВН – трансформатор розжига; S1, S2 – датчики-реле контроля основного пламени и пламени запального устройства соответственно

Рисунок 1 – Газовый тракт котельной установки

В дальнейшем при исследовании системы будем использовать устоявшиеся общепринятые названия для отсечных клапанов с электроприводами, которые можно встретить в различных проектных документах, а именно:

- Клапан K1 – главный отсекатель газа (ГОГ);
- Клапан K2 – рабочий отсекатель газа (РОГ);
- Клапан K3 – клапан безопасности «Свеча»;
- Клапан K4 – клапан запальника.

1.2 Краткое описание стадий розжига

Процесс розжига горелки котельной установки предполагает выполнения ряда операций, таких как:

- продувка топки котла;
- опрессовка газового тракта котельной;
- розжиг;
- режим штатного горения;
- авария.

Продувка топки котла

Розжиг котельной установки начинается с продолжительного процесса продувки топки котла, в результате чего из топки котла происходит удаление остатков газовой смеси, которые в процессе розжига могут привести к неблагоприятным последствиям.

Опрессовка оборудования

Данная стадия предназначена для проверки газового тракта на герметичность и исправность.

Под исправностью в данном случае понимается работоспособность электроприводов и механических частей клапанов.

Под герметичностью понимается надёжность перекрытия трубопроводов под давлением, надёжность фланцевых и винтовых соединений.

Стадия опрессовки выполняется в два этапа:

- на первом этапе проверяется герметичность оборудования;
- на втором этапе проверяется работоспособность клапана безопасности «Свеча» путем сброса газа в атмосферу.

Розжиг

Розжиг, как и предыдущая стадия, делится на две стадии:

- розжиг запального устройства;
- розжиг основной горелки.

Розжиг запального устройства

Запальное устройство – устройство, предназначенное для розжига основной горелки и представляет собой вспомогательный газовый тракт, но со значительно меньшим расходом газа, чем в основном. Для розжига газа, подаваемого в топку через клапан запальник К4, используется трансформатор высокого напряжения (ТВН), генерирующую искру. После появления пламени, которое фиксируется датчиком S2, трансформатор розжига отключается.

Розжиг основной горелки

При наличии пламени запальника открываются основной и рабочий отсекатели (РОГ и ГОГ), и газ по основному тракту поступает в топку котельной установки и загорается от пламени запальника.

После появления сигнала S1 «основное пламя», клапан запальника К4 закрывается, пламя запальника S2 исчезает.

Режим штатного горения

Режим штатного горения представляет собой состояние системы, когда газ в топку подается по основному газовому тракту, клапаны К1 (ГОГ) и К2 (РОГ) в состоянии «Открыт», датчик S1 «Основное пламя» подтверждает горение, технологические параметры в норме.

Авария

Режим «Авария» работает параллельно остальным стадиям и может наступить в любой момент работы котельной установки.

Данный режим начинает свою работу в случае отклонения любого из показателей от нормы, а именно:

- не включился дутьевой вентилятор и дымосос;
- отклонился технологический параметр (давление газа перед РОГ) от нормы на стадии «Опрессовка»;

- не появилось пламя S2 во время розжига запального устройства;
- не появилось пламя S1 во время розжига основной горелки;
- исчезновение «основного пламени» в режиме штатного горения;
- падение давления газа ниже допустимого;

1.3 Разработка объема автоматизации

Объём автоматизации системы управления розжигом парокотельной установки был разработан и представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Объем разработки

№	Наименование технологических параметров	Обозначение
1	Управление электроприводом ГОГ и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель	PZ 1-1
2	Измерение датчиком значения давления для анализа алгоритма опрессовки	PE 2-1
3	Управление электроприводом «Свеча» и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель	PZ 3-1
4	Управление электроприводом РОГ и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель	PZ 4-1
5	Управление электроприводом запальника и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель	PZ 5-1
6	Измерение датчиком наличие основного пламени и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель	BE 6-1
7	Измерение датчиком наличие пламени запальника и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель	BE 7-1
8	Управление сигналом на ТВН для генерирования искры в ходе выполнения алгоритма «Розжиг котла»	BV 8-1

1.4 Функциональная схема автоматизации

На основе разработанного объема автоматизации системы управления розжигом, была разработана функциональная схема автоматизации.

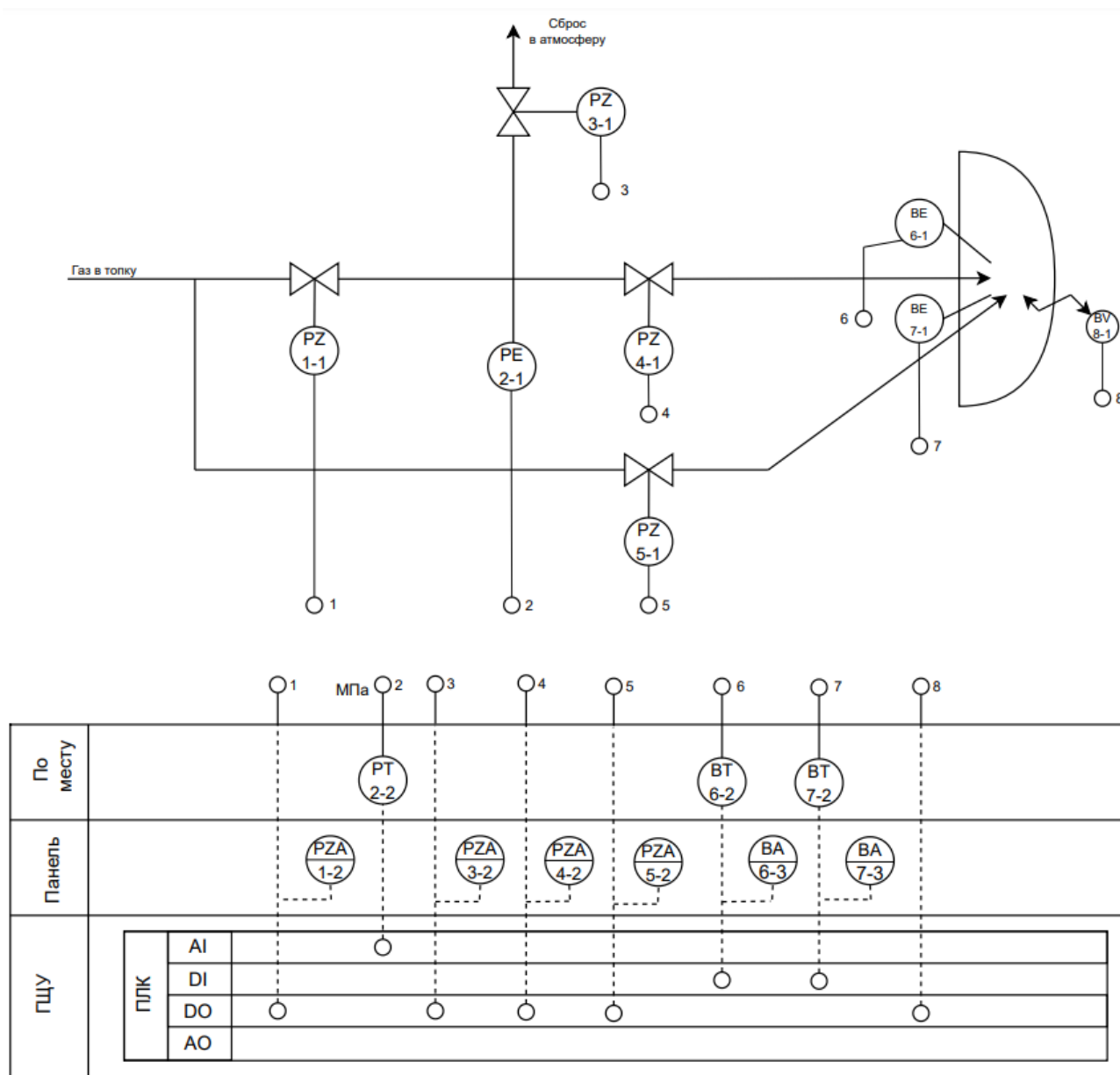


Рисунок 2 – Функциональная схема автоматизации

Было выделено и пронумеровано 8 каналов измерения и управления, в состав которых входит:

- 1 канал – управление электроприводом ГОГ (PZ 1-1) и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель;

- 2 канал – измерение датчиком значения давления для анализа алгоритма опрессовки;
- 3 канал – управление электроприводом «Свеча» (PZ 3-1) и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель;
- 4 канал – управление электроприводом РОГ (PZ 4-1) и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель;
- 5 канал – управление электроприводом запальника (PZ 5-1) и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель;
- 6 канал – измерение датчиком наличие основного пламени и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель;
- 7 канал – измерение датчиком наличие пламени запальника и вывод сигнализации о результате выполнения операции на панель;
- 8 канал – управление сигналом на ТВН (BV 8-1) для генерирования искры в ходе выполнения алгоритма «Розжиг котла».

2 Выбор программно-технических средств

Для решения поставленных в настоящей выпускной квалификационной работе задач предстоит выбрать программные и технические средства.

Задачей выбора программно-технических средств реализации проекта системы управления розжигом парокотельной установки является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости.

Программно-технические средства системы управления розжигом включают в себя измерительные и исполнительные устройства (датчик давления и датчики-реле контроля пламени, отсечные клапаны), контроллерное оборудование и программную среду.

Критерии выбора технических средств среднего следующие:

- полнота решения поставленных задач;
- надёжность технических средств, наличие центров по обслуживанию и ремонту;
- доступность;
- стоимость (соотношение цена/качество/надёжность).

2.1 Взрывозащита

Для обеспечения безопасной эксплуатации автоматизируемого объекта, в соответствии с требованиями документов [2, 3, 4] к средствам автоматизации предъявляется ряд требований, которые должны быть решены при выборе оборудования. Одно из основных требований – взрывозащита.

Для средств автоматизации используются следующие виды взрывозащиты:

- i - искробезопасная электрическая цепь;
- d - Взрывонепроницаемая оболочка.

Вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» используется при производстве различных датчиков давления, температуры и т.д. и исполнительных механизмов.

Датчики и исполнительные механизмы, устанавливаемые на технологическое оборудование, в соответствии с этим видом взрывозащиты имеют маркировку 0(1,2) ExiPT4 (5,6). Электропитание этих датчиков выполняется от группового источника питания, но через индивидуальные устройства - барьеры, обеспечивающие ограничение тока через датчики на уровне, исключающем образование искры и возгорания в результате нагрева.

Вид взрывозащиты «взрывонеприцаемая оболочка» так же используется при производстве различных датчиков и исполнительных механизмов.

Для взрывозащиты вида d характерен усиленный корпус, наличие прокладок, уплотнителей и т. д. Основное назначение такой конструкции - не допустить распространение пламени, возникшего внутри оболочки, наружу, где возможно наличие взрывоопасной смеси.

Отсутствие барьеров во втором варианте делает систему немного дешевле, но этот выигрыш компенсируется стоимостью датчика, который в исполнении «взрывонеприцаемая оболочка» дороже датчика в исполнении «искробезопасная электрическая цепь».

2.2 Выбор датчиков

2.2.1 Выбор датчика давления

В ходе работы системы управления розжигом парокотельной установки один из основных параметров, который необходимо контролировать – это давление в системе. Существует огромное разнообразие датчиков, отличающихся по типу замера давления, стоимости, приспособлению к определенным условиям и т.д. Среди этого большого множества выделим три наиболее интересных в данных условиях: Метран-150, Rosemount 3051 и Yokogawa EJX510A. Данные датчики приведены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Датчики давления

На рисунке 3 представлены датчики давления, которые были выбраны для сравнительного анализа (слева направо): Метран-150, Rosemount 3051 и Yokogawa EJX510A.

Ниже приведем сравнительную таблицу выбранных датчиков.

Таблица 2 – Сравнение характеристик датчиков давления

	Метран – 150-TG	Yokogawa EJX510A	Rosemount 3051
Измеряемые величины	Избыточное давление, абсолютное давление, разность давлений	Избыточное давление, абсолютное давление	Избыточное давление, абсолютное давление, разность давление
Основная приведенная погрешность, %	До $\pm 0,075$	От $\pm 0,025$ до $\pm 0,6$	$\pm 0,065$
Давление рабочей среды, МПА	От 0 до 60	От 1 до 50	От 0 до 68
Выходной сигнал	+	+	+
Диапазон рабочих температур, °С	От минус 5 до 80	От минус 40 до 120	От минус 50 до 80
Время наработки на отказ, ч	150 000	90 000	150 000
Цена, руб.	От 25 000	От 69 800	От 42 000

Датчик давления Метран 150 имеет низкую цену среди конкурентов, при этом он достаточно надежен. Так же он полностью удовлетворяет требованиям системы по точности и диапазону температур.

В свою очередь, датчик Yokogawa EJX510A значительно уступает в надежности, при этом имеет самую высокую цену. К тому же, датчик фирмы Yokogawa имеет большой разброс по погрешности среди конкурентов, было

принято решение отказаться от данного варианта в пользу датчика давления фирмы Метран.

Датчик давления Rosemount 3051 в чем-то уступает, в чем-то незначительно превосходит, но в основном имеет схожие характеристики с аналогичным датчиком Метран, но при этом его стоимость выше, что так же сподвигло предпочесть датчик давления Метран.

Датчики давления Метран-150-TG предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин – давления избыточного, абсолютного, разности давлений, гидростатического давления нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал дистанционной передачи и цифровой сигнал на базе HART-протокола [5].

Датчик Метран-150-TG состоит из преобразователя давления и электронного преобразователя. Конструкция датчика представлена на рисунке 4.

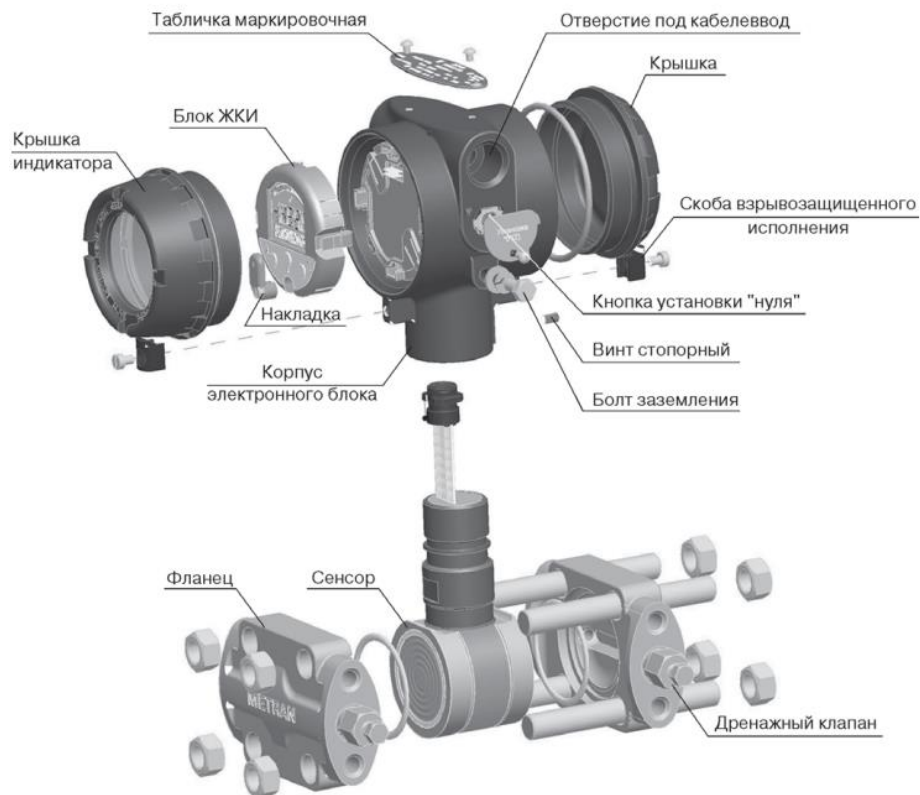


Рисунок 4 – Конструкция датчика Метран-150

2.2.2 Выбор датчиков-реле контроля пламени

В установках для сжигания топливного газа одним из основных параметров, обеспечивающих безопасную работу всей установки, является контролирование наличия и погасания пламени. От выбора устройств контроля пламени (типа датчика пламени в зависимости от вида топлива и излучаемого его факелом спектра, места установки и направленности на объект горения, типа, количества и расположения горелок, совершенства вторичных сигнализирующих приборов) решающим образом зависит надежность работы системы защиты котельной установки в целом.

Для сравнительного анализа выберем три датчика-реле контроля пламени: ДМС-100М/24, СЛ-90-1/24, Парус-002УФ-1/24. Внешний вид датчиков приведен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Датчики-реле контроля пламени

На рисунке 5 представлены датчики-реле контроля пламени, которые были выбраны для сравнительного анализа (слева направо): ДМС-100М, СЛ-90-1 и Парус-002УФ-1/24.

Ниже приведем сравнительную таблицу выбранных датчиков.

Таблица 3 – Сравнительный анализ датчиков-реле контроля пламени

	ДМС-100М	СЛ-90-1	Парус-002УФ-1
Вид датчика	Оптический-фотодатчик	Оптический-фотодатчик	Оптический-фотодатчик
Напряжение питания	=24В	=24В	=24В
Потребляемая мощность	Не более 7,0 Вт	Не более 2,5 Вт	Не более 5,0 Вт
Выходной сигнал	Переключающиеся контакты реле / от 4 до 20 мА	Две группы контактов реле	Группа контактов реле

Продолжение таблицы 3

	ДМС-100М	СЛ-90-1	Парус-002УФ-1
Время срабатывания	Не более 2 с	Не более 2 с	Не более 2 с
Исполнение по ГОСТ 14254	IP40	IP54	IP65
Температура окружающей среды	от минус 40°С до плюс 50°С	от минус 40°С до плюс 80°С	от минус 40°С до плюс 60°С
Цена, руб.	27 600	13 950	22 600

По приведенной выше сравнительной таблице, можно сделать вывод, что рассмотренные датчики имеют схожие характеристики.

Датчик-реле контроля пламени СЛ-90-1 имеет более низкую цену среди конкурентов, при этом он достаточно надежен. Так же он полностью удовлетворяет требованиям системы.

Основой работы датчика СЛ-90-1 является регистрация частоты и амплитуды пульсаций пламени с фиксированной полосой пропускания и регулируемым порогом срабатывания (чувствительности). Выходные сигналы СЛ-90-1 – светодиодная индикация и «сухие» контакты реле (коммутируемая мощность до 100 Вт) позволяют применять датчик практически с любой системой управления. Непрерывный контроль технологического процесса производства и испытания каждого прибора на стенде с реальным факелом гарантируют длительную безаварийную работу датчика при условии соблюдения правил обслуживания и эксплуатации прибора [6].

2.3 Выбор исполнительных устройств

2.3.1 Электромагнитные клапаны

Для решения поставленных в настоящей работе задач для дистанционного/автоматического управления подачей рабочей среды было принято решение использовать двухпозиционные клапаны для газовых сред АМАКС-КЭ.М от компании ООО ИК «АМАКС» (рисунок 6) [7].



Рисунок 6 – Электромагнитный клапан АМАКС-КЭ.М НЗ-Д

Принцип работы данного исполнительного устройства следующий: при подаче напряжения на катушку электромагнита происходит перемещения якоря и затворной группы, при этом клапан открывается. Через 1-2 сек. катушка электромагнита переключается в режим энергосбережения (потребляемая мощность снижается). После снятия напряжения с катушки якорь и затворная группа под действием пружины перемещаются в исходное положение, закрывая клапан.

Характеристики клапана приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики АМАКС-КЭ.М

АМАКС-КЭ.М-15-0,02-НЗ-Д	
Номинальное (условное) давление	1,6 МПа
Время закрытия	Не более 1 сек.
Напряжение питания	220 В
Потребляемая мощность при включении	От 6 до 62 Вт
Температура рабочей среды	от минус 30°С до плюс 80°С
Материал корпуса	сталь
Срок службы	12 лет
Цена, руб.	13 260

2.3.2 Источник высокого напряжения

Источники высокого напряжения (трансформаторы розжига/поджига) предназначены для создания высоковольтных искровых разрядов при поджиге горючей смеси в газовых горелках.

Источники высокого напряжения используются для поджига топлива в газовых горелках промышленных агрегатов, в энергетической и нефтеперерабатывающей отраслях промышленности. Высоковольтные трансформаторы розжига встраиваются в систему автоматики управления котлами и поджигают топливо, по сигналу создавая высоковольтные искровые разряды.

Для выбора наиболее оптимального решения, произведем сравнительный анализ трех источников высокого напряжения: ИВН-01Е, ИВН-ТР-2К, ОС33-730 (рисунок 7).



Рисунок 7 – Трансформаторы высокого напряжения

На рисунке 7 представлены источники высокого напряжения, которые были выбраны для сравнительного анализа (слева направо): ИВН-01Е, ИВН-ТР-2К, ОС33-730.

Ниже приведем сравнительную таблицу выбранных устройств.

Таблица 5 – Сравнительный анализ ТВН

	ИВН-01Е	ИВН-ТР-2К	ОС33-730
Первичное напряжение	220 В	220 В	220 В
Выходное напряжение	до 15 кВ	8-12 кВ	7,5 кВ
Продолжительность работы в режиме непрерывного горения дуги	Не более 7 мин	Не более 6 мин	Не более 7 мин
Исполнение по ГОСТ 14254	IP65	IP54	IP54
Температура окружающей среды	от минус 40°С до плюс 60°С	от минус 60°С до плюс 60°С	от минус 40°С до плюс 60°С
Цена, руб.	7 400	3 310	2 420

В результате анализа было принято решение использовать трансформатор розжига ОС33-730, так как он полностью соответствует требованиям нашей системы и имеет более низкую стоимость по сравнению с конкурентами.

Основным элементом данного устройства является трансформаторная система, задачей которой является генерирование высоковольтного напряжения, которое будет способствовать появлению дугового разряда. Именно он и играет роль поджигателя топливной смеси [8].

Обмотка трансформатора подобрана таким образом, чтобы преобразовывать напряжение сети 220 В в высоковольтный ток с величиной напряжения от 7.5 до 8.5 кВ. Этого напряжения вполне достаточно, чтобы воспламенить топливо.

2.4 Выбор ПЛК

Анализ алгоритмов решения поставленных задачи позволяет сделать вывод о том, что все решаемые задачи относятся к классу логических задач. Для системы управления розжигом это означает, что все входные информационные сигналы – дискретные сигналы положения (открыт/закрыт) или состояния (включен/отключен), а выходные сигналы – сигналы управления типа открыть/закрыть или включить/отключить.

2.4.1 Выбор программно-технического комплекса

Выбор программно-технического комплекса (ПТК) определяет всю структуру системы автоматизации и является самой важной её частью.

В связи со сложившейся на рынке продаж электронной техники и компонентов автоматизированных систем в выпускной работе рассмотрены только ПТК, выпускаемые в России.

Анализ спектра технических средств, представленных на рынке автоматизации России, показывает, что одной из наиболее динамичных компаний в области автоматизации является компания ОВЕН. Среди технических средств, выпускаемых этой компанией, особое место для решения подобных задач занимают ПЛК. Рассмотрим возможность применения этих устройств для решения поставленной задачи.

В качестве таких ПТК рассмотрим следующие продукты компании ОВЕН:

- ПЛК100/150/154;
- ПЛК 200.

Серия моноблочных контроллеров ПЛК100/150/154 рассчитана на построение малых и средних систем автоматизации. Непосредственно в процессорный модуль интегрированы аналоговые и дискретные, входные и выходные сигналы. В таблице 6 приведем характеристики моделей контроллеров ПЛК100, ПЛК150 и ПЛК154. Для увеличения информационной мощности используются модули расширения, подключаемые к процессорному модулю по интерфейсу RS485. Программирование выполняется в среде CoDeSys V2.3 [9].

Таблица 6 – Характеристики моделей ПЛК100, ПЛК150 и ПЛК154

Параметр	ПЛК100	ПЛК150	ПЛК154
Дискретные входы	8	6	4
Дискретные выходы	6 э/м реле	4 э/м реле	4 э/м реле
Аналоговые входы	-	4	4
Аналоговые выходы	-	2	4
Интерфейсы	Ethernet 100 Base-T RS-232 Debug RS-485 USB 2.0-Device	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485	Ethernet 100 Base-T RS-232 Debug RS-485
Напряжение питания	ПЛК100-24: от 18 до 29 В ПЛК100-200: ~ от 90 до 264 В, от 47 до 63 Гц	~ от 90 до 264 В, от 47 до 63 Гц	~ от 90 до 264В, от 47 до 63 Гц

Достоинствами ПТК на базе ПЛК100/150/154 являются низкая стоимость, использование универсальной и широко распространённой среды программирования CODESYS V2.3, малые сроки поставки, развитая сеть технических центров обслуживания и дилерских центров.

Недостатками ПТК на базе ПЛК100/150/154 можно отметить низкую надёжность ПТК, в том числе из-за использования интерфейса RS-485 для связи с модулями ввода/вывода, низкую степень интеграции модулей ввода/вывода и небольшой объём памяти программ.

ПЛК 200/210 компании ОВЕН (Россия)

Программируемый логический контроллер ПЛК200 – новое решение в линейке моноблочных контроллеров для малых и средних систем автоматизации. Как и в предыдущем случае, в ПЛК встроены дискретные и аналоговые входы/выходы (DI/DO/AI/AO).

В отличие от предыдущей серии контроллеров, в ПЛК200 представлен широкий спектр коммуникационных протоколов.

Контроллер программируется в среде CODESYS V3.5. Для увеличения информационной мощности контроллера используются модули ввода/вывода Mx210 с интерфейсом Ethernet компании ОВЕН.

В таблице 7 приведем сравнительные характеристики контроллеров ПЛК200 и ПЛК100/150/154.

Таблица 7 – Сравнительная характеристики ПЛК200 и ПЛК100/150/154

Параметр	ПЛК200	ПЛК100/150/154
Ресурсы		
Процессор	RISC-процессор ARM Cortex-A8, 800МГц	RISC-процессор ARM920T, 200 МГц
Объем оперативной памяти	256 Мбайт	8Мб
Объем флеш-памяти	512 Мбайт	4 Мб
Интерфейсы		
Интерфейсы связи	2×Ethernet, 1×RS-485, USB Device	1×Ethernet, 1×RS-485, 1×RS-232 Debug, 1×RS232, USB Device
Коммуникационные протоколы	Modbus TCP/RTU/ASCII, OPC UA (Server), MQTT (Client), SNMP,ОВЕН	Modbus TCP/RTU, ОВЕН
Прикладные протоколы	NTP, FTP, SSH, HTTP/HTTPS, SMTP/IMAP, WireGuard	-
Общие сведения		
Среда программирования	CoDeSys V3.5	CoDeSys V2.3
Поддержка Web-визуализации	+	-
Напряжение питания	24 В	24 В/220 В
Количество входов/выходов	До 28 шт.	До 20 шт.
Габаритные размеры (Ш×В×Г)	82×124×83 мм	105×90×65

Сравнительный анализ показывает неоспоримое превосходство 200-й серии, поэтому в результате анализа принято решение об использовании ПТК на базе ПЛК200 для системы управления розжигом парокотельной установки.

2.4.2 Процессорный модуль

Программно-технический комплекс на базе ПЛК200 компании ОВЕН предназначен для небольших систем автоматизации. Процессорный модуль имеет встроенные каналы ввода/вывода и различные коммуникационные протоколы.

Внешний вид процессорного модуля ПЛК200 представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Внешний вид процессорного модуля ПЛК200

В зависимости от модификации, ПЛК200 имеет различное количество каналов ввода/вывода, интегрированных непосредственно в процессорный модуль. В таблице 8 приведен перечень таких сигналов для различных модификаций ПЛК.

Таблица 8 – Перечень каналов ввода/вывода, интегрированных в процессорный модуль

Модификация ПЛК	AI	DI (FDI)	AO	DO (FDO)
ПЛК200-01-CS	-	8	-	14
ПЛК200-02-CS	-	16	-	8
ПЛК200-03-CS	-	20	-	8
ПЛК200-04-CS	4	8	-	8

Как уже рассматривалось ранее в объеме автоматизации, разрабатываемая система имеет 1 аналоговый вход, 2 дискретных входа и 5 дискретных выходов. Таким образом принято решение использовать процессорный модуль ПЛК200-04-CS [10].

В таблице 9 приведены краткие технические характеристики ПЛК200-04-CS компании ОВЕН.

Таблица 9 – Краткие технические характеристики ПЛК200-04-CS

Параметр	Значение (свойства)
Питание	
Напряжение питания	от 10 до 48 В (номинальное 24 В)
Потребляемая мощность, не более	10 Вт
Защита от переплюсовки	Есть
Вычислительные ресурсы	
Центральный процессор	RISC-процессор Texas Instruments Sitara AM3358, 800 МГц
Объем флеш-памяти (тип памяти)	512 Мбайт (NAND) доступно для хранения файлов и архивов
Объем оперативной памяти (тип памяти)	256 Мбайт (DDR3)
Объем Retain-памяти (тип памяти)	64 Кбайт (MRAM)
Время выполнения пустого цикла (стабилизированное)	3 мс
Интерфейсы связи	
Ethernet 100 Base-T	
Количество портов	2 × Ethernet 10/100 Мбит/с (RJ45)
Поддерживаемые промышленные протоколы*	<ul style="list-style-type: none"> • Modbus TCP (Master / Slave) • OPC UA (Server) <ul style="list-style-type: none"> • MQTT
Поддерживаемые прикладные протоколы*	<ul style="list-style-type: none"> • NTP • FTP • SSH • HTTP • HTTPS
RS-485	
Количество портов	1
Поддерживаемые протоколы*	Modbus RTU (Master / Slave); Modbus ASCII (Master / Slave); ОВЕН (Master)
Скорость передачи	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с
Подтягивающие резисторы	Есть
USB Device	
Количество портов	1 × micro USB (RNDIS)
Поддерживаемые протоколы	CODESYS Gateway FTP SSH HTTP/ HTTPS

Продолжение таблицы 9

Параметр	Значение (свойства)
Подключаемые накопители	
SD	
Количество разъёмов	1
Поддерживаемые устройства	microSD
Максимальная ёмкость	4 ГБ (microSD) 32 ГБ (microSDHC) 512 ГБ (microSDXC)
Поддерживаемые файловые системы	FAT16, FAT32, ext4, NTFS (read only)
Общие сведения	
Габаритные размеры	(82 × 124 × 83) ±1 мм
Масса, не более	0,6 кг
Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254–96	IP20
Индикация на передней панели	Светодиодная
Встроенное оборудование	<ul style="list-style-type: none"> • Источник звукового сигнала • Двухпозиционный тумблер СТАРТ / СТОП • Сервисная кнопка
Средняя наработка на отказ**	60 000 ч
Средний срок службы	8 лет

2.5 Блок питания

Для электроснабжения потребителей системы автоматизации напряжением 24 В постоянного тока используется блок питания БП60К компании ОВЕН. Блок питания используется для различных ответственных потребителей, в том числе контроллеров. Краткие характеристики БП60К представлены в таблице 10 [11].

Для того, чтобы исключить влияние помех, возникающих при питании полевых датчиков, принято решение разделить источники питания для системного и полевого оборудования.

Благодаря тому, что есть возможность параллельного соединения источников питания, используем схему резервирования, позволяющую существенно повысить надёжность электроснабжения.

Таблица 10 – Краткие технические характеристики БП60К

	Параметр	Значение
Выходные параметры	Номинальное напряжение, В	24
	Номинальный ток, А	2,5
	Номинальная мощность, Вт	60
Входные параметры	Напряжение питания переменного тока, В	От 85 до 264
	Частота переменного тока, Гц	От 45 до 65
	Напряжение питания постоянного тока, В	От 110 до 370
	Номинальный ток потребления, не более, А	1,25
	Пусковой ток, не более, А	36
Окружающая среда	Рабочий диапазон температур окружающей среды, °С	От 40 до плюс 70
Прочее	Срок эксплуатации, лет	10
	Срок гарантийного обслуживания, годы	2
	Средняя наработка на отказ, ч	50000
	Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP20

2.6 Программная среда

Разработка программных алгоритмов розжига, который включает в себя опрессовку, розжиг и аварию для выбранного контроллера программируется в среде CODESYS V3.5 SP14 Patch 3.

3 Разработка

3.1 Разработка структурной схемы

Под структурной схемой в системах автоматизации понимают совокупность технических средств системы управления и связей между ними. Уровень детализации технических средств и связей может быть различным и определяется на этапе разработки проектной документации. В настоящей работе уровень детализации ограничен отдельными изделиями (см. рисунок 9): процессорным модулем, источниками электропитания, датчиком и исполнительными устройствами.

На рисунке 9 приняты следующие обозначения:

- 24 В Системное питание – источники питания постоянного тока (БП60К);
- 24 В Полевое питание – источники питания постоянного тока (БП60К);
- РС – процессорный модуль ПЛК200-04-CS;
- Метран-150-TG – датчик давления;
- СЛ-90-1 – датчики-реле контроля пламени (2 шт.);
- АМАКС-КЭ.М – двухпозиционные электромагнитные клапаны (4 шт.);
- ОС33-730 – трансформатор высокого напряжения.

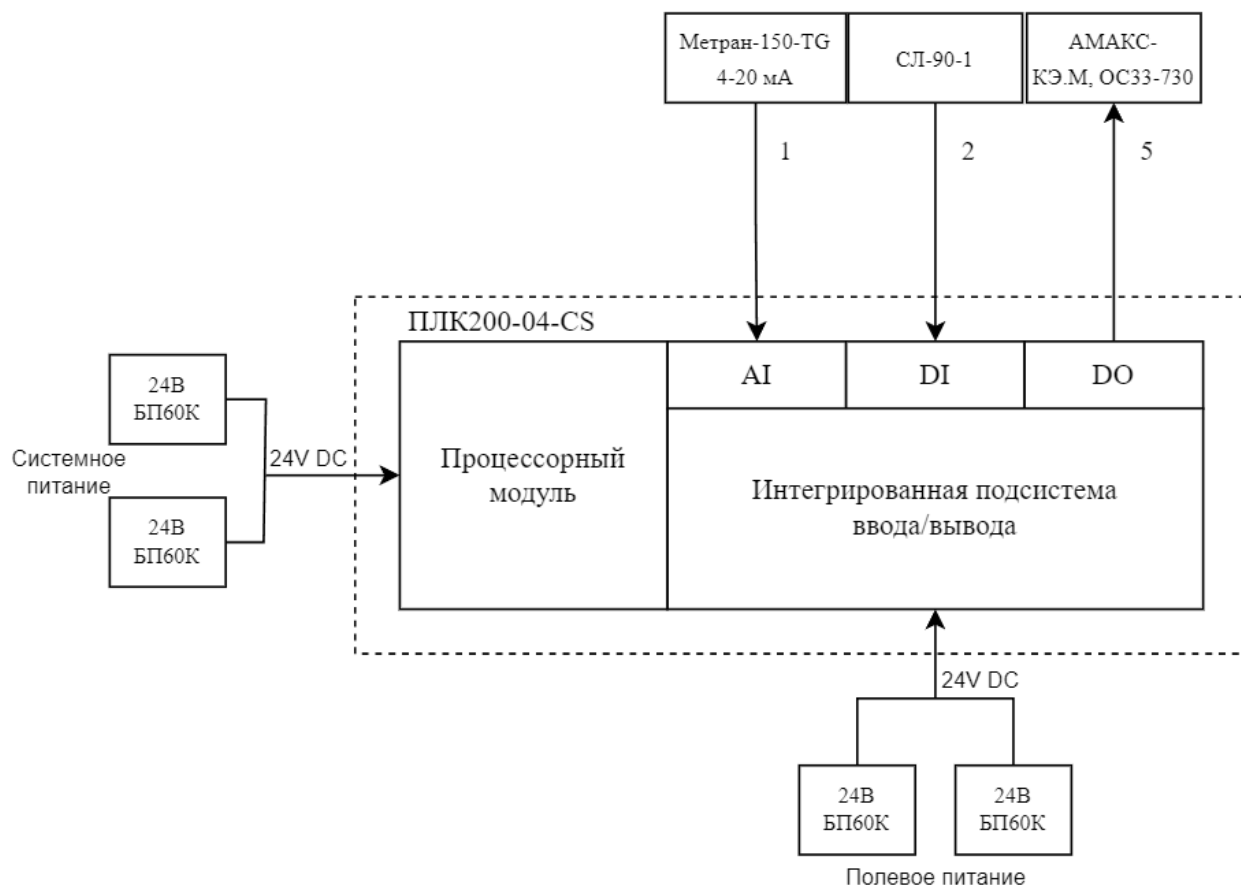


Рисунок 9 – Структурная схема системы управления розжигом ПКУ

3.2 Разработка принципиальной схемы подключения датчиков и исполнительных механизмов

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана принципиальная схема подключения датчиков и исполнительных механизмов и приведена в приложении А.

3.3 Разработка алгоритмов управления

Алгоритм управления розжигом парокотельной установки состоит из нескольких относительно независимых во времени, но жестко связанных во времени стадий, или по-другому – режимов. Каждый из них начинается после окончания предыдущего и его окончание является условием начала следующего.

Алгоритм розжига ПКУ приведен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Алгоритм работы системы управления розжигом ПКУ

3.3.1 Продувка топки котла

Розжиг котла начинается с продувки и предназначена для удаления остатков газа из топки котла. Для этого включают дымосос и дутьевой вентилятор, что обеспечивает вентиляцию топки котла. Длительность этой стадии выбирается из специфики установки (мощность, вид топлива и др.) и не должна быть меньше 10 минут. На многих установках этот режим является более длительным, что гарантирует безопасность розжига.

3.3.2 Опрессовка

После завершения стадии продувки начинается стадия опрессовки. Обычно начало стадии инициируется оператором котельной установки.

Алгоритм работы режима «Опрессовка» следующий:

- По сигналу от кнопки «Пуск» открывается клапан К1 (ГОГ). Происходит набор газа в межклапанное пространство. Давление газа должно достигнуть значения $PS1 > P_n$, где P_n – нижняя, заранее установленная граница давления газа;

- Через 10 секунд клапан К1 закрывается;

- В течение 30 секунд идёт анализ изменения давления газа;

- Если в конце интервала давление газа $PS1 > P_n$, то опрессовка прошла успешно;

- Открывается клапан безопасности «свеча». Давления газа падает.

- Если через 30 секунд давление газа $PS1 < P_n$, то клапан безопасности исправен;

- Клапан безопасности закрывается;

- Конец алгоритма стадии «Опрессовка».

Алгоритм стадии «Опрессовка» приведен на рисунке 11.

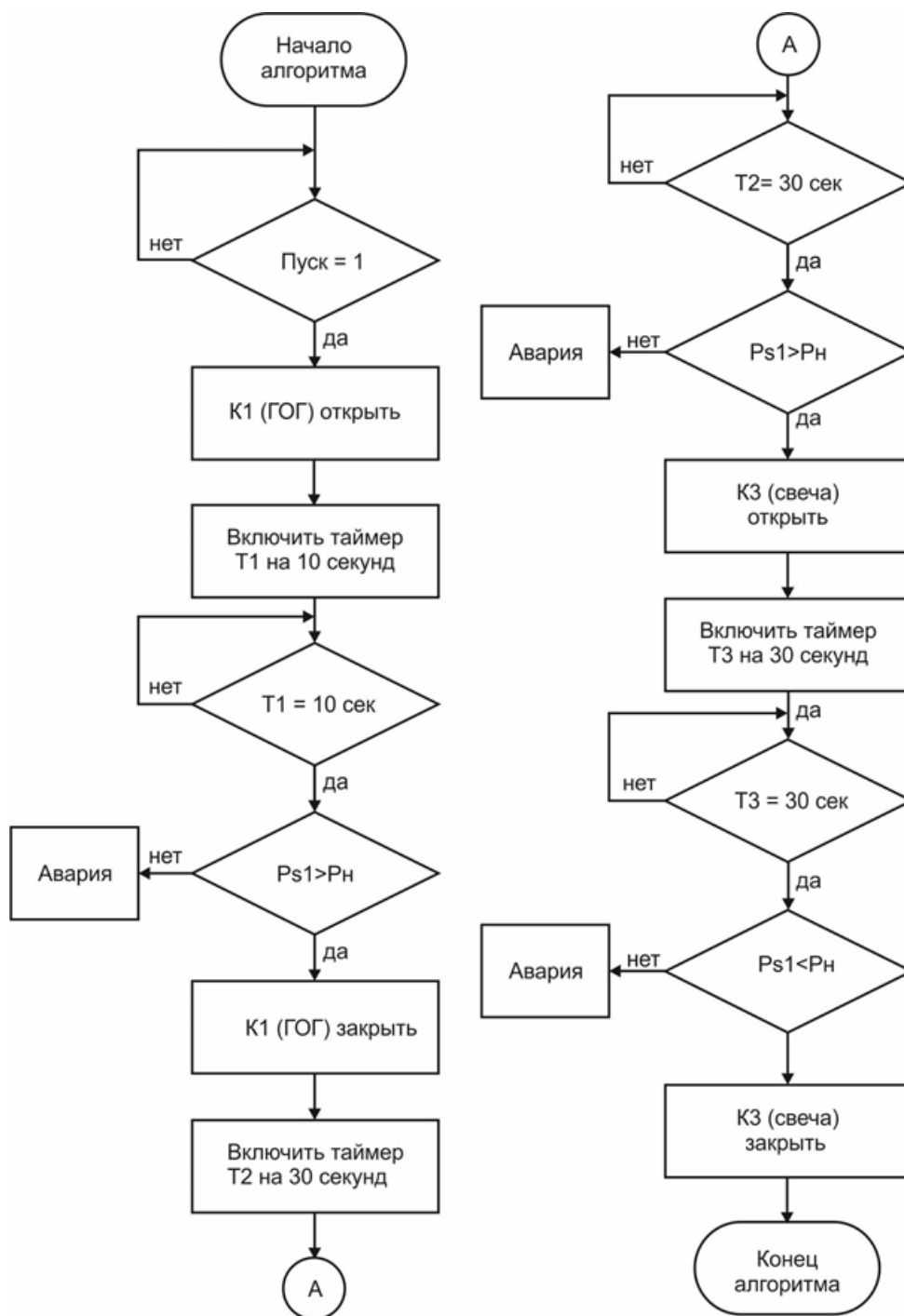


Рисунок 11 – Алгоритм стадии «Опрессовка»

3.3.3 Стадия «Розжиг котла»

На данном этапе производится розжиг котла с помощью запального устройства, состоящего из клапана К4 с электрическим приводом, трансформатора высокого напряжения ТВН и датчика пламени запальника S2. (вентиль с ручным приводом К5 на этапе розжига открыт).

Состояние клапанов основного газового тракта: К1, К2 –закрыты, К3 - открыт.

Алгоритм работы оборудования в режиме «Розжиг котла» следующий:

1. По сигналу «конец опрессовки» и проверки начальных условий для разрешения начала стадии, а именно клапаны РОГ и ГОГ – в состоянии закрыты, клапан безопасности «Свеча» – открыт, дутьевой вентилятор и дымосос – в состоянии «включены», открывается клапан запальника К4 на 30 секунд, одновременно включается ТВН;

2. С появлением сигнала «Пламя запальника» (S2) ТВН отключается;

3. Если в течение 30 секунд пламя не появилось – авария;

4. Открываются клапаны К1 и К2 на основном газовом тракте. Закрывается клапан К3 (свеча). В течение 40 секунд проверяется появление основного пламени S1;

5. Через 10 секунд после появления сигнала «Основное пламя» (S1) клапан запальника К4 закрывается;

6. Конец стадии «Розжиг».

После завершения стадии «розжиг» и отсутствии аварийных сигналов наступает режим штатной работы котельной установки.

Алгоритм «Розжиг» приведён на рисунке 12.

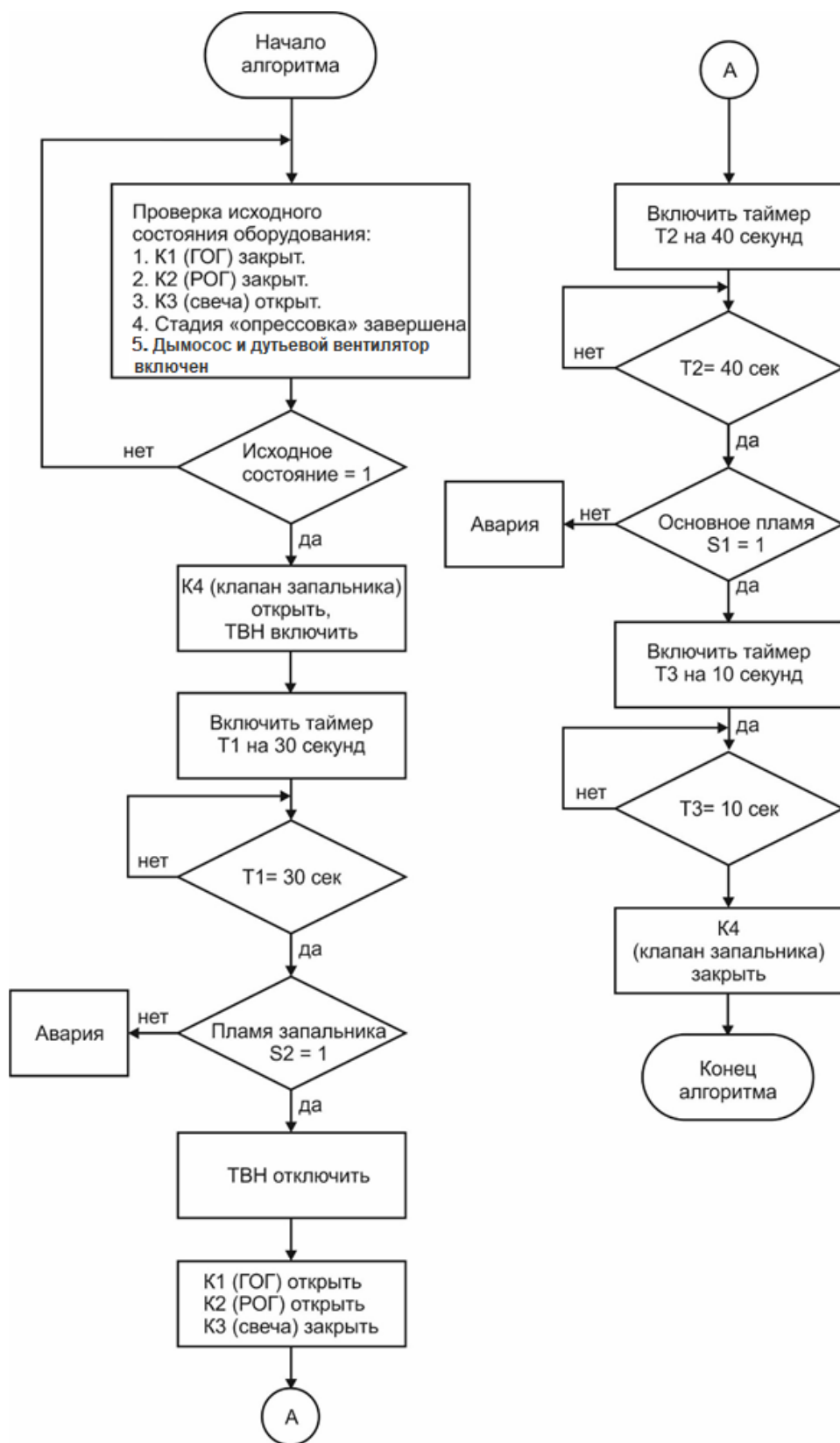


Рисунок 12 – Алгоритм стадии «Розжиг котла»

3.3.4 Режим «Авария»

Алгоритм «Авария», в отличие от других алгоритмов, которые работают только в определённой части общего алгоритма, активен всегда, на любой стадии.

Аварийная остановка котельной установки, возникающая на любой стадии работы, практически всегда связана с отсечкой подачи газа в топку котла (закрытие клапанов ГОГ и РОГ) и открытием клапана безопасности «свеча». Если авария произошла на стадии розжига запальника, то дополнительно закрывается клапан запальника и отключается ТВН. Все эти операции выполняются одновременно, даже если какой-то из клапанов был закрыт, команда всё равно дублируется, и сопровождаются включением звукового и светового сигналов. При этом дымосос и вентилятор продолжают работать, удаляя возможные остатки газа из топки котла.

Перечень причин аварийной остановки котла хорошо формализован на всех стадиях.

Стадия «продувка топки котла»

- дымосос в состоянии «выключен»;
- дутьевой вентилятор в состоянии «выключен»;

Стадия «опрессовка»:

- давление газа за установленный промежуток времени не набралось выше положенной величины;
- давление за установленный промежуток времени не опустилось ниже положенной величины;

Стадия «розжиг»:

- в течение установленного промежутка времени не появилось пламя запальника;
- в течение установленного промежутка времени не появилось основное пламя;

Стадия «штатное горение»:

- исчезло пламя в топке котла;
- аварийно отклонился технологический параметр, влияющий на безопасность работы установки (давление газа перед горелкой).

Алгоритм стадии «Авария» приведен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Режим «Авария»

3.4 Разработка в среде CODESYS

Разработка алгоритмов для системы управления розжигом парокотельной установки в программной среде CODESYS осуществлялась на языке LD.

LD (Ladder Diagram) – графический язык, основанный на принципах релейно-контактных схем (элементами релейно-контактной логики являются контакты, обмотки реле, вертикальные и горизонтальные перемычки и др.) с возможностью использования большого количества различных функциональных блоков.

Достоинствами языка LD являются: представление программы в виде электрического потока (близко специалистам по электротехнике), наличие простых правил, использование только булевых выражений.

Схемы, реализованные на данном языке, называются многоступенчатыми. Они представляют собой набор горизонтальных цепей, напоминающих ступеньки лестницы, соединяющих вертикальные шины питания.

Перед разработкой непосредственно алгоритмов управления, необходимо определить переменные. Переменные принято разделять на глобальные и локальные по области видимости. Глобальные переменные определяются на уровне ресурсов проекта (VAR_GLOBAL) и доступны для всех программных компонентов проекта. Локальные переменные описываются при объявлении компонента и доступны только внутри него.

Определим глобальные переменные, в состав которых должны входить элементы, на которые в дальнейшем будут передаваться сигналы управления. Листинг определенных глобальных переменных приведен в листинге 1.

Листинг 1 – Глобальные переменные

```
1 VAR_GLOBAL
2 Ps:REAL; //Значение с манометра
3 Pn:REAL; //Уставка
4 Accident:BOOL; //Авария
5 K1_GOG:BOOL; //Главный отсекаТЕЛЬ газа
6 K2_ROG:BOOL; //Рабочий отсекаТЕЛЬ газа
7 K3_Igniter:BOOL; //Клапан запальника
8 K4_Flare:BOOL; //Клапан безопасности "Свеча"
9 Start:BOOL; //Кнопка "Старт"
10 HVT:BOOL; //Трансформатор высокого напряжения
11 flame_igniter:BOOL; //Пламя запальника
12 flame_main:BOOL; //Основное пламя
13 CheckBack:BOOL; //Кнопка "Квитирование"
14 Sound_Alarm: BOOL; //Звуковой сигнал при аварии
15 Finish_Prestest:BOOL; //Сигнал об окончании стадии "Опрессовка"
16 Ventilator:BOOL; //Дутьевой вентилятор
17 Smoke_extractor:BOOL; //Дымосос
18 END_VAR
```


3.4.1 Опрессовка

Определим локальные переменные для алгоритма «Опрессовка» и приведем их в листинге 2.

Листинг 2 – Переменные для стадии «Опрессовка»

```
1 PROGRAM Pressure_test
2 VAR
3 flg_start: BOOL;
4 TON_0: TON;
5 TON_1: TON;
6 TON_2: TON;
7 flg_ton0: BOOL;
8 flg_ton1: BOOL;
9 flg_ton2: BOOL;
10 flg_GT1: BOOL;
11 flg_GT2: BOOL;
12 flg_LT0: BOOL;
13 END_VAR
```

Программа стадии «Опрессовка» на языке LD приведена в приложении Б.

3.4.2 Стадия «Розжиг котла»

Локальные переменные для стадии «Розжиг котла» приведены в листинге 3.

Листинг 3 – Переменные для стадии «Розжиг котла»

```
1 PROGRAM Ignition
2 VAR
3 flg_start_ignition: BOOL;
4 TON_4: TON;
5 TON_5: TON;
6 TON_6: TON;
7 flg_Ton4: BOOL;
8 flg_Ton5: BOOL;
9 flg_flameignit: BOOL;
10 flg_ignit: BOOL;
11 flg_flamemain: BOOL;
12 END_VAR
```

Программа стадии «Розжиг котла» на языке LD приведена в приложении В.

3.4.3 Стадия «Авария»

Авария, как уже отмечалось ранее, в отличие от других стадий, активен всегда. Для реализации стадии «Авария» введем единственную логическую переменную `flg_CheckBack`. Алгоритм стадии «Авария» на языке LD в среде CoDeSys приведен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Стадия «Авария» в CODESYS

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;

- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом является разработка алгоритмов программно-логического управление розжигом парокотельной установки. Потенциальными потребителями системы управления розжигом могут выступать предприятия, использующие парокотельные установки на газу, такие как промышленные предприятия (производство продуктов питания, химических веществ), объекты жилищно-коммунальной сферы (котельные), лаборатории. Сегментирование рынка проводится по сфере использования и по размеру компании-заказчика. Карта сегментирования приведена в таблице 11.

Таблица 11 – Карта сегментирования рынка

		Сфера использования		
		Промышленные предприятия	Объекты ЖКХ	Лаборатории
Размер компании	Мелкая	+	+	+
	Средняя	+	+	
	Крупная	+	+	

В приведённой карте сегментирования показано, что для реализации разработки подходят средние и малые промышленные предприятия, объекты ЖКХ. Для использования в более крупных организациях требуется внедрить в систему поддержку промышленных сетей и настроить взаимодействие со SCADA-системами.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в

постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В настоящий момент на рынке существует Московская компания ООО ИК «АМАКС», представляющая программно-технический комплекс «АМАКС» нового поколения для автоматизации управления горелками паровых многгорелочных котлов. Проведем анализ конкурентоспособности настоящей разработки с АТК «АМАКС».

Сравнительная таблица конкурирующих технических решений приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес Критери	Баллы		Конкурен- способность	
		Бф	Бк1	Кф	Кк1
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда	0,09	5	4	0,45	0,36
2. Удобство в эксплуатации	0,07	5	4	0,35	0,28
3. Надежность	0,07	5	5	0,35	0,35
4. Уровень шума	0,03	5	3	0,15	0,09
5. Безопасность	0,08	5	4	0,4	0,32
6. Точность измерений	0,05	5	5	0,25	0,25
7. Быстродействие	0,07	5	5	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности					
Цена	0,15	5	3	0,75	0,45
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
Конкурентоспособность продукта	0,07	5	5	0,35	0,35
Уровень проникновения на рынок	0,07	5	5	0,35	0,35
Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	0,25	0,25
Доступность	0,1	5	5	0,5	0,5
Итого	1	48	43	4,9	4,3

Согласно оценочной карте, можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: цена разработки ниже, повышение безопасности, простота эксплуатации.

4.1.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Данный анализ показывает наши сильные и слабые стороны, а также позволяет правильно использовать возможности и угрозы, что помогает выстраивать маркетинговые и управленческие стратегии.

Для начала необходимо описать сильные и слабые стороны проекта, выявить возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или

могут появиться в его внешней среде.

Таблица 13 – SWOT анализ

	<p>Сильные стороны: С1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей). С2. Функциональная мощность (предоставляемые возможности). С3. Конкурентоспособность продукта. С4. Срок выхода на рынок. С5. Наличие опытного руководителя</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки. Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Сл3. Отсутствие необходимого Оборудования для проведения испытания ПО. Сл4. Уровень проникновения на рынок. Сл5. Большой срок поставок плат, используемы для проведения научного исследования.</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ для быстрого внедрения ПО на рынок. В2. Использование развитой международной инфраструктуры для более быстрой доставки плат. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>		
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция производителей ПО. У3. Ограничения памяти регулятора и контроллера. У4. Ограничения регулятора и контроллера.</p>		

Следующий этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых

сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта					Слабые стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В1	+	+	+	0	+	+	+	+	-	-
	В2	0	-	+	+	0	0	-	+	0	+
	В3	+	+	+	+	0	-	-	-	+	-
	В4	0	0	+	+	0	0	-	+	+	+
	В5	-	+	+	0	0	0	-	-	+	-
Угрозы проекта	У1	-	+	0	0	0	-	-	-	-	-
	У2	0	+	+	+	+	-	-	+	-	-
	У3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	У4	0	-	-	-	+	-	-	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д. следующего вида: В1С1С2С3С5; В4С3С4. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе.

Учитывая изложенную выше информацию, составим итоговую матрицу SWOT-анализа:

Таблица 15 – Итоговая матрица SWOT – анализа

	<p>Сильные стороны: С1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей). С2. Функциональная мощность (предоставляемые возможности). С3. Конкурентоспособность продукта. С4. Срок выхода на рынок. С5. Наличие опытного руководителя</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки. Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания ПО. Сл4. Уровень проникновения на рынок. Сл5. Большой срок поставок плат, используемы для проведения научного исследования.</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ для быстрого внедрения ПО на рынок. В2. Использование развитой международной инфраструктуры для более быстрой доставки плат. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Использование инновационной структуры ТПУ позволит повысить конкурентоспособность ПО и ускорить выход на рынок. Так же использование развитой международной инфраструктуры поможет ускорить выход ПО на рынок. Возможно появление дополнительного спроса на новый продукт благодаря использованию высоко квалифицированного научного труда. Благодаря снижению таможенных пошлин на платы возможно повышение конкурентоспособности ПО.</p>	<p>Появление дополнительного спроса на новый продукт может привести к отсутствию у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях может привести к увеличению срока поставки плат, используемых для проведения научного исследования.</p>

Продолжение таблицы 15

<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция производителей ПО. У3. Ограничения памяти регулятора и контроллера. У4. Ограничения регулятора и контроллера.</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии производства может замедлить срок выхода ПО на рынок и понизить квалификацию научного труда. Развитая конкуренция производителей ПО может привести к снижению конкурентоспособности продукта. Ограничения памяти платы ICP DAS. и высокая стоимость оборудования и плат требует более высоко квалифицированный научный труд и затягивает срок выхода на рынок.</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии производства и высокая стоимость оборудования и плат может привести к отсутствию прототипа научной разработки, отсутствию Потенциальных потребителей, необходимого оборудования для проведения испытания ПО, ухудшить уровень проникновения на рынок и увеличить сроки поставки плат. Выпуск более новых чипов для ICP DAS. может способствовать к отсутствию необходимого оборудования для проведения испытания ПО.</p>
--	---	---

Данный анализ позволяет выстраивать маркетинговые и управленческие стратегии. В нашем случае можно сделать вывод, что на данный момент преимущества преобладают над недостатками.

4.2 Планирование научно-исследовательской работы

4.2.1 Структура работы в рамках научного исследования

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В реализации данного проекта участвуют два исполнителя – руководитель темы (Р) и инженер (И). Разделим выполнение дипломной работы

на этапы, представленные в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель темы
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Описание объекта автоматизации	Инженер
	6	Описание технологического процесса	Инженер
	7	Анализ задач системы управления	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы, инженер
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель темы, инженер
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер
	11	Разработка блок-схем алгоритмов управления	Инженер
	12	Выбор технических средств	Инженер
	13	Разработка структурной схемы	Инженер
	14	Разработка принципиальной схемы подключения датчиков и исполнительных механизмов	Инженер
	15	Разработка алгоритмов управления	Инженер
	16	Разработка программы в CoDeSys	Инженер
Оформление отчета	17	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть

стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (1)$$

где: $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

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

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

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.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому

наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

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

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

где: T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,22, \quad (4)$$

где: $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году 365; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году 52 (при 6-дневке); $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году 14; рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сведем в таблицу (табл. 17).

Таблица 17 – Временные показатели проведения работ

	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t min	t max	t ож			
Составление и утверждение технического задания	3	10	5,8	1	5,8	7
Подбор и изучение материалов по теме	7	20	12,2	1	12,2	14,9
Изучение существующих объектов проектирования	3	7	4,6	1	4,6	5,6
Календарное планирование работ	3	7	4,6	2	2,3	2,8
Описание объекта автоматизации	7	15	10,2	1	10,2	12,4
Описание технологического процесса	5	10	7	1	7	8,5
Анализ задач системы управления	2	5	3,2	1	3,2	3,9
Оценка эффективности полученных результатов	2	5	3,2	2	1,6	1,9
Определение целесообразности проведения ОКР	2	5	3,2	2	1,6	1,9
Разработка функциональной схемы автоматизации	3	7	4,6	1	4,6	5,6
Разработка блок-схем алгоритмов управления	2	5	3,2	1	3,2	3,9
Выбор технических средств	2	5	3,2	1	3,2	3,9
Разработка структурной схемы	3	7	4,6	1	4,6	5,6
Разработка принципиальной схемы подключения датчиков и исполнительных механизмов	2	5	3,2	1	3,2	3,9
Разработка алгоритмов управления	3	7	4,6	1	4,6	3,9
Разработка программы в CoDeSys	3	7	4,6	1	4,6	3,9
Составление пояснительной записки	3	7	4,6	1	4,6	3,9
Итого:	Руководитель				11,3	13,7
	Инженер				73	89

На основе таблицы 17 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 18 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени

дипломирования.

Таблица 18 – Диаграмма Ганта

Вид работы	Исполнители	Продолжительность выполнения работ														
		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	■														
Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	■	■													
Изучение существующих объектов проектирования	Инженер		■	■												
Календарное планирование работ	Руководитель темы				■											
	Инженер				■											
Описание объекта автоматизации	Инженер				■	■										
Описание технологического процесса	Инженер					■	■									
Анализ задач системы управления	Инженер							■								
Оценка эффективности полученных результатов	Инженер								■							
Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель темы, инженер									■						
	Инженер									■						
Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер									■						
Разработка блок-схем алгоритмов управления	Инженер									■						
Выбор технических средств	Инженер									■						
Разработка структурной схемы	Инженер											■				

Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения CoDeSys для программирования контроллера. В таблице 20 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования, руб.	Стоимость, руб.
Codesys	1	14000	14000
Итого:			14000

Основная заработная плата исполнителей

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Основная заработная плата

Исполнители	Оклад, Руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м, руб}$	$Z_{дн, руб.}$	$T_{р, раб. дн.}$	$Z_{осн, руб.}$
Руководитель	37 700	0,3	0,2	1,3	76 455,6	3 822,8	12	45 874
Инженер	19 200	0,3	0,5	1,3	48 672	2 433,6	73	177 653
Итого:								223 527

Дополнительная заработная плата исполнителей

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} Z_{донP} &= k_{дон} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 45874 = 6881; \\ Z_{донИ} &= k_{дон} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 177653 = 26648. \end{aligned} \quad (5)$$

Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель проекта	45 874	6 881
Инженер	177 653	26 648
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30	30
Итого:	67 058	10 059

Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (6)$$

где $k_{\text{нр}}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Произведем расчет приняв величину коэффициента накладных расходов равным 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (187900 + 14000 + 223527 + 33529 + 77117) \cdot 0,16 = 85771. \quad (7)$$

Формирование бюджета затрат проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 23:

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.
1	Материальные затраты НТИ	187 900
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	14 000
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	223 527
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	33 529
5	Отчисления во внебюджетные фонды	77 117
6	Накладные расходы	85 771
7	Бюджет затрат НТИ	621 844

4.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат нескольких вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (8)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в

размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией ПАО «Роснефть». Система АСУ ТП разработана на базе контролера Siemens S7-300 и датчиков Метран;

Аналог 2 – Блок газооборудования Амакс-БГ для котлов от компании ООО ИК «АМАКС». Система включает в себя комплексные автоматические запорно-регулирующие устройства.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов приведена в таблице 24.

Таблица 24 – Смета бюджетов для рассмотренных аналогов

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат, руб	621 844	~ 880 900	~ 784 000

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{621844}{880900} = 0,706. \quad (9)$$

Для аналогов соответственно:

$$I_{\text{финал}}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{880900}{880900} = 1; \quad I_{\text{финал}}^{a2} = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{784000}{880900} = 0,89. \quad (10)$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (11)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Повышение производительности труда	0,25	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	4	5
3. Надёжность	0,2	4	4	4
4. Экономичность	0,25	5	4	4
5. Помехоустойчивость	0,05	4	5	5
Итого:	1	4,75	4,05	4,55

Рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{III} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,05 = 4,75; \quad (12)$$

$$Аналог1 = 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,05 = 4,05; \quad (13)$$

$$Аналог2 = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,05 = 4,55. \quad (14)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad (15) \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}}, \quad (16) \quad \text{и т.д.}$$

В результате:

$$I_{фина1}^{a1} = \frac{I_T^{a1}}{I_{фина1}^{a1}} = \frac{4,05}{1} = 4,05; \quad (17)$$

$$I_{фина2}^{a2} = \frac{I_T^{a2}}{I_{фина2}^{a2}} = \frac{4,55}{0,89} = 5,11; \quad (18)$$

$$I_{финр}^p = \frac{I_T^p}{I_{финр}^p} = \frac{4,75}{0,706} = 6,73. \quad (19)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (20)$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,76	1	0,89
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,75	4,05	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	6,73	4,05	5,11
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,66	1	1,26

Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В ходе выполнения работы был использован широкий спектр аналитических инструментов и расчетов. Примененный комплекс инструментов и расчеты позволили решить ряд задач, возлагаемые на раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

В данном разделе были решены следующие задачи:

- оценили коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований, определили потенциальных потребителей и выявили следующие конкурентные преимущества разработки: цена разработки ниже, повышение надежности и безопасности, простота эксплуатации;

- определили возможные альтернативы проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения, выполнили SWOT – анализ, где определили стратегии поведения по использованию возможностей и нивелированию угроз и слабых сторон проекта;

- провели планирование научно-исследовательских работ, провели расчет трудозатрат и по полученным данным составили календарный план-график проекта;

- определили ресурсную, финансовую, бюджетную, социальную и экономическую эффективности исследования.

С учетом решенных задач можно сделать вывод, что проект является конкурентноспособным, а также более ресурсоэффективным по сравнению с текущими аналогами.

5 Социальная ответственность

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Также разработан комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду.

В ВКР рассматривается система управления розжигом парокотельной установки. Автоматизация розжига парокотельной установки позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. В настоящей работе задачей оператора является контроль над параметрами технологического процесса в процессе производства продувки топки котла, опрессовки газового тракта котельной, розжига топки котла запальным устройством и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций. При наиболее вероятных авариях (погасание пламени в топке котла) может произойти отклонение технологических параметров, что, в свою очередь, может повлечь за собой выброс опасных веществ, приводящих к загрязнению атмосферного воздуха. Для персонала наиболее опасными являются зоны загазованности.

Рабочей зоной является производственное помещение размером 10x10м, в которой располагается система управления розжигом ПКУ, включающая в себя непосредственно котел, датчики (манометр, 2 датчика-реле контроля пламени) и исполнительные устройства (4 электромагнитных клапана).

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

Основные положения отношений между сотрудником и организацией, такие как оплата труда, режим рабочего времени, перерывы в работе, выходные и нерабочие праздничные дни и другие, описываются в трудовом кодексе РФ [12]. Помимо этого, трудовая деятельность осуществляется согласно иным федеральным законам: указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, нормативные правовые акты органов местного самоуправления и т.д.

Работа разработчика включает в себя ходьбу и перемещение предметов весом до 1 кг, поэтому она относится ко второй категории тяжести труда. Режим рабочего времени предусматривает пятидневную рабочую неделю в два выходными днями, продолжительность рабочего времени – не более 40 часов в неделю. Также исходя из того, что для работы используется персональный компьютер, предусмотрены 2 перерыва по 15 минут: через 2 часа после начала рабочей смены и через два часа после обеденного перерыва. Специальная оценка условий труда определяется согласно [13].

Для работников, совмещающих работу с получением высшего образования, предоставляются дополнительные отпуска с сохранением среднего заработка.

Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере [12].

При разработке системы управления розжигом ПКУ необходимо учитывать требования, направленные на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, случаев производственного травматизма на опасных производственных объектах газораспределения и газопотребления, описанные в [1].

Основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и общие принципы обеспечения пожарной безопасности приведены в [14].

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Работа по разработки алгоритмов системы управления розжигом парокотельной установки осуществляется с использованием персонального компьютера.

Рабочее место оборудуется согласно ГОСТ 12.2.032- 78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования». Высота рабочей поверхности, пространство для ног и высота рабочего сиденья должны соответствовать требованиям и по возможности регулироваться исходя из роста сотрудника [15].

При проведении установки составных частей в корпус автомата работа проводится в соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования». Высота рабочей поверхности при организации рабочего места для женщин и мужчин должна соответствовать требованиям.

5.2 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 27. В данной таблице приведены факторы, которые возникают на этапах разработки, изготовления и эксплуатации объекта.

Таблица 27 – Опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте с системой управления розжигом парокотельной установки

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	Приказ Минтруда РФ от 27.11.2020 N 833Н "Об утверждении Правил по охране труда при размещении, монтаже, техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования"
Летучие испарения химических присадок, спиртов, легкие углеводороды	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Повышенный уровень общей вибрации	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

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

Система управления розжигом ПКУ предоставляет для человека потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ человек может коснуться комплектующих, находящихся под напряжением. При работе с установкой возможно поражение электрическим током, что ведет к появлению ожогов, нагреву сосудов,

механическим повреждением тканей и сосудов, раздражающим воздействиям на ткани.

Общие требования по электробезопасности представлены в ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.

Для того, чтобы защититься от поражения электрическим током, необходимо:

- обеспечить недоступность токоведущих частей от случайных прикосновений;
- электрическое разделение цепи;
- устранить опасности поражения при проявлении напряжения на разных частях.

5.2.2 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека

В ходе разработки и эксплуатации приведенной в выпускной квалификационной работе системы в результате несчастного случая вероятно получение тяжелых или смертельных ожогов. Хотя многие из этих ожогов вызваны огнем или высоким напряжением электричества, промышленные ожоги часто вызываются концентрированным паром, едкими химическими веществами или сильно нагретыми производственными продуктами.

Ожоги на рабочем месте являются предсказуемым источником травм. Осведомленность, предотвращение опасностей и защита могут значительно снизить риск ожогов на рабочем месте. Для разрабатываемой системы наиболее вероятным видом ожога является термический ожог. Общие требования по предотвращению получения ожогов описываются в [16]. Наиболее важным приоритетом при термических ожогах является контроль и остановка процесса горения. Термические ожоги можно предотвратить, надев средства индивидуальной защиты, используя тактику предотвращения пожара, а также имея процедуры и планы действий в чрезвычайных ситуациях, связанные с обнаружением и защитой от пожара.

5.2.3 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов

При разработке и дальнейшем проведении экспериментов системы управления розжигом ПКУ есть угроза получить порезы от острых кромок, заусенцев, шероховатости деталей и заготовок. В целях обеспечения безопасности работников на рабочих местах применяют СИЗ: защитные перчатки и спец. одежда, инструктаж по ТБ.

5.2.4 Летучие испарения химических присадок, спиртов, легкие углеводороды

В системе управления розжигом ПКУ, использующую в качестве топлива природный газ, может произойти выброс летучих испарений химических присадок, спиртов, легких углеводородов. Такое происходит, как правило, в следствии неправильной эксплуатации оборудования, негерметичности фланцевых соединений. В системе управления розжигом попутно могут выделяться такие вещества, как метан, этан, пропан, бутан. Вещества, влияние на организм и ПДК приведены в таблице 28 согласно приложению 2 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» постановления Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 N 25 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.2.5.3532-18» [17].

Таблица 28 – ПДК и класс опасности вредных веществ в воздухе рабочей зоны

	Метан	Этан	Пропан	Бутан
Величина ПДК, мг/м ³	7000	3000	300	900
Класс опасности	малоопасные	малоопасные	умеренно опасные	малоопасные

В целях обеспечения безопасности на рабочих местах в случае выявления выбросов необходимо перекрыть подачу газа, проветрить помещение и проверить герметичность фланцевых соединений.

5.2.6 Повышенный уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [17].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота f , Гц;
- амплитуда колебаний d , мм.

В таблице 29 приведены гигиенические нормы вибрации согласно СанПиН 1.2.3685-21.

Таблица 29 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

Основными источниками вибрации установки являются работающие задвижки, электроприводы.

Методами защиты от вибрации являются уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы.

5.2.7 Повышенный уровень шума

Источником возникновения фактора являются исполнительные механизмы. Шум ухудшает условия труда и работоспособность человека. Длительное шумовое воздействие оказывает негативное влияние на организм – появление головных болей, раздражительности, повышенная утомляемость, боли в ушах и т.д. Интенсивный шум (более 80 дБ) при длительном воздействии

может привести к полной или частичной потере слуха. Допустимые значения звукового давления согласно санитарным нормам [17] и разделу этого документа «Предельно допустимые уровни звука и звукового давления в октавных полосах частот на рабочих местах и местах размещения обслуживающего персонала» представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Допустимые уровни звукового давления

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
99	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В качестве индивидуальных средств защиты можно использовать наушники, беруши и шлемы. В качестве коллективной защиты могут быть использованы материалы и конструкции, препятствующих распространению шума, малошумные машины. Необходимо привлекать к работе лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму.

5.2.7 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Недостаточная освещенность приводит к понижению работоспособности, а также может вызвать проблемы со здоровьем, а именно может повлиять на качество зрения работника.

Для комфортной работы сотрудника необходимо отсутствие пульсации света, обеспечение достаточной контрастности в цветопередаче монитора, отсутствие бликов на поверхностях офисного оборудования, а также соответствующее направление светового потока и его спектр.

Согласно СП 52.13330.2016 [17] зрительную работу инженера-программиста можно характеризовать как работу разряда Б – высокой точности, потому необходимо чтобы параметры освещенности рабочего места соответствовали требованиям, представленным в таблице 31.

Таблица 31 – Требования к освещению производственных помещений при зрительной работе высокой точности

Искусственное освещение			
Освещенность на рабочей поверхности при системе общего освещения	Освещенность на рабочей поверхности при системе комбинированного освещения	Объединенный показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
400	1000	25	15

При недостаточной освещенности помещения может помочь увеличение количества световых приборов.

5.2.8 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Причиной отклонения показателей микроклимата является работа, выполняемая человеком – ходьба, перемещение мелких (до 1 кг) предметов в положении стоя или сидя. Энергозатраты данной категории работ составляют 151-250 ккал/ч. Показатели микроклимата могут как положительно (повышение работоспособности, комфортный отдых), так и отрицательно (тошнота, головокружение, повышение уровня давления) влиять на организм человека. В связи с этим должны обеспечиваться допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях, исходя из требований СанПиН 1.2.3685-21. Они представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях

Допустимые значения						
Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	17,0-18,9	21,1-23,0	16-24	15-75	0,1	0,3
Теплый	18,0-19,9	22,1-27,0	17-28	15-75	0,1	0,4

В качестве средства защиты в зимнее время выступает отопление. Для поддержания показателя относительной влажности предлагается использование увлажнителей воздуха. Также необходимо периодическое проветривание помещения.

5.3 Экологическая безопасность

В данном разделе рассмотрим характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду в процессе эксплуатации. Для этого выявим предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

Последовательно рассмотрим, как проектируемое решение и используемые для его создания вещества и материалы, будет влиять на:

- селитебную зону;
- атмосферу;
- гидросферу;
- литосферу.

Предложим природоохранные мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

Защита селитебной зоны

При использовании в качестве топливного сырья природный газ в процессе сгорания в парокотельных установках выделяются дымовые газы. После нагревания жидкости или преобразуя ее в пар, они попадают в атмосферу через дымоходные трубы. Поскольку эти источники загрязняют окружающую среду различными веществами, для защиты селитебной зоны необходимо предусмотреть следующие средства защиты:

- санитарно-защитная зона;
- установление требований защиты к проектируемому зданию, технологическому процессу, оборудованию.

Защита атмосферы

Источником загрязнения являются летучие (легкие) углеводороды, выбрасываемые в следствии негерметичность фланцевых соединений, разрыва емкостей и т.д. Такие утечки часто связаны с резким изменением технологического параметра. Для безопасной эксплуатации системы управления розжигом парокотельной установки предусмотрена системы сброса газа через клапан безопасности «Свеча».

Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются по специальному документу: «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу».

Защита гидросферы

Воздействие на гидросферу не происходит.

Защита литосферы

Твердые отходы должны утилизироваться в специально отведенные для этого полигоны, которые соответствуют нормативным документам, регламентирующим порядок размещения, работы и охраны отведенной зоны.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного (разрыв трубопровода, разгерметизация парокотельной установки), природного (землетрясение,

ураган), социального, биологического или экологического (химическое отравление почвы и воды) характера.

Наиболее значительным фактором риска является вероятный взрыв в топке котла. Основными источниками аварий (отказов) установки могут быть:

1. Ошибочные действия оператора;
2. Ложные показания контрольно-измерительных приборов;
3. Отказ системы автоматического регулирования;
4. Отклонение технологических параметров (понижение давления газа перед горелкой);

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

Наиболее вероятным видом ЧС являются взрыв топки котла, пожар, загазованность окружающей среды. Это может произойти, если произошло отклонение технологического параметра (давление в основном газовом тракте). В этом случае, если сработали все слои защиты (действия оператора, системы автоматического регулирования) сработают автоматические отсечные клапаны и произойдет выброс газа через клапан безопасности.

В случае возникновения ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из помещения в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" был определен класс возможного пожара – С: горение газообразных горючих веществ.

Рекомендуемые первичные средства тушения пожаров класса С:

- объёмное тушение и флегматизация газовыми составами;
- огнетушащие порошки общего назначения;
- пены, вода (для охлаждения оборудования).

Вывод по разделу социальная ответственность

В результате выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы были определены меры обеспечения безопасности, которые снизят риски для работника и повысят его работоспособность. Определили, что фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

Согласно ПУЭ, помещение рабочей зоны относится к закрытым помещениям второй категории (помещения с повышенной опасностью).

В соответствии с Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, специалисты по охране труда потребителей должны иметь группу 4 по электробезопасности с правом инспектирования электроустановок.

Согласно СП 12.13130.2009, помещение рабочей зоны также относится к категории А (повышенная взрывопожароопасность) из-за газа и легковоспламеняющейся жидкости обращающихся в помещении.

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

Согласно постановлению правительства РФ от 31 декабря 2020 года N 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» был выбран объект II категории – объекты, оказывающие умеренное НВОС (негативное воздействие на окружающую среду).

Заключение

В ходе выполнения заданий выпускной квалификационной работы были проведены исследования системы управления розжигом парокотельной установки. При выполнении работы был произведен анализ основного газового тракта парокотельной установки и стадий розжига топки котла.

На основе результатов анализа объекта автоматизации был определен объем автоматизации исследованной системы. По результатам составленного объема автоматизации была разработана функциональная схема автоматизации, в которой было выделено 8 каналов измерения и регулирования.

Был осуществлен выбор технических и программных средств реализации АС, где были подобраны оптимальные контрольно-измерительные приборы на основе выполненных сравнительных анализов. В качестве программно-технического комплекса был выбран ПЛК200-04-CS от компании ОВЕН.

Была разработана структурная схема системы, где была отображена совокупность технических средств системы управления и связей между ними.

Была разработана принципиальная схема подключения подобранных датчиков и исполнительных механизмов.

Был произведен детальный анализ алгоритмов розжига и разработаны блок-схемы для каждой стадии, а именно опрессовка, стадии «Розжиг котла», режим «Авария».

Была выполнена разработка исследованных алгоритмов в программной среде CODESYS v.3.5 на языке LD (Ladder Diagram).

Conclusion

In the course of completing the tasks of the final qualification work, studies of the ignition control system of the steam boiler plant were carried out. When performing the work, the analysis of the main gas path of the steam boiler unit and the stages of ignition of the boiler furnace was carried out.

Based on the results of the analysis of the automation object, the volume of automation of the investigated system was determined. Based on the results of the compiled volume of automation, a functional automation scheme was developed, in which 8 measurement and control channels were allocated.

The choice of technical and software tools for the implementation of the automated control system was carried out, where optimal control and measuring devices were selected based on the comparative analyses performed. PLC200-04-CS from OWEN was chosen as a software and hardware complex.

A block diagram of the system was developed, where the set of technical means of the control system and the connections between them were displayed.

A schematic diagram of the connection of the selected sensors and actuators was developed.

A detailed analysis of the ignition algorithms was carried out and block diagrams were developed for each stage, pressure test, the "Ignition" stage, the "Accident" mode.

The development of the studied algorithms was carried out in the CODESYS v.3.5 software environment in LD (Ladder Diagram) language.

Список использованной литературы

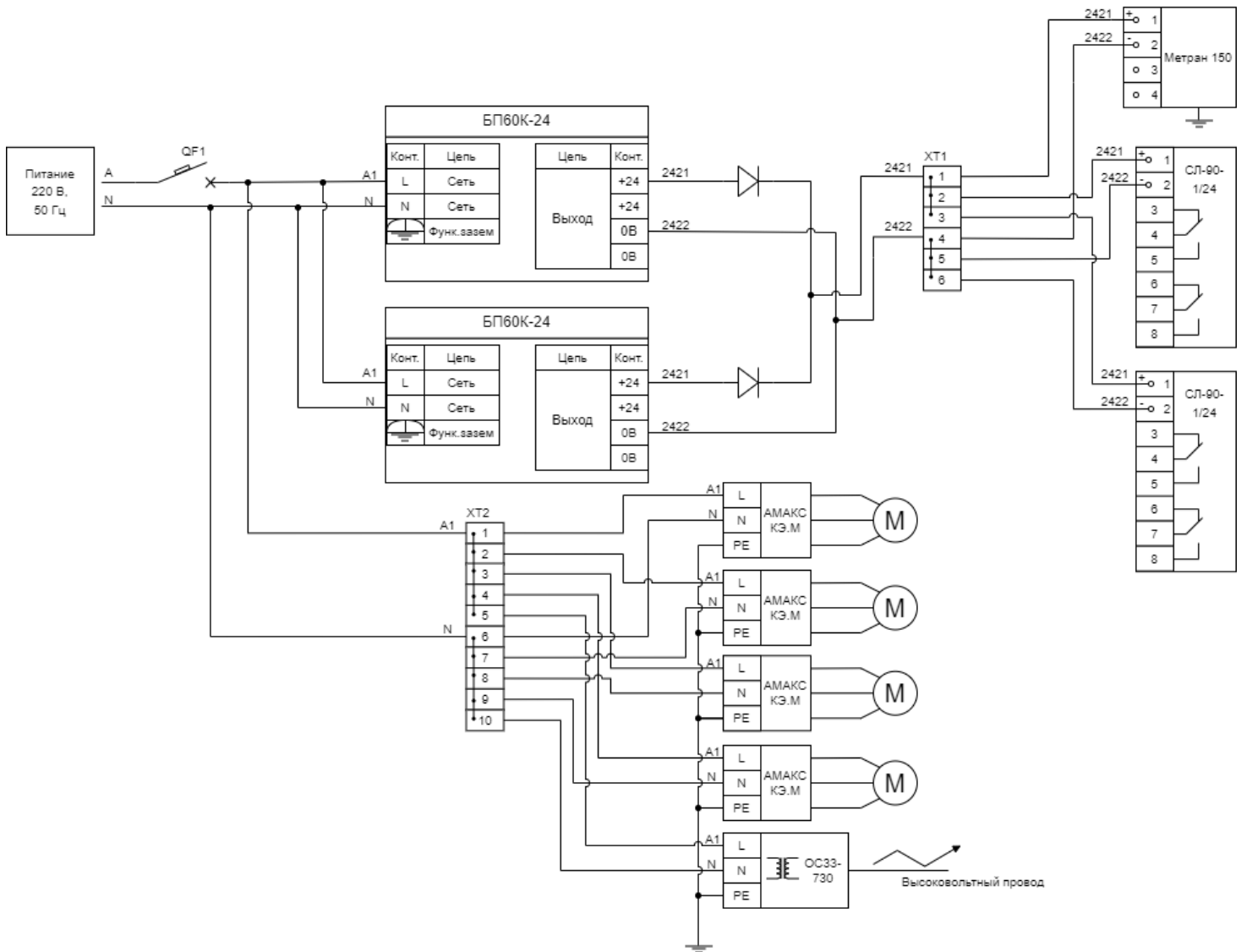
1. Приказ Ростехнадзора N 531 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления". – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2020. – 53 с.
2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями и дополнениями) от 21.07.1997 № 116-ФЗ.
3. Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 533 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (Зарегистрировано в Минюсте России 25.12.2020 № 61808).
4. Правила устройства электроустановок (7-е изд., переработанное и дополненное, с изменениями). Утверждено Министерством энергетики Российской Федерации. Приказ от 8 июля 2002 г. № 204
5. Метран 150 Датчики Давления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-150-ru-ru>. – Дата доступа: 19.11.2021.
6. Каталог продукции. Датчик контроля пламени СЛ-90-1/24. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://obsemash.pro-solution.ru>. – Дата доступа: 19.11.2021 г.
7. АМАКС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.amaks.ru>. – Дата доступа: 04.11.2021.
8. ОС33-730 Трансформатор розжига. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tankiz.com/os33-730-transformator-rozzhiga-9265>. – Дата доступа: 25.11.2021 г.
9. ПЛК100/150/154 контроллеры для малых систем с AI/DI/DO/AO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://owen.ru/product/plk100_150_154. – Дата доступа: 27.11.2021.

10. ПЛК200 контроллер для малых и средних систем автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/plk200>. – Дата доступа: 27.11.2021.
11. БП60К блок питания для ПЛК и ответственных применений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/bp60k>. – Дата доступа: 28.11.2021.
12. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018) // Собрание законодательства РФ. - 07.01.2002
13. Федеральный закон N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2020. – 28 с.
14. Федеральный закон №123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. – 152 с.
15. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 9 с
16. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания– М.: ИПК Изд-во стандартов, 2021. – 496 с.
17. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2017. – 122 с.
18. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Поправкой). – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2017. – 20 с.

Приложение А

(Обязательное)

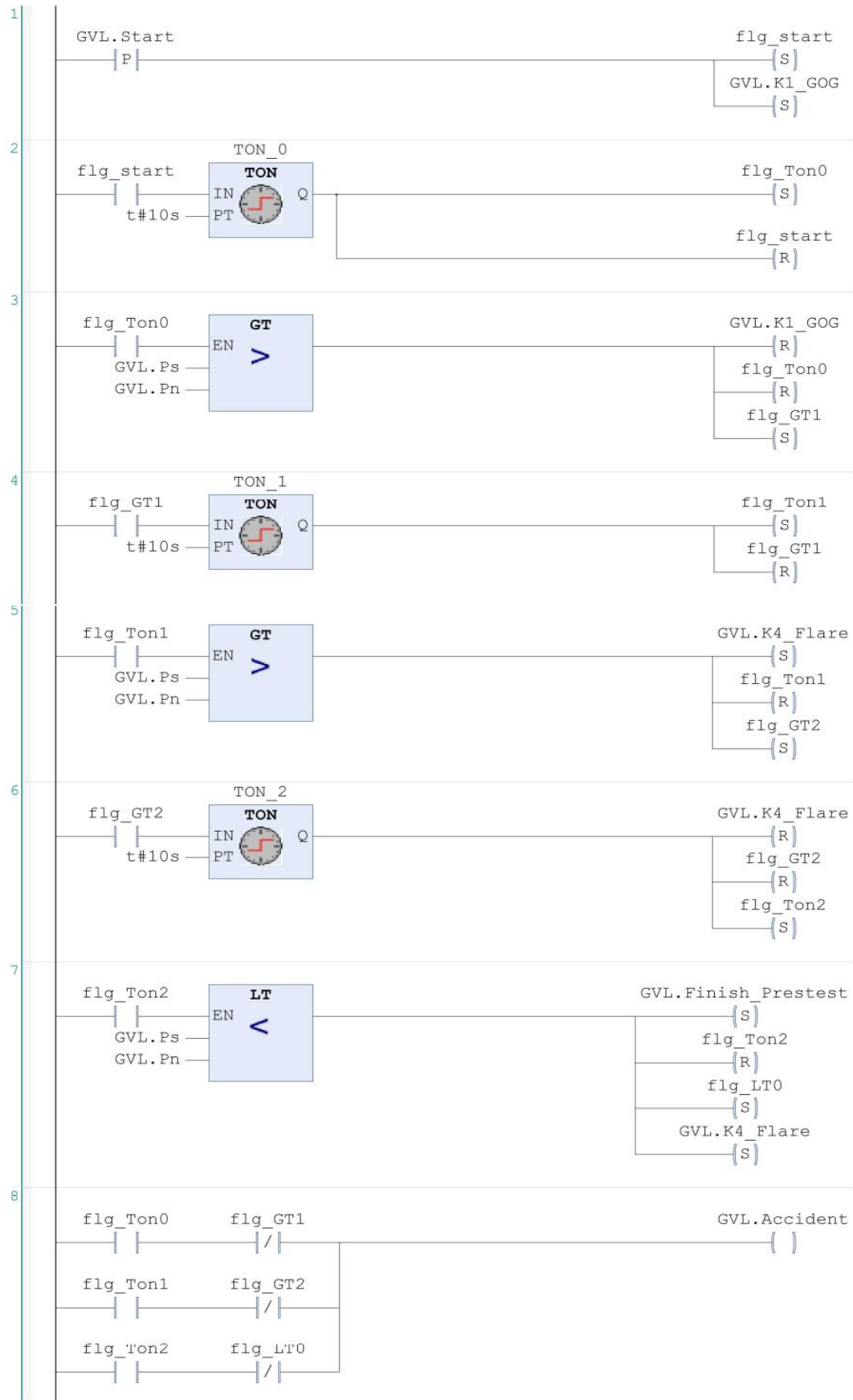
Принципиальная схема подключения датчиков и исполнительных механизмов



Приложение Б

(Обязательное)

Алгоритм стадии «Опрессовка» в CODESYS



Приложение В

(Обязательное)

Алгоритм стадии «Розжиг» в CODESYS

