

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
Автоматизированная система управления блочно-модульной газовой котельной
УДК 004.896:621.182.2-62:697.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т72	Бобылев Никита Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д.м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах).
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этническом и философском контексте.
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.

Код компетенции	Наименование компетенции
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 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.

Код компетенции	Наименование компетенции
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.

Код компетенции	Наименование компетенции
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.

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 – осенний/весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2022
--	------------

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

	7. Разработка алгоритмов управления. 8. Разработка экранных форм.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Структурная схема автоматизированной системы. 2. Функциональная схема автоматизации. 3. Схема соединений внешних проводок. 4. Блок-схемы алгоритмов управления. 5. Экранные формы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Федоренко Ольга Юрьевна, профессор ООД ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.04.2022
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т72	Бобылев Никита Евгеньевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-8Т72		Бобылев Никита Евгеньевич	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления блочно-модульной газовой котельной

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- оклад инженера – 28000,00 руб. в месяц; - оклад руководителя проекта – 37000,00 руб. в месяц;
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- накладные расходы 16%;
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- коэффициент отчислений во внебюджетные фонды 27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	-SWOT-анализ; -Анализ конкурентных технических решений
1. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- SWOT-анализ;
2. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- расчет материальных затрат; - расчет основной и дополнительной заработной платы; - расчет отчислений во внебюджетные фонды; - расчет бюджета проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Матрица SWOT 2. Альтернативы проведения НИ 3. График проведения и бюджет НИ 4. 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	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т72	Бобылев Никита Евгеньевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-8Т72		Бобылев Никита Евгеньевич	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и роботизации
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления блочно-модульной газовой котельной	
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><i>Объект исследования:</i> рабочее место оператора автоматизированной системы управления блочно-модульной газовой котельной</p> <p><i>Область применения:</i> теплоэнергетика.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> операторская</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 4*4 м</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> щит диспетчеризации, щит учета газа, персональный компьютер.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль параметров котельной установки, управление технологическим оборудованием и процессами с помощью SCADA-системы или лицевой панели щита диспетчеризации.</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. 	<p>ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.</p> <p>СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.</p> <p>ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.</p> <p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).</p> <p>Приказ министерства энергетики российской федерации от 24.03.2003 №115 об утверждении правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок.</p> <p>СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.</p>

	<p>ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.</p> <p>ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.</p> <p>ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.</p> <p>ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации):</p> <p>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, связанные с поражением электрическим током; 2. Пожаровзрывоопасные факторы; 3. Термические ожоги; <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный шум; 2. Повышенный уровень общей вибрации; 3. Вредные вещества 1-4 класса. <p>Средства коллективной защиты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Устройства автоматического контроля и сигнализации; 2. Вибропоглощающие устройства; 3. Знаки безопасности; 4. Устройства автоматического отключения; 5. Устройства защитного заземления и зануления. <p>Средства индивидуальной защиты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Средства защиты головы и лица; 2. Средства защиты органов дыхания; 3. Средства защиты органов слуха.
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: <u>не оказывается.</u></p> <p>Воздействие на литосферу: <u>твердые бытовые отходы.</u></p> <p>Воздействие на гидросферу: <u>сброс сточной воды, утечка компонентов химической водоподготовки воды.</u></p> <p>Воздействие на атмосферу: <u>выбросы углеводородов.</u></p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Техногенные аварии (взрыв газа, тепловой взрыв, выброс углеводородов в атмосферу);</p> <p>Наиболее типичная ЧС: тепловой взрыв, выброс углеводородов в атмосферу.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	Д.М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Г72	Бобылев Никита Евгеньевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 85 страницах, содержит 13 рисунков, 24 таблицы, 24 источников литературы, 4 приложения.

Ключевые слова: котельная установка, газовая котельная, модульная котельная.

Объектом исследования является Автоматизированная система управления блочно-модульной газовой котельной.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления блочно-модульной газовой котельной с применением SCADA-системы.

В процессе исследования проводились:

- разработка автоматизированной системы управления блочно-модульной газовой котельной;
- разработка функциональной схемы;
- выбор средств автоматизации;
- разработка схемы внешних соединений;
- разработка программы управления котельной;
- разработка экранной формы.

В результате исследования была разработана автоматизированная система управления блочно-модульной газовой котельной установкой.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Разработана экранная форма для автоматизированной системы с интуитивно понятным интерфейсом.

Степень внедрения: Полная.

Область применения: разработка газовых котельных.

В будущем планируется внедрение разработанной системы в действующую газовую котельную установку.

Обозначения и сокращения

В данном разделе приведены обозначения и сокращения по тексту:

АС – Автоматизированная система;

АСУ – Автоматизированная система управления;

АРМ – Автоматизированное рабочее место;

КИПиА – Контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ПЛК – Программируемый логический контроллер;

ПО – Программное обеспечение;

САУ – Система автоматического управления;

СИ – Средства измерения;

ТП – Технологический процесс;

ФСА – Функциональная схема автоматизации.

Содержание

Введение	17
1 Анализ технологического процесса	18
1.1 Описание технологического процесса	18
1.2 Постановка задачи автоматизации	19
1.3 Требования к системе автоматизации	19
1.4 Требования к SCADA системе	20
2 Разработка автоматизированной системы управления	21
2.1 Структурная схема автоматизированной системы	21
2.1 Выбор средств автоматизации	22
2.1.1 Выбор ПЛК	23
2.2.1 Выбор преобразователей температуры	25
2.2.2 Выбор преобразователей давления	26
2.2.3 Выбор преобразователей уровня	27
2.2.4 Выбор исполнительных механизмов	28
2.2.5 Выбор сигнализаторов загазованности	29
2.3 Функциональная схема автоматизации	30
2.4 Схема внешних проводок	30
3 Разработка алгоритмов управления и экранных форм	31
3.1 Разработка алгоритмов управления	31
3.1.1 Разработка алгоритма управления котловым каскадом	31
3.1.2 Разработка алгоритма регулирования технологического параметра	32
3.2 Разработка экранных форм	36
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	38
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	38
4.2 Технология QuaD	38
4.3 SWOT-анализ	40
4.4 Структура работ в рамках научного исследования	43
4.5 Определение трудоемкости выполнения работ	44
	14

4.6	Разработка графика проведения научного исследования	48
4.7	Расчет материальных затрат НТИ	52
4.7.1	Расчет амортизации оборудования для экспериментальных работ	53
4.7.2	Основная заработная плата исполнителей темы	54
4.7.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	56
4.7.4	Накладные расходы	56
4.7.5	Накладные расходы	57
4.8	Определение ресурсоэффективности исследования	58
4.8.1	Интегральный показатель ресурсоэффективности	59
4.9	Выводы по разделу финансовый менеджмент	61
5	Социальная ответственность	63
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	63
5.2	Производственная безопасность	64
5.3	Опасные производственные факторы	65
5.3.1	Поражение электрическим током	65
5.3.2	Пожаровзрывоопасные факторы	66
5.3.3	Термические опасные факторы	67
5.4	Вредные производственные факторы	68
5.4.1	Недостаточная освещенность рабочей зоны	68
5.4.2	Повышенный уровень шума	68
5.4.3	Повышенный уровень общей вибрации	69
5.4.4	Вредные вещества 1-4 класса	70
5.5	Экологическая безопасность	70
5.6	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	72
5.7	Выводы по разделу социальная ответственность	74
	Заключение	75
	Список используемой литературы	76
	Приложение А (обязательное) технологическая схема	78
	Приложение Б (обязательное) функциональная схема	80
	Приложение В (обязательное) схема соединений внешних проводов	82
		15

Введение

Блочно-модульные котельные установки – это небольшие котельные, состоящие из нескольких модулей, которые консолидируются по месту установки. Данные котельные могут работать на различных типах топлива, как газ, мазут. Наиболее распространённым видом топлива для таких котельных установок является природный газ.

Разработка и применение блочно-модульных газовых котельных установок связано с их автономностью, мобильностью, быстроте установки и изготовлении. Их применение предназначено для отопления, снабжения паром и горячим водоснабжением производственные предприятия, жилые комплексы, сельскохозяйственные объекты. В связи с широкой областью применения все чаще на рынке появляются новые технологии направленные на повышение эффективности, работоспособности, надёжности и безопасности газовых блочно-модульных котельных установок.

Целью данной работы является: разработка автоматизированной системы управления блочно-модульной газовой котельной с применением SCADA-системы для отопления производственного и административно-бытового корпуса.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- разработка функциональной схемы;
- выбор средств автоматизации;
- разработка схемы внешних соединений;
- разработка SCADA системы управления котельной;
- разработка экранной формы.

1 Анализ технологического процесса

1.1 Описание технологического процесса

В приложении А представлена технологическая схема блочно-модульной газовой котельной установкой.

Исходная вода подается из колодца или центральной магистрали водоснабжения на специальные водоподготовительные установки. Вода должна соответствовать требованиям, отраженным в паспорте на котловые агрегаты позиция К1. После водоподготовительных установок вода по трубопроводу Т7 подается в бак запаса воды позиция К14. Бак емкостью две тысячи литров оснащен механическим уровнемером с клапаном, при снижении уровня воды в баке открывается клапан и осуществляется наполнение бака до заданного уровня. После заполнения бака, приступают к заполнению котловых агрегатов, котлового и сетевого контура с помощью насосов подпитки позиция К12.

Циркуляция теплоносителя в котловом контуре осуществляется с помощью котловых насосов позиция К4 и насоса загрузки теплообменника сети позиция К5.

Для подогрева воды в сетевом контуре используются два теплообменника позиция К6. Оба теплообменника находятся в рабочем режиме, для поддержания значений температуры согласно заданным значениям, в трубопроводе подачи Т4 температура должна поддерживаться в пределах от 90 до 100 °С. В обратном трубопроводе сети Т3 температура должна поддерживаться в пределах от 70 до 75 °С.

После заполнения всех аппаратов и контуров осуществляется запуск котельной. Первоначально запускаются горелочные устройства позиция К2 и осуществляют нагрев воды в котловых агрегатах. После того, как температура внутри котловых агрегатов достигла заданного значения, запускаются котловые насосы и насос загрузки теплообменника отопления. Электроприводы позиция М1 и позиция М2 служат для защиты котлового агрегата от перегрева.

Вода с помощью насосов циркуляции отопления позиция К11 осуществляют циркуляцию воды от котельной до потребителя по трубопроводу Т4 и обратно по трубопроводу Т3.

Приточная установка позиция К8 необходима для поддержания заданной температуры в помещении котельной и осуществляет постоянный приток воздуха необходимый для функционирования горелочных устройств. Теплоносителем для приточной установки является гликоль. Бак запаса гликоля рассчитан на 250 литров, после заполнения бака запаса осуществляется заполнение контура циркуляции гликоля через обратный трубопровод гликоля Т6 с помощью насоса подпитки гликоля позиция К10. После заполнения контура гликоль циркулирует по контуру с помощью насоса циркуляции позиция К9.

1.2 Постановка задачи автоматизации

1.3 Требования к системе автоматизации

Автоматизированная система управления технологическим процессом блочно-модульной газовой котельной должна иметь иерархическую структуру и производить обмен данными согласно стандартизированным протоколам.

Подбор контрольно-измерительных приборов выполняется согласно анализу технологического процесса.

Автоматизированная система управления блочно-модульной газовой котельной должна отвечать следующим требованиям:

- автоматическое и ручное управление котловыми агрегатами;
- автоматическое регулирование температуры в котловом контуре;
- автоматическое регулирование температуры в контуре отопления;
- автоматическое регулирование температуры в контуре приточной вентиляции;
- автоматическая защита насосов от сухого хода;
- автоматическая защита котловых агрегатов.

1.4 Требования к SCADA системе

SCADA-система применяемая для управления блочно-модульной газовой котельной установки должна обеспечивать точность обработки и представления данных, возможность расширения системы, надежность и иметь интуитивно понятный интерфейс для оператора.

На мнемосхеме оператора будут отражаться следующие параметры, представленные в таблице 1.

Таблица 1 Параметры технологического процесса

Параметр	Диапазон измерения	Действия
Давление в котле №1	(0,1 — 0,6) МПа	Чтение и запись
Давление в котле №2	(0,1 — 0,6) МПа	Чтение и запись
Уровень в котле №1	(0 — 3) м	Чтение и запись
Уровень в котле №2	(0—3) м	Чтение и запись
Температура воды в котле №1	(0 — 100) °С	Чтение и запись
Температура воды в котле №2	(0 — 100) °С	Чтение и запись
Температура подачи котлового контура	(0 — 100) °С	Регулирование, чтение и запись
Давление в котловом контуре	(0,1 — 0,6) МПа	Регулирование, чтение и запись
Температура подачи сети	(0 — 100) °С	Регулирование, чтение и запись
Давление до насосов сети	(0,1 — 0,6) МПа	Регулирование, чтение и запись
Давление после насосов сети	(0,1 — 0,6) МПа	Регулирование, чтение и запись
Давление в обратном трубопроводе сети	(0,1 — 0,6) МПа	Регулирование, чтение и запись
Давление в контуре вентиляции	(0,1 — 0,6) МПа	Регулирование, чтение и запись
Температура в помещении котельного зала	(0 — 80) °С	Регулирование, чтение и запись
Загазованность помещения котельного зала	(0 — 100) %	Чтение и запись

2 Разработка автоматизированной системы управления

Постоянное присутствие персонала на котельной не требуется, согласно нормативным документам. Как правило, достаточно применения GSM-оповещателя в котором программируются аварийные ситуации, при возникновении которых прибор отправляет сообщение ответственному лицу. Данный способ автоматизации не обеспечивает должное качество отпускаемого тепла и увеличивает сроки простоя.

Постоянное присутствие персонала с возможностью перманентного контроля текущих параметров и управления автоматизированной системы обеспечит повышение надежности работы котельной установки и обеспечит оперативное устранение или предотвращение возникновения аварийной ситуации. Для этого будет осуществлен подбор средств автоматизации в соответствии с требованиями SCADA- системы.

2.1 Структурная схема автоматизированной системы

Структурные схемы определяют основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи и служат для общего ознакомления с изделием. На структурной схеме раскрывается взаимодействие между функциональными частями технологического процесса.

Структурная схема автоматизированной системы состоит из трех уровней. Первый уровень включает в себя датчики и исполнительные механизмы. Второй уровень состоит из аналогово-цифровых преобразователей, пускателей, программного логического контроллера. Третий уровень включает в себя персональный компьютер с установленным программным обеспечением.

Структурная схема автоматизированной системы управления блочно-модульной котельной установки представлена на рисунке 1.

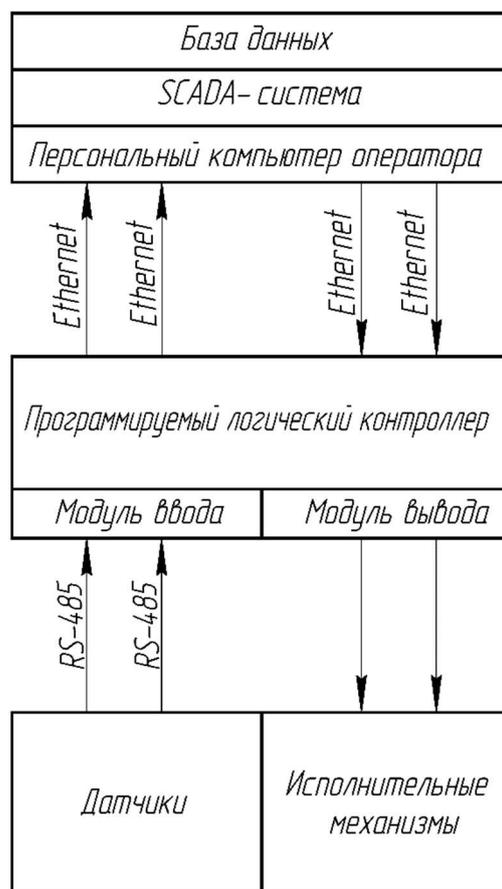


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной системы

2.1 Выбор средств автоматизации

Средства автоматизации, с помощью которых будет осуществляться управление процессом должны быть выбраны технически грамотно и экономически обоснованно. Конкретные типы автоматических устройств выбирают с учётом особенности объекта управления и принятой схемой управления (местное или централизованное). В первую очередь принимают во внимание такие факторы, как пожароопасность и взрывоопасность, агрессивность и токсичность сред, число параметров, участвующих в управлении, физико-химические свойства, а также требования к качеству контроля и регулирования, а именно дальность передачи сигналов информации от места установки измеряемых преобразователей до пунктов контроля и управления. Для обеспечения технологических процессов различных отраслей

промышленности средствами контроля и автоматического регулирования существует единая Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП). Поэтому, все средства автоматизации, выпускаемые в Российской Федерации, определяются соответствующим нормативным документом и включаются в ГСП.

2.1.1 Выбор ПЛК

Для реализации работы автоматизированной системы управления блочно-модульной газовой котельной необходимо выбрать контроллер с возможностью установки модулей расширения в связи с большим количеством контролируемых параметров. Контроллер будет глобально управлять всей котельной, отсюда требование к высокой степени надежности контроллера. Доступность контроллера и комплектующих к нему также влияет на работу оборудования, в случае выход из строя, необходимо в кратчайшие сроки осуществить ремонт или замену оборудования.

Исходя из представленных выше требований, для реализации работы разрабатываемой системы будут рассмотрены контроллеры, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение технических характеристик ПЛК

ПЛК	Matrix-1021-70	ПЛК200	Siemens S7-300
Количество каналов ввода-вывода информации			
Дискретные входы	8	8	16
Дискретные выходы	5	4	12
Аналоговые входы	8	4	8
Аналоговые выходы	4	2	4
Поддерживаемые интерфейсы			
Ethernet	Есть	Есть	Есть
RS-485	Есть	Есть	Есть

Продолжение таблицы 2 – Сравнение технических характеристик ПЛК

ПЛК	Matrix-1021-70	ПЛК200	Siemens S7-300
RS-232	Есть	-	Есть
USB	Есть	Есть	Есть
Объем оперативной памяти	128 Мбайт	256 Мбайт	16 Кбайт
Срок службы	7 лет	8 лет	10 лет
Стоимость	25 000	50 000	189 000

В связи с проблемами международной логистики у дистрибьютеров компании Siemens и производителя контроллера Matrix возникли сложности с поставками оборудования и компонентами. У контроллера ПЛК 200 оптимальные, усредненные показатели технических характеристик, на основании этого данный контроллер будет применен для разработки проекта автоматизированной системы управления блочно-модульной газовой котельной. Внешний вид контроллера представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид контроллера ПЛК 200

2.2.1 Выбор преобразователей температуры

В данной системе необходимо измерять уровень, давление и температуру в различных точках. Поскольку, в данном проекте температура не превышает двухсот градусов Цельсия, то для измерения температуры наиболее подходящим первичным преобразователем будет термометр сопротивления с выходным цифровым сигналом. Применение датчиков со встроенным аналогово-цифровым преобразователем позволяет проводить более точные измерения контролируемых величин. Выбор будет производиться между Овен ДТС, Элемер ТПУ, сравнительные характеристики которых представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение технических характеристик преобразователей температуры

Название/параметр	ОВЕН ДТС075М.РС	Элемер ТПУ 0304
Номинальная статическая характеристика	50М,100М,50П, 100П, Pt100	Pt100
Время установления рабочего режима	10 минут	15 минут
Степень защиты	IP54	IP54
Наработка на отказ ч.	До 50 000 ч	До 70000 ч
Стоимость	11 000	21 000

Проанализировав представленные в таблице характеристики и учитывая особенности технологического процесса наиболее подходящей моделью термометров сопротивления будет ОВЕН ДТС075М.РС. Данный преобразователь температуры имеет номинальную статическую характеристику 100П, наиболее подходящую для реализации данного технологического процесса. Также он имеет преимущество в стоимости и установлении рабочего режима. Внешний вид преобразователя сопротивления представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Термометр сопротивления ОВЕН ДТС075М.РС

2.2.2 Выбор преобразователей давления

Выбор приборов для измерения давления будет произведен среди следующих преобразователей: Овен ПД100И RS-485, Элемер АИР-20/М2-МВ. Сравнительные характеристики преобразователей давления представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение технических характеристик преобразователей давления

Наименование /параметр	Овен ПД100И RS-485	АИР-20/М2-МВ
Измеряемая среда	жидкость	жидкость
Наработка на отказ ч.	До 50000 ч	До 100000 ч
Температура измеряемой среды	До 100 °С	До 140 °С
Выходной сигнал	RS-485	RS-485
Степень защиты	IP65	IP65
Стоимость, руб	28 000	27 000

Проанализировав представленные в таблице характеристики и учитывая особенности технологического процесса, для измерения давления был выбран преобразователь давления АИР-20/М2-МВ представленный на рисунке 4.



Рисунок 4 – Преобразователь давления АИР-20/М2-МВ

АИР-20/М2-МВ соответствует требованиям технологического процесса в виде температуры контролируемой среды. Также у выбранного преобразователя вдвое выше срок эксплуатации.

2.2.3 Выбор преобразователей уровня

Для получения информации об уровне какой-либо жидкости, находящейся в ёмкости, используются специальные измерительные средства – датчики уровня, иначе «уровнемеры».

Многообразие типов датчиков измерения уровня, объясняется тем, что различные контролируемые жидкости имеют различные свойства, и для измерения их уровня в уровнемерах используются принципы действия, основанные также на различных физических методах, в зависимости от контролируемой жидкости. Для сравнения рассмотрим датчики Метран Rosemount 3300 и ПДУ-RS характеристики, которых представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнение технических характеристик преобразователей уровня

Наименование/параметр	Метран Rosemount 3300	ПДУ-RS
Материал	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь
Максимальная рабочая температура	(0-150) °С	(0-130) °С
Выходной сигнал	RS-485	RS-485
Степень защиты	IP65	IP65
Срок службы	9 лет	10 лет
Стоимость, руб	21 000	19 000

Для измерения уровня будет применен датчик ПДУ-RS, поскольку он наиболее точно подходит для реализации работы системы. Температура измеряемой среды наиболее приближена к измеряемой, выше срок службы и наиболее приемлемая цена. Внешний вид уровнемера представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – датчик уровня ОВЕН ДУ

2.2.4 Выбор исполнительных механизмов

Для регулирования температуры в данном технологическом процессе применяются задвижки с электроприводом. Для корректного подбора оборудования в таблице 5 будут приведены сравнительные характеристики для следующих исполнительных механизмов: Гранрар KR15 и VANTA 24-006-908

Таблица 6 – Сравнение технических характеристик исполнительных механизмов

Наименование/параметр	VANTA 24-006-908	Гранрар KR15
Момент на валу	70 Нм	80 Нм
Максимальная рабочая температура	(0-120) °С	(0-120) °С
Время открытия	60 сек.	40 сек.
Степень защиты	IP65	IP65
Срок службы	9 лет	10 лет
Стоимость, руб	164 000	134 000

Исходя из данных представленных в таблице 6, следует вывод, что оптимально подходящим по цене и производительности является исполнительный механизм Гранрар KR15. Внешний вид исполнительного механизма представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Внешний вид исполнительного механизма Гранрап KR 15

2.2.5 Выбор сигнализаторов загазованности

Сигнализаторы загазованности применяются в помещении котельного зала для контроля утечек метана. Необходимо, чтобы сигнал от сигнализатора был цифровой и это позволило бы оператору контролировать данный параметр в режиме реального времени. Для корректного подбора оборудования в таблице 7 будут представлены сравнительные характеристики для следующих сигнализаторов загазованности: Seitron SGWME0NX и ОВЕН ДЗ-1-СН4

Таблица 7 – Сравнение технических характеристик сигнализаторов загазованности

Наименование/параметр	Seitron SGWME0NX	ДЗ-1-СН4
Диапазон измерения	(0-100) %	(0-100) %
Выходной сигнал	RS-485	(4-20) мА
Погрешность измерения	1,5 %	2 %
Радиус действия	55 м ²	50 м ²
Срок эксплуатации	10 лет	8 лет
Стоимость, руб.	12836	15600

Исходя из данных представленных в таблице 7, наиболее подходящим под технологические условия сигнализатором загазованности является Seitron SGWME0NX в связи с более обширным радиусом действия, наименьшей

погрешностью измерения и более длительным сроком эксплуатации. Внешний вид сигнализатора загазованности представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Внешний вид сигнализатора загазованности

2.3 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации, представленная в Приложении Б, является техническим документом, в котором определена функционально-блочная структура отдельных узлов автоматического регулирования технологического процесса. На функциональной схеме в виде условных изображений показаны все системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации разрабатываемой системы.

2.4 Схема внешних проводок

Схема внешних проводок – комбинированная схема, которая показывает электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании, вне щитов и на щитах, а также подключения проводок к приборам и щитам. Для данной выпускной квалификационной работы были разработаны две схемы внешних соединений: для силовых В и сигнальных приложение Г.

3 Разработка алгоритмов управления и экранных форм

3.1 Разработка алгоритмов управления

Разработка алгоритма управления является важнейшей частью автоматизированной системы управления технологическим процессом.

Для реализации работы автоматизированной системы управления технологическим процессом были реализованы следующие алгоритмы управления:

- алгоритм управления котловым каскадом;
- алгоритм регулирования технологического параметра.

3.1.1 Разработка алгоритма управления котловым каскадом

Для управления котловым каскадом был реализован следующий алгоритм работы. Если температура в котловом контуре опустилась ниже заданного значения, то запускается котловой агрегат с учетом некоторой задержки времени, которую задает оператор. Задержка на включение должна быть длительнее, чем на отключение котлового агрегата, это обусловлено элементарной техникой безопасности и условиями эксплуатации агрегата. При резком запуске котлового агрегата, заполненного холодной водой, можно повредить стенки котла и разорвать агрегат. При остановке допустимо использовать экстренное выключение. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 8.

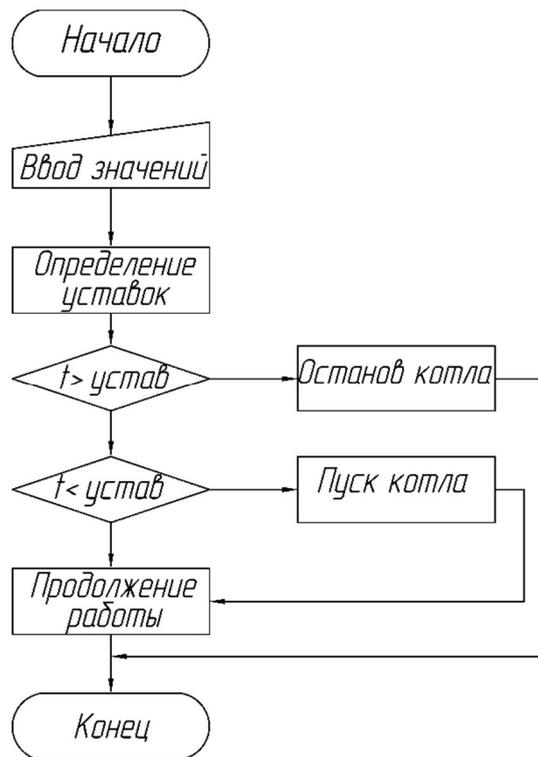


Рисунок 8 – Блок-схема алгоритма

3.1.2 Разработка алгоритма регулирования технологического параметра

Объектом регулирования в данном технологическом процессе является температура воды в трубопроводе Т4. Теплоноситель циркулируя по трубопроводам Т1 и Т2 с помощью теплообменников позиция К6 осуществляет нагрев воды в контуре отопления. Контроль температуры осуществляется с помощью датчика температуры позиция ТТ-15.

В контуре отопления поддерживается значение температуры согласно заданному установленному значению, при превышении температуры на выходе трубопровода подачи отопления ПЛК выдает управляющее воздействие на привод исполнительного механизма и осуществляет подпитку трубопровода подачи Т1 из обратного трубопровода Т2 тем самым понижая температуру перед теплообменником.

Первоначально необходимо рассчитать коэффициент передачи двигателя по следующей формуле:

$$k_{дв} = \frac{\omega_{двн}}{f_n}, \quad (1)$$

где f_n – частота питающих сетей;

$\omega_{двн}$ – номинальная угловая скорость вращения двигателя.

Исходя из технических данных двигателя подставляем значения в формулу 1, выражение будет иметь вид:

$$k_{дв} = \frac{16,23}{50} = 0,32 \frac{\text{об/мин}}{\text{Гц}}. \quad (2)$$

Постоянная времени будет равна $T_{дв} = 0.7$ с. Таким образом, можно записать передаточную функцию электродвигателя:

$$W_{дв}(s) = \frac{k_{дв}}{T_{дв} * s + 1} = \frac{0,32}{0.7 * s + 1}. \quad (3)$$

Задвижка с электроприводом представляет собой интегрирующее звено, преобразующее степень открытия в температуру. Передаточная функция имеет вид:

$$W_k = \frac{1}{s}. \quad (4)$$

Объектом управления является участок трубопровода после теплообменников Кб. Передаточная функция описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием:

$$W_{тр}(s) = \frac{k}{T * s + 1} * e^{-\tau_0 * s}, \quad (5)$$

$$\tau_0 = \frac{L * S}{Q_{вх}}, \quad (6)$$

$$T = \frac{2 * L * S * c^2}{Q_{вх}}, \quad (7)$$

$$c = \frac{Q_{вх}}{S} * \sqrt{\frac{\rho}{2 * \Delta p * g}}, \quad (8)$$

$$S = \frac{\pi * d^2}{4}, \quad (9)$$

где T- постоянная времени;

τ_0 – запаздывание;

S - площадь сечения трубы;

d – диаметр трубы;

L – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;

ρ – плотность жидкости.

Исходные данные представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Исходные данные

Диаметр трубы d, м	0,01 м
Длина трубопровода между датчиком и регулирующим органом L, м	10 м
Объемный расход $Q_{вх}$, м ³ /ч	45 м ³ /ч = 0,0125 м ³ /с
Перепад давления Δp , МПа	0,2 МПа = 20394,32 кгс/м ³
Скорость воды в трубопроводе γ , м/с	1,5 м/с
Плотность жидкости	997 кг/м ³

Определим площадь сечения трубопровода:

$$S = \frac{\pi * (0.1)^2}{4} \approx 0.0079 \text{ м}^2. \quad (10)$$

Далее необходимо рассчитать время запаздывания:

$$\tau_0 = \frac{10 * 0,007}{0,0125} = 5,6, \quad (11)$$

$$c = \frac{0.0125}{0.0079} * \sqrt{\frac{997}{2 * 20394,32 * 9.8}} = 0.079. \quad (12)$$

Далее рассчитаем постоянную времени:

$$T = \frac{2 * 10 * 0,0079 * 0.079^2}{0.0125} = 0.078. \quad (13)$$

Составим передаточную функцию трубопровода:

$$W_{тп}(s) = \frac{1}{0,078 * s + 1} * e^{-\tau_0 * s}. \quad (14)$$

Редуктор представлен безынерционным звеном с коэффициентом 0,03. Смоделированная модуль системы в Simulink представлена на рисунке 9.

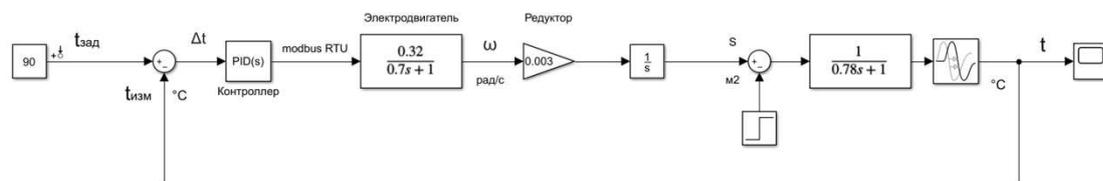


Рисунок 9 – Модель системы автоматического регулирования в Simulink

Далее необходимо настроить ПИД-регулятор и подобрать корректные коэффициенты, для этого используем средства математического пакета Matlab.

Полученные коэффициенты представлены на рисунке 10.

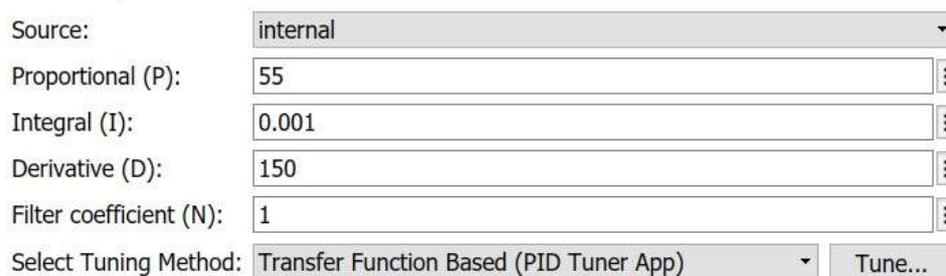


Рисунок 10 – Коэффициенты ПИД-регулятора

После настройки ПИД-регулятор необходимо запустить симуляцию. Показания осциллографа представлены на рисунке 11.

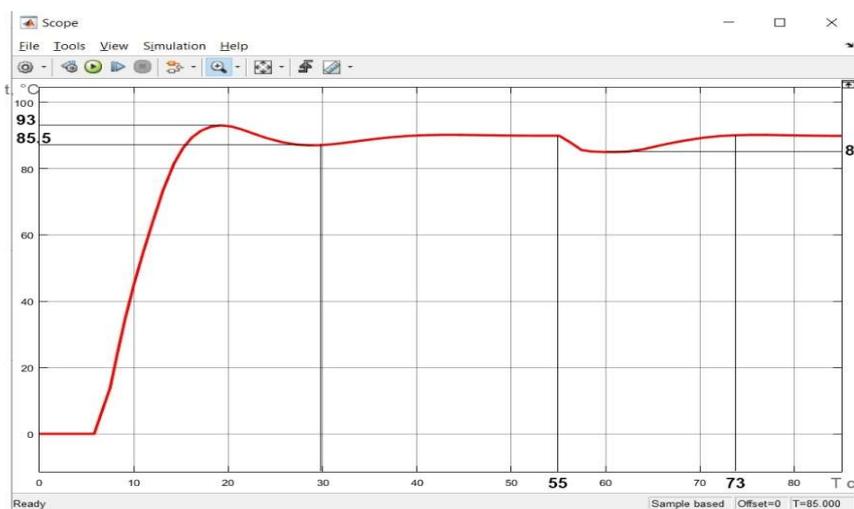


Рисунок 11 – Переходный процесс с возмущающим воздействием

Исходя из показаний графика на рисунке 11 следует, что время переходного процесса составляет 30 с. Время перерегулирования 3,33 с. После воздействия ступенчатого воздействия на 55 секунде время переходного процесса составляет 18 секунд. На основании вышесказанного следует вывод, что система удовлетворяет прямым и косвенным показателем качества, так как после отклонения вызванным внешним воздействием система вновь возвращается в единицу.

3.2 Разработка экранных форм

Управление автоматизированной системы осуществляется с использованием SCADA-системы Simple-SCADA.

Simple-SCADA – это программный продукт предназначенный для разработки и обеспечения сбора, обработки, отображения и хранения данных в режиме реального времени. Алгоритм управления автоматизированной системой выполнен в среде разработки CoDeSys v.3.5.

На рисунке 12 представлена экранная форма управления блочно-модульной газовой котельной установки.

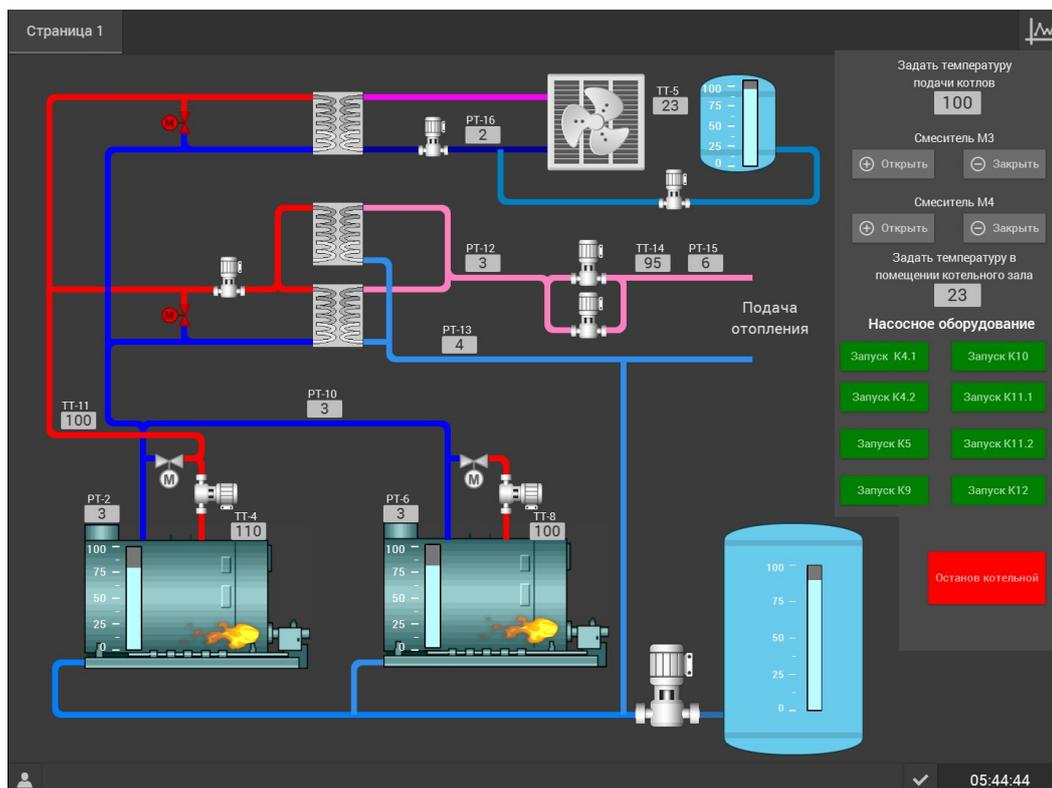


Рисунок 12 – Экранная форма управления АС котельной

Отображение значений технологических параметров осуществляется в соответствии с функциональной схемой автоматизации блочно-модульной газовой котельной.

В правой части экранной формы располагаются элементы управления, где задается температура подачи котлового контура, осуществляется ручное открытие и закрытие приводов и включение насосных аппаратов. В самом низу располагается кнопка аварийной остановки котельной.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки.
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель работы – оценка полных денежных затрат необходимых для исследования автоматизированной системы управления блочно-модульной газовой котельной установкой, а также дать приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

4.2 Технология QuaD

Анализ конкурирующих разработок помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Котельные установки, с помощью которых осуществляется отопление производственных помещений и жилых зданий и сооружений соответствуют следующим критериям:

- надежность, способность приборов и аппаратов безаварийно выполнять требуемые функции в заданных условиях;
- безопасность эксплуатации, осуществление защиты оборудования и приборов от аварий и чрезвычайных ситуаций;
- экологичность, минимальное негативное воздействие на окружающую среду;
- компактность, модульные водогрейные котельные, применяемые для снабжения горячим водоснабжением и отоплением жилых комплексов и предприятий с небольшой площадью земельного участка
- точность, способность приборов и аппаратов поддерживать строго заданный температурный график.

Критерии оценки блочно-модульной газовой котельной установки указаны в таблице 9.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
Надежность	0,3	100	100	1	30
Безопасность эксплуатации	0,2	90	100	0,9	18
Экологичность	0,2	90	100	0,9	18
Компактность	0,1	80	100	0,8	8
Точность	0,2	90	100	0,9	18
Итого	1	450	500	4,5	92

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i * B_i, \quad (15)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – это средневзвешенное значение i -го показателя.

$$P_{cp} = \sum B_i * B_i = (0,3 * 100) + (0,2 * 90) + (0,2 * 90) + (0,2 * 90) + (0,1 * 90) + (0,2 * 90) = 30 + 18 + 18 + 8 + 18 = 92. \quad (16)$$

На основании полученных данных средневзвешенного значения показателя качества и перспективности научной разработки $P_{cp} = 92$ следует вывод, разрабатываемая автоматизированная система управления блочно-модульной газовой котельной является перспективной.

4.3 SWOT-анализ

Следующим этапом является комплексный анализ внешней и внутренней среды проекта с помощью технологии SWOT, который проводится в несколько шагов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

Слабая сторона – это недостаток, упущение или ограниченность проекта, который препятствуют достижению его целей.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. Результаты проведенного первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты проведенного первого этапа SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1 Актуальность применения разрабатываемой системы. С2 Заявленная надежность. С3 Мобильность разрабатываемого объекта. С4 Доступность программного обеспечения.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1 Высокая квалификация специалистов Сл2 Длительный срок поставки оборудования Сл3 Ограниченная мощность Сл4 Длительные сроки согласования с надзорными органами
Возможности: В1 Возможность модернизации. В2 Широкая область применения. В3 Сотрудничество с международными организациями. В4 Допускается использовать проект как типовой.		
Угрозы: У1 Проблемы поставки зарубежного оборудования У2 Развитая конкуренция технологий на рынке У3 Введения дополнительных государственных требований к выполнению проекта автоматизации котельной У4 Отсутствие спроса на новые технологии производства.		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT представленных в таблице 11.

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	-
	B2	+	+	+	-
	B3	-	-	-	+
	B4	-	-	+	-

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в таблице 12.

Таблица 12 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: C1 Актуальность применения разрабатываемой системы. C2 Заявленная надежность. C3 Мобильность разрабатываемого объекта. C4 Доступность программного обеспечения.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1 Высокая квалификация специалистов Сл2 Длительный срок поставки оборудования Сл3 Ограниченная мощность Сл4 Длительные сроки согласования с надзорными органами
Возможности: B1 Возможность модернизации. B2 Широкая область применения. B3 Сотрудничество с международными организациями. B4 Допускается использовать проект как типовой для энергетики	B1C3B2C4 – короткие сроки разработки проекта и строительства объекта	B1Сл3 – учитывать дальнейшую модернизацию при разработке проектного решения
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Неустойчивая экономическая ситуация к сертификации продукции	У2С2 – повышение надежности систем и аппаратов газовой котельной	У3Сл4 – при проектировании учитывать требования действующих нормативных документов и рекомендации надзорных органов

4.4 Структура работ в рамках научного исследования

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ и определяются их исполнители.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследования	1	Выбор направления исследований	Руководитель проекта Инженер
	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Календарное планирование работ по теме	Инженер Руководитель проекта
Разработка технического задания на проектирование	4	Составление технического задания на проектирование	Руководитель проекта
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Обзор литературы по теме	Инженер
	6	Разработка системы автоматического управления газовой котельной	Инженер
	7	Оценивание правильности полученных данных путем сравнения их с существующими экспериментальными значениями	Руководитель проекта Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель проекта

Продолжение таблицы 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка функциональной схемы, принципиальной схемы, блок-схемы	Инженер
	10	Оценка эффективности модели	Инженер
	11	Составление пояснительной записки	Инженер
	12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Руководитель проекта Инженер
Оформление отчета по работе	13	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Инженер Руководитель проекта
	14	Подведение итогов, оформление работы	Инженер

4.5 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{min i}}{5}, \quad (17)$$

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

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

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 1 + 2 * 3}{5} = 1,8 \text{ чел. -дн.} \quad (18)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4 \text{ чел. -дн.} \quad (19)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.} \quad (20)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 4 + 2 * 6}{5} = 4,8 \text{ чел. -дн.} \quad (21)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 6 + 2 * 9}{5} = 7,2 \text{ чел. -дн.} \quad (22)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 6 + 2 * 9}{5} = 7,2 \text{ чел. -дн.} \quad (23)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4 \text{ чел. -дн.} \quad (24)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 2 + 2 * 4}{5} = 2,8 \text{ чел. -дн.} \quad (25)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.} \quad (26)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4 \text{ чел. -дн.} \quad (27)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 11-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 10 + 2 * 15}{5} = 12 \text{ чел. -дн.} \quad (28)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 12-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 5 + 2 * 7}{5} = 5,8 \text{ чел. -дн.} \quad (29)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 13-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 3 + 2 * 5}{5} = 3,8 \text{ чел. -дн.} \quad (30)$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 14-й работы составило:

$$t_{\text{ож.1}} = \frac{3 * 4 + 2 * 6}{5} = 4,8 \text{ чел. -дн.} \quad (31)$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{q_i}, \quad (32)$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Продолжительность 1-й работы:

$$T_{pi} = \frac{1,8}{2} = 1 \text{ раб. дн.} \quad (33)$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{pi} = \frac{1,4}{1} = 1 \text{ раб. дн.} \quad (34)$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{pi} = \frac{2,4}{2} = 1 \text{ раб. дн.} \quad (35)$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{pi} = \frac{4,8}{1} = 5 \text{ раб. дн.} \quad (36)$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{pi} = \frac{7,2}{1} = 7 \text{ раб. дн.} \quad (37)$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{pi} = \frac{7,2}{1} = 7 \text{ раб. дн.} \quad (38)$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{pi} = \frac{1,4}{2} = 1 \text{ раб. дн.} \quad (39)$$

Продолжительность 8-й работы:

$$T_{pi} = \frac{2,8}{1} = 3 \text{ раб. дн.} \quad (40)$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{pi} = \frac{2,4}{1} = 2 \text{ раб. дн.} \quad (41)$$

Продолжительность 10-й работы:

$$T_{pi} = \frac{1,4}{1} = 1 \text{ раб. дн.} \quad (42)$$

Продолжительность 11-й работы:

$$T_{pi} = \frac{12}{1} = 12 \text{ раб. дн.} \quad (43)$$

Продолжительность 12-й работы:

$$T_{pi} = \frac{5,8}{2} = 3 \text{ раб. дн.} \quad (44)$$

Продолжительность 13-й работы:

$$T_{pi} = \frac{3,8}{2} = 2 \text{ раб. дн.} \quad (45)$$

Продолжительность 14-й работы:

$$T_{pi} = \frac{4,8}{2} = 2 \text{ раб. дн.} \quad (46)$$

Наиболее трудоемкими и продолжительными этапами работы являются этапы 5,6 и 11.

4.6 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (47)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (48)$$

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

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

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

Коэффициент календарности в 2022 году составляет:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,477. \quad (49)$$

Продолжительность выполнения 1-й работы в календарных днях

$$Tk_1 = 1 * 1.477 = 1 \text{ кал. дн.} \quad (50)$$

Продолжительность выполнения 2-й работы в календарных днях

$$Tk_2 = 1 * 1.477 = 1 \text{ кал. дн.} \quad (51)$$

Продолжительность выполнения 3-й работы в календарных днях

$$Tk_3 = 1 * 1.477 = 1 \text{ кал. дн.} \quad (52)$$

Продолжительность выполнения 4-й работы в календарных днях

$$Tk_4 = 5 * 1.477 = 7 \text{ кал. дн.} \quad (53)$$

Продолжительность выполнения 5-й работы в календарных днях

$$Tk_5 = 7 * 1.477 = 10 \text{ кал. дн.} \quad (54)$$

Продолжительность выполнения 6-й работы в календарных днях

$$Tk_6 = 1 * 1.477 = 10 \text{ кал. дн.} \quad (55)$$

Продолжительность выполнения 7-й работы в календарных днях

$$Tk_7 = 1 * 1.477 = 1 \text{ кал. дн.} \quad (56)$$

Продолжительность выполнения 8-й работы в календарных днях

$$Tk_8 = 3 * 1.477 = 4 \text{ кал. дн.} \quad (57)$$

Продолжительность выполнения 9-й работы в календарных днях

$$Tk_9 = 2 * 1.477 = 3 \text{ кал. дн.} \quad (58)$$

Продолжительность выполнения 10-й работы в календарных днях

$$Tk_{10} = 1 * 1.477 = 1 \text{ кал. дн.} \quad (59)$$

Продолжительность выполнения 11-й работы в календарных днях

$$Tk_{11} = 12 * 1.477 = 20 \text{ кал. дн.} \quad (60)$$

Продолжительность выполнения 12-й работы в календарных днях

$$T_{k_{12}} = 3 * 1.477 = 4 \text{ кал. дн.} \quad (61)$$

Продолжительность выполнения 13-й работы в календарных днях

$$T_{k_{13}} = 2 * 1.477 = 3 \text{ кал. дн.} \quad (62)$$

Продолжительность выполнения 14-й работы в календарных днях

$$T_{k_{14}} = 2 * 1.477 = 3 \text{ кал. дн.} \quad (63)$$

Все значения, полученные при расчетах по вышеприведенным формулам, были сведены в таблице 14.

Таблица 14 – Временные показатели проведенного исследования

№	Название	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	Исполнитель
		t_{min}	t_{max}	$t_{ожi}$			
1	Выбор направления исследований	1	3	1,8	1	1	Руководитель проекта Инженер
2	Подбор и изучение материалов по теме	1	2	1,4	1	1	Инженер
3	Календарное планирование работ по теме	2	3	2,4	1	1	Руководитель проекта Инженер
4	Составление технического задания на проектирование	4	6	4,8	5	7	Руководитель проекта
5	Обзор литературы по теме	6	9	7,2	7	10	Инженер
6	Разработка системы автоматического управления газовой котельной	6	9	7,2	7	10	Инженер
7	Оценивание правильности полученных данных путем сравнения их с существующими экспериментальными значениями	1	2	1,4	1	1	Руководитель проекта Инженер
8	Определение целесообразности проведения ОКР	2	4	2,8	3	4	Руководитель проекта
9	Разработка функциональной схемы, принципиальной схемы, блок-схемы	2	3	2,4	2	3	Инженер

Продолжение таблицы 14 – Временные показатели проведенного исследования

№	Название	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	Исполнитель
		t_{min}	t_{max}	$t_{ожi}$			
10	Оценка эффективности модели	1	2	1,4	1	1	Инженер
11	Составление пояснительной записки	10	15	12	12	20	Инженер
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	5	7	5,7	3	4	Руководитель проекта Инженер
13	Согласование выполненной работы с научным руководителем	3	5	3,8	2	3	Руководитель проекта Инженер
14	Подведение итогов, оформление работы	4	6	4,8	2	3	Инженер

На основе таблицы 14 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта и представлен на рисунке 11 с разбивкой по месяцам и неделям за период времени дипломирования.



Рисунок 11 – Календарный план-график

4.7 Расчет материальных затрат НИИ

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{рас\ xi}, \quad (64)$$

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

$N_{рас\ xi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 15.

Таблица 15 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага	Пачка	1	800	800
Печать на листе А4	шт.	150	3.5	450
Карандаш	шт.	2	10	20
Ластик	шт.	1	10	10
Учебная литература	шт.	5	600	1000
Итого				4280

Допустим, что коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы составляет 15 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом коэффициента равны:

$$Z_M = 1,15 * 4280 = 4\,922,00 \text{ руб.} \quad (65)$$

4.7.1 Расчет амортизации оборудования для экспериментальных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Для проведения эксперимента было использовано оборудование, представленное в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Ноутбук Acer	1	5	54	54
Итого	54 тыс. руб.				

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$N_A = \frac{1}{n}, \quad (66)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{N_A * I}{251} * T_{об\ i}, \quad (67)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

$T_{об\ i}$ – время использования оборудования, дни.

Рассчитаем амортизацию для ноутбука Acer, с учётом, что срок полезного использования 5 лет:

$$A = \frac{N_A * I}{251} * T_{об\ i} = \frac{0,1 * 54000}{251} * 69 = 1484,5 \text{ руб.} \quad (68)$$

Для манипулятора-мыши расчет амортизации не выполняется, так как ее стоимость составляет 3 тыс.руб., что менее 40 тыс. руб. в затратах ее учитываем по полной стоимости.

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 1484,5 \text{ руб.}$$

4.7.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 18.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (69)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя проекта от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} + Т_p, \quad (70)$$

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

$Т_p$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 14);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_M * M}{F_d}, \quad (71)$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 28 раб. дня $M = 11,1$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель проекта	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	67	118
Потери рабочего времени на отпуск	56	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	242	219

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{\text{окл}} * k_p, \quad (72)$$

где $Z_{\text{окл}}$ – оклад, руб.;

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

Месячный должностной оклад руководителя проекта:

$$Z_M = 37000 * 1,3 = 48100 \text{ руб.} \quad (73)$$

Месячный должностной оклад инженера:

$$Z_M = 28000 * 1,3 = 36400 \text{ руб.} \quad (74)$$

Научный руководитель имеет должность доцента и степень кандидата технических наук оклад на весну 2022 год составлял 48100 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 50168,3 руб.

Оклад инженера на весну 2022 года составил 36400 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 37965,2 руб.

Таблица 18 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_t	$Z_{\text{окл}}$,руб.	k_p	Z_M ,руб	$Z_{\text{дн}}$,руб.	$T_{\text{р.раб. дн.}}$	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель проекта			50168,3	1,3	65 218,7	2802,7	21	58856,7
Инженер	–	–	37965,2		49354,7	2501,5	61	152591,5
Итого $Z_{\text{осн}}$								211448,2

4.7.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (75)$$

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

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Руководитель проекта	0,12	58856,7	7 062
Инженер		152591,5	18310,9
Итого			25372,9

4.7.4 Накладные расходы

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (76)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель проекта	Инженер
Основная заработная плата, руб.	58856,7	152591,5
Дополнительная заработная плата, руб.	7 062	18310,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Сумма отчислений	17863,9	46314,5
Итого	64178,4	

4.7.5 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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) * k_{\text{нр}}, \quad (77)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (4280 + 1484,5 + 211448,2 + 25372,9 + 64178,4) * 0,16 \quad (78) \\ &= 49082,09. \end{aligned}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	4280
2. Затраты на амортизацию оборудования.	1484,5
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	211448,2

Продолжение таблицы 21 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	25372,9
5. Отчисления во внебюджетные фонды	64178,4
6. Накладные расходы	49082
7. Бюджет затрат НИИ	355846

4.8 Определение ресурсоэффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 22). 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 как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{\text{р}i}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (79)$$

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

$\Phi_{\text{р}i}$ – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

В качестве вариантов разработки автоматизированной системы управления блочно-модульной газовой котельной установкой выбраны следующие методы:

1. Разработка кода выполняется в программном комплексе CodeSyS, графическая часть проекта выполнена в системе автоматизированного проектирования AutoCad.

2. Разработка кода выполняется в программном комплексе SMLogix, графическая часть проекта выполнена в системе автоматизированного

проектирования AutoCad. 3D моделирование котельной выполняется в программном комплексе SolidWorks

3. Разработка кода выполняется в программном обеспечении Simatic Step 7, графическая часть проекта выполнена в системе автоматизированного проектирования AutoCad. 3D моделирование котельной выполняется в программном комплексе SolidWorks.

Каждый представленный вариант представленный выше подразумевает более детальную разработку. Разработка газовой котельной в 3D подразумевает платное обучение сотрудника и соответственно, растет стоимость проекта, время разработки и повышается качество разрабатываемого проекта.

Третий вариант подразумевает разработку автоматизированной системы на базе контроллера от компании Siemens. Программное обеспечение от этого производителя платное и дорогостоящее, в связи с этим возрастет стоимость разработки и, соответственно, стоимость изготовления котельной.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{355846}{500000} = 0,71, \quad (80)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{450000}{500000} = 0,9, \quad (81)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{480000}{500000} = 0,96. \quad (82)$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

4.8.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (83)$$

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 – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Надежность	0,3	5	5	5
Безопасность эксплуатации	0,2	4	5	5
Экологичность	0,2	4	4	5
Компактность	0,1	4	3	5
Точность	0,2	5	3	5
Надежность	0,3	5	4	4
Безопасность эксплуатации	0,2	5	4	5
ИТОГО	1	32	31	34

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0.3 * 5 + 0.2 * 4 + 0.2 * 4 + 0.1 * 4 + 0.2 * 5 + 0.3 * 5 + 0.2 * 5 = 7, \quad (84)$$

$$I_{p2} = 0.3 * 5 + 0.2 * 5 + 0.2 * 4 + 0.1 * 3 + 0.2 * 3 + 0.3 * 4 + 0.2 * 4 = 6.2, \quad (85)$$

$$I_{p3} = 0.3 * 5 + 0.2 * 5 + 0.2 * 5 + 0.1 * 5 + 0.2 * 5 + 0.3 * 4 + 0.2 * 5 = 7.2. \quad (86)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр}}}, \quad (87)$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{7}{0,71} = 9,85, \quad (88)$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{6,2}{0,9} = 6,88, \quad (89)$$

$$I_{\text{исп.3}} = \frac{7,2}{0,96} = 7,5. \quad (90)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта представленных в таблице 23 и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{р-исп.2}}}. \quad (91)$$

Таблица 23 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,71	0,9	0,96
2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	7	6,2	7,2
3	Интегральный показатель эффективности	9,85	6,88	7,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,91	0,76

4.9 Выводы по разделу финансовый менеджмент

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1 При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя проекта и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее

количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 61 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель – 21;

2 Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 355 846 руб;

3 По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

- Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,71, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;

- Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 7, по сравнению с 6,2 и 7,2;

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 9,85, по сравнению с 6,88 и 7,5, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

5 Социальная ответственность

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данной выпускной квалификационной работе главной задачей является разработка автоматизированной системы управления блочно-модульной газовой котельной установкой.

Постоянно присутствующий персонал котельной находится в отделенном от технологического оборудования помещении – диспетчерской. Диспетчерская представляет собой помещение площадью 16 м² и высотой потолка 2,8 м. Стены помещения изготовлены из негорючих сэндвич-панелей. Диспетчерская имеет естественное освещение за счет одного окна шириной 1430 мм и высотой 1400 мм и искусственное освещение, обеспечиваемое четырьмя светодиодными, линейными светильниками мощностью 34 Вт. В данном помещении располагаются: шкаф для хранения рабочей одежды и средств индивидуальной защиты, рабочий стол, персональный компьютер, с помощью которого осуществляется управление технологическим процессом.

Согласно ГОСТ Р ИСО 26000-2012 социальная ответственность (social responsibility) [19] Ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

Нормы безопасности эксплуатируемых котельных определяются следующими нормативными документами:

СП 89.13330.2012 Котельные установки [20];

Приказ №115 от 24.03.2003г «Об утверждении правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок» [21];

ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [22];

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 25.02.2022) [23];

5.2 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой блочно-модульной газовой котельной установке представлены в таблице 24.

Таблица 24 – возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора

Факторы (ГОСТ 12.0.003.2015)	Тип фактора	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с поражением электрическим током	Опасный производственный фактор	ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность» [24]
Пожаровзрывоопасные факторы	Опасный производственный фактор	ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [22]
Термические опасные факторы	Опасный производственный фактор	СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» [25]
Недостаточная освещенность рабочего места	Вредный производственный фактор	СП 52.13330.201 «Естественное и искусственное освещение» [26]
Повышенный шум	Вредный производственный фактор	ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [27]
Повышенный уровень общей вибрации	Вредный производственный фактор	ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования» [28]
Вредные вещества 1-4 класса	Вредный производственный фактор	ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» [29]

5.3 Опасные производственные факторы

5.3.1 Поражение электрическим током

Электробезопасность – это комплекс организационно-технических, мероприятий, направленных на защиту работника от поражения электрическим током.

В помещении диспетчерской источником поражения электрическим током может быть компьютер или электроустановочные устройства.

В помещении котельного зала источником поражения электрическим током являются:

- прикосновение к токопроводящим частям находящимися под напряжением;
- пробой изоляции кабеля.

В обязанности оператора не входит обслуживание приборов и электроустановок. Исходя из этого, главным средством защиты оператора от поражения электрическим током являются средства коллективной защиты.

В качестве коллективных средств защиты от поражения электрическим током работника применены следующие меры:

- инструктаж по технике безопасности;
- предупреждающие знаки безопасности на всех приборах и установках, работающих от электрической сети.

Система уравнивания потенциалов и защитное зануление. Согласно ПУЭ 7-го издания [30] на котельных предусматривается защитное соединение проводящих частей для достижения равенства потенциалов для обеспечения электробезопасности. Защитное зануление выполняется в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность» [24]. Зануление осуществляется за счет подключения нулевого провода питающей сети к токопроводящей части прибора или установки. При возникновении пробоя изоляции, на нулевом проводе

появляется электрический ток и плавкий предохранитель отключает питание подключенного прибора или установки.

Воздействие электрического тока на организм может быть тепловым, биологическим, химическим и механическим. Тепловое воздействие подразумевает термические ожоги, биологическое воздействие заключается в отказе нервной системы, остановке сердца, химическое воздействие осуществляется на кровь человека вызывая электролиз, механическое воздействие включает в себя разрыв мягких тканей от удара электрическим током.

5.3.2 Пожаровзрывоопасные факторы

Пожарная безопасность – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара [22].

Источниками возникновения пожаровзрывоопасной ситуации в помещении операторской котельной являются:

- короткое замыкание;
- ошибочные действия оператора;
- взрыв в следствии превышения порога загазованности метаном.

Источниками возникновения пожара в помещении котельного зала являются:

- короткое замыкание;
- некорректная работа оборудования;
- возгорание и взрыв в следствии превышения порога загазованности метаном.

При возникновении пожаровзрывоопасной ситуации на объекте, оператор должен действовать строго по инструкции, во избежание травм, отравления или гибели.

Порядок действий при возникновении пожара в помещении операторской или котельного зала определяется инструктажем по технике безопасности.

К коллективным средствам защиты от пожаровзрывоопасной ситуации в помещении котельного зала и операторской относится следующее:

- система пожарной сигнализации;
- порошковые огнетушители ОП-4;
- система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- система автоматического контроля загазованности;
- инструктаж по технике безопасности;

5.3.3 Термические опасные факторы

Термические опасные факторы на проектируемом производственном объекте являются термические ожоги. Основной рабочей зоной оператора является помещение операторской, в данном помещении термический ожог можно получить лишь в следствии короткого замыкания персонального компьютера, при условии, что оператор коснется токопроводящих частей в момент короткого замыкания. Второй рабочей зоной является помещение котельного зала. В течении рабочей смены оператор должен соблюдать определенное количество обходов котельного зала. Неизолированными частями оборудования в помещении котельного зала являются передняя и задняя стенка котлового агрегата, дымовая труба, предохранительные клапана, фланцевые соединения.

Средствами индивидуальной защиты работника является: спецодежда (специальная униформа, накидки, халаты), защита головы (каска, шапки, шлемы), защитная обувь (сапоги, ботинки), средства защиты рук (перчатки, рукавицы).

5.4 Вредные производственные факторы

5.4.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочего места оператора является одним из основных вредных факторов.

Недостаточная освещенность негативное влияние на органы зрения работника, а также, может стать причиной травматизма. Освещенность рабочего места оператора должно позволять оператору следить за процессом работы не напрягая зрение. Причиной недостаточной освещенности в помещении котельного зала или операторской могут быть ошибки проектного решения или неправильное эксплуатация осветительных приборов.

Согласно нормативному документу [26], в помещении операторской котельной общая освещенность должна быть не менее 300 люкс.

Естественное освещение в помещении диспетчерской котельной предусматривается за счет установленного окна в помещении.

Искусственное освещение представляет собой установку в помещении светильников с учетом требований вышеуказанного нормативного документа.

Аварийное освещение предусматривается непосредственно в котельном зале должно обеспечиваться осветительным оборудованием во взрывозащищенном исполнении и подключаться к независимому источнику питания. Освещенность при работе аварийного освещения должна составлять не менее 5 % рабочего освещения и не менее 2 люкс.

5.4.2 Повышенный уровень шума

Повышенный уровень шума в помещении операторской котельной может привести к нарушению работы слуховых органов сотрудников и стать фактором стресса.

Источниками шума в котельном зале являются: вентилятор горелки, горелочное устройство, насосное оборудование, работа предохранительных клапанов. В помещении операторской источниками шума является персональный компьютер и приточный вентилятор.

Согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [27] уровень шума в производственном помещении не должен превышать 80 дБ.

На данном производственном объекте для предотвращения негативного воздействия шума на органы слуха работников применяются средства индивидуальной защиты, такие как беруши и противочумные наушники.

5.4.3 Повышенный уровень общей вибрации

Общая вибрация – это вибрация, передаваемая через части тело человека при соприкосновении с источником вибрации.

Общая вибрация при длительном воздействии на человека приводит к различным нарушениям в работе организма человека, от негативных воздействий на нервную систему, до нарушения работы сердечно-сосудистой системы работника.

Источниками вибраций на котельной являются котловые агрегаты, насосные группы, горелочные устройства.

Действующим нормативным документом является ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования» [28].

Уменьшение вибрации достигается применением виброизоляции, что значительно снижает передачу вибрации от источника к фундаменту и полу. В соединениях трубопроводов, воздухопроводов установлены вибровставки в виде гибких вставок.

5.4.4 Вредные вещества 1-4 класса

К вредным веществам 1-4 класса [29] относятся реагенты химической водоподготовки HydroChem 120, HydroChem 140, данные реагенты не вредят окружающей среде, но опасны при проглатывании, попадании в глаза и на незащищенную кожу. Попадание реагентов на незащищенную кожу оператора или слизистую глаза повлечет за собой химический ожог, нарушение работы органов зрения.

Оператор должен следить за уровнем веществ в резервуарах и своевременно пополнять расходные емкости соответствующим реагентом.

Перед выполнением действий, описанных выше оператор должен пройти обучение и ознакомиться с инструкцией по работе с химическими реагентами.

Средствами коллективной защиты являются:

- инструктаж по технике безопасности при работе с химическими веществами;
- предупреждающие знаки безопасности на оборудовании химической водоподготовки.

Средствами индивидуальной защиты является:

- средства защиты рук (прорезиненные защитные перчатки);
- средства защиты лица (защитные очки и забрала).

5.5 Экологическая безопасность

Согласно федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.09.1997 N 116-ФЗ [31] газовая котельная является опасным производственным объектом.

Исходя из данных представленных в СанПин 2.2.1./2.1.1.1200-03 [32] вокруг котельной должна предусматриваться санитарная зона в радиусе 50м вокруг здания котельной.

Источниками загрязнения окружающей среды на модульной водогрейной котельной являются: твердые бытовые отходы в виде емкостей из-под химических реагентов, раствор для промывки трубопроводов и теплообменных аппаратов, утечка метана и выброс продуктов сгорания метана, химические вещества, используемые для промывки теплообменных аппаратов и трубопроводов.

Твердые бытовые отходы необходимо утилизировать с помощью лицензированных компаний специализирующихся на утилизации отходов. Самостоятельно утилизировать емкости с остатками химических реагентов запрещается. В местах хранения химических реагентов и их отходов необходимо осуществлять контроль загрязнения почвы ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы (ССОП). «Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения» [33] во избежание загрязнения почвы.

При промывке систем водоснабжения и отопления для удаления коррозии внутри трубопровода применяются растворы кислот и щелочей. Данные растворы имеют пагубное влияние на флору и фауну. В независимости от объемов раствора необходимо утилизировать его с помощью специальной службы утилизации производственных отходов. В случае, если отходы были утилизированы ненадлежащим образом, необходимо осуществлять контроль уровня загрязнения в соответствии с ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). «Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков» [34] и при необходимости обратиться в службу по ликвидации экологических загрязнений.

Основным источником загрязнения окружающей среды на котельной является дымовая труба котельной. Согласно федеральному закону «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ [35] осуществляется нормирование в области охраны окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при ведении хозяйственной и иной деятельности, и осуществляется в целях государственного регулирования этого воздействия,

гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности.

При выполнении пусконаладочных работ на котельной установке, настройка горелочного устройства выполняется с учетом минимизации выбросов в атмосферу окиси углерода, диоксида и оксида азота. Контроль уровня загрязнения атмосферы необходимо осуществлять в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. «Правила контроля качества воздуха населенных пунктов» [36].

5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно федеральному закону от 21.12.1994 N 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [37] чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Возможные чрезвычайные ситуации при эксплуатации блочно-модульной газовой котельной:

- взрыв газа;
- тепловой взрыв;
- выброс углеводородов в атмосферу.

Следствием взрыва газа могут быть утечки газа на газопроводе или неправильная работа горелочного устройства. При концентрации метана в помещении котельного зала свыше 5% система автоматического контроля загазованности сигнализирует оператору о превышенной концентрации природного газа в помещении, при концентрации газа свыше 20% срабатывает

система защиты котельной, которая прекращает подачу газа в котельную и останавливает газопотребляющее оборудование. Таким образом, при неисправном оборудовании системы автоматического контроля загазованности котельной может произойти взрыв газа на котельной. Чтобы предотвратить возникновение данной чрезвычайной ситуации на котельной, необходимо в период ежемесячного технического обслуживания проводить ревизию оборудования и работоспособность защитных устройств.

Тепловой взрыв может произойти при некорректной работе автоматики. Котловые агрегаты подбираются исходя из технических условий на проектирования, ключевыми условиями являются температура и давление в котле. При превышении давления в котловом агрегате свыше 20% от максимального значения произойдет разрыв барабана котла выбросив в котельный зал воду температурой свыше 100°C. Технологически, предусматривается защита от теплового взрыва двух видов:

- механическая (предохранительные клапан);
- автоматическая (группа безопасности котлового агрегата).

При этом, на автоматизированном рабочем месте оператора появится сигнал аварии. Оператор, заметив сигнал об аварии котлового агрегата должен перевести аппарат в ручной режим работы и отключить питание, после чего сообщить ответственному лицу о произошедшем.

Выброс углеводородов возможен при возникновении сбоя в работе горелочного устройства, при неправильном соотношении воздуха и метана при сжигании, в таком случае содержание оксида углерода в уходящих газах котла значительно возрастает. Заметить некорректную работу оборудования может оператор при контроле среднемесячном расходе газа или сотрудник эксплуатирующей организации при проведении технического обслуживания. Предотвратить чрезвычайную ситуацию можно следующим путем: необходимо провести режимную наладку горелочного устройства и скорректировать соотношение воздуха и газа.

5.7 Выводы по разделу социальная ответственность

В процессе выполнения раздела были определены и рассмотрены вредные и опасные производственные факторы на блочно-модульной газовой котельной установке. Была определена нормативно- правовая база, по которой определены мероприятия и средства по защите работников от воздействия на него производственных негативных факторов.

Было определено воздействие на окружающую среду эксплуатация блочно-модульной газовой котельной и определены мероприятия по минимизации негативного воздействия на экологию.

Также в процессе выполнения раздела были определены возможные чрезвычайные ситуации при эксплуатации и определены меры по их предотвращению, а также определен порядок действий оперативного персонала при их возникновении.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является разработанная автоматизированная система автоматического управления блочно-модульной газовой котельной установкой. В процессе выполнения работы были разработаны тепловая схема, структурная, функциональная, схема внешних соединений сигнальных и силовых кабелей.

Для обеспечения функционирования системы был выполнен подбор таких средств автоматизации как контроллер, первичные преобразователи и исполнительные механизмы.

Для осуществления работы автоматизированной системы, были разработаны алгоритмы управления технологическим параметром и алгоритм управления котловыми агрегатами в программном комплексе CoDeSyS v.3.5 и разработана панель управления оператором в программном комплексе Simple-SCADA.

Список используемой литературы

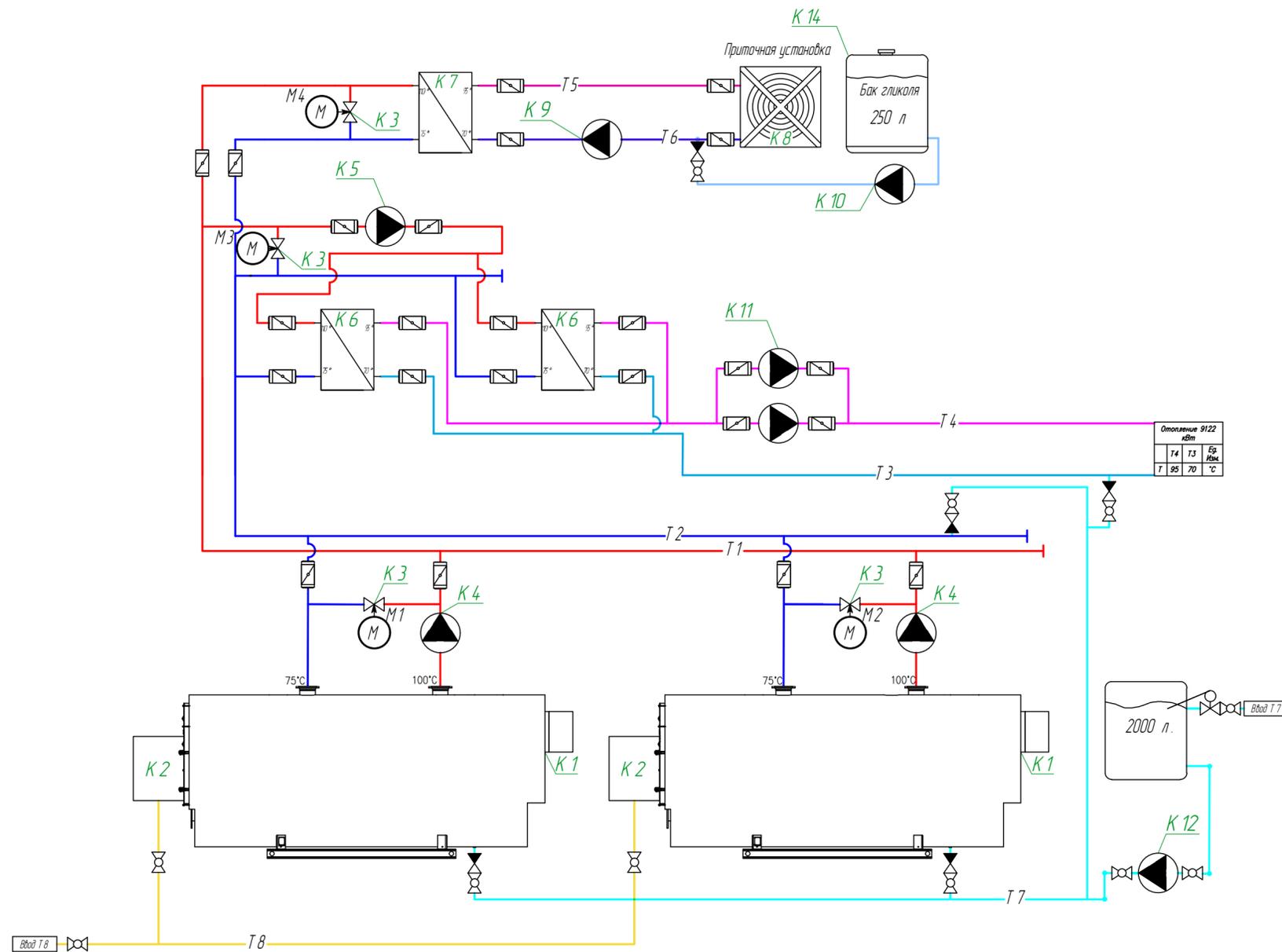
1. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108005> (дата обращения: 15.04.2022);
2. Лаврищев И.Б., Кириков А.Ю. Разработка функциональных схем при проектировании автоматизированных систем управления: учебно-методическое пособие: Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. — Санкт-Петербург, 2002, – 51с;
3. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
4. Каталог продукции фирмы ОВЕН. Контроллеры. [Электронный ресурс]. URL: <https://owen.ru/catalog/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 27.04.2022 г
5. Каталог продукции фирмы Rosemount. Датчики температуры. [Электронный ресурс].URL:<https://www.emerson.ru/ruru/automation/measurement-instrumentation/temperature-measurement/abouttemperature-sensors> свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 27.04.2022 г
6. Каталог продукции фирмы АУМА. Электропривод. [Электронный ресурс].URL:<http://www.globalindustry.ru/partners/auma?yclid=2624413884192153002>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 27.05.2022 г
7. ГОСТ Р ИСО 26000-2012 «Руководство по социальной ответственности».
8. Свод правил СП 89.13330.2016 Котельные установки.
9. Приказ №115 от 24.03.2003г «Об утверждении правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок».
10. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

11. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 25.02.2022).
12. ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность».
13. СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».
14. СП 52.13330.201 «Естественное и искусственное освещение».
15. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
16. ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования».
17. ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».
18. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 1999-2005.
19. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ.
20. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.
21. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы (ССОП). «Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения».
22. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). «Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков».
23. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды: федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ.
24. ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. «Правила контроля качества воздуха населенных пунктов».
25. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Приложение А
(обязательное)
Технологическая схема

Спецификация основного оборудования

Позиция	Наименование	Едизм	Количество
K1	Котел водогрейный	шт.	2
K2	Газовое горелочное устройство	шт.	2
K3	Затвор с электроприводом	шт.	4
K4	Насос котла	шт.	2
K5	Насос загрузки теплообменников отопления	шт.	1
K6	Теплообменник отопления	шт.	3
K7	Теплообменник вентиляции	шт.	1
K8	Приточная установка	шт.	1
K9	Насос циркуляции гликоля	шт.	1
K10	Насос подпитки гликоля	шт.	1
K11	Насос циркуляции отопления	шт.	2
K12	Насос подпитки	шт.	1
K13	Бак запаса гликоля	шт.	1
K14	Бак запаса воды	шт.	1



- T1 — Трубопровод подачи котлового контура
- T2 — Обратный трубопровод котлового контура
- T3 — Обратный трубопровод отопления
- T4 — Трубопровод подачи отопления
- T5 — Трубопровод подачи гликоля
- T6 — Обратный трубопровод гликоля
- T7 — Трубопровод подпитки
- T8 — Ввод газопровода

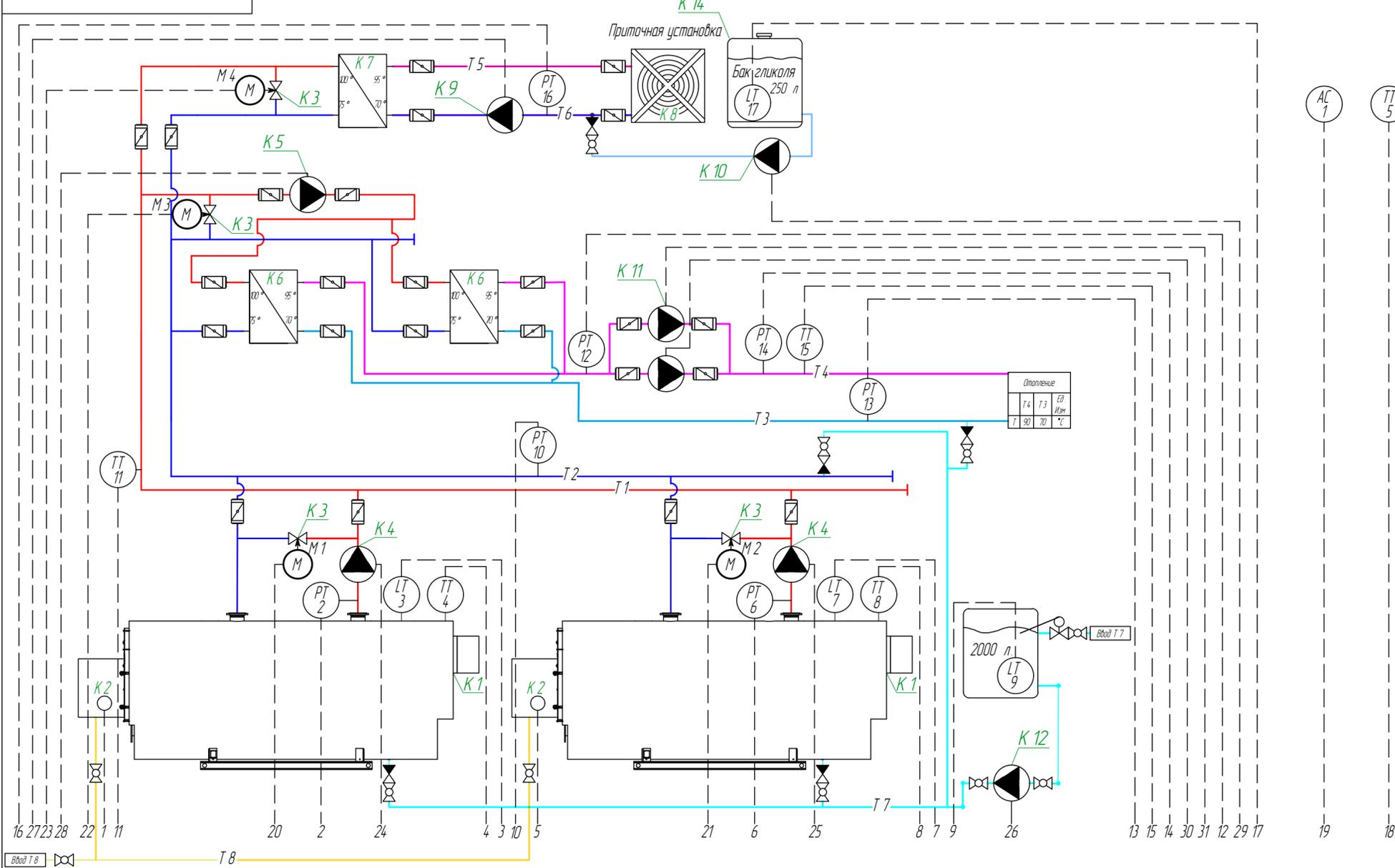
ФЮРА . 425280. 001 С 2

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит	Лист	Листов
Разраб.		Бодылев Н. Е.				1	1
Проб.		Сидорова А. А.					

Технологическая схема
котельной

ТПУ ОАР ИШИТР
Группа 3-8 Т 72

Приложение Б
(обязательное)
Функциональная схема



Спецификация основного оборудования

Позиция	Наименование	Ед.изм	Количество
K1	Котел водогрейный	шт.	2
K2	Газовое горелочное устройство	шт.	2
K3	Затвор с электроприводом	шт.	4
K4	Насос котла	шт.	2
K5	Насос загрузки теплообменников отопления	шт.	1
K6	Теплообменник отопления	шт.	3
K7	Теплообменник вентиляции	шт.	1
K8	Приточная установка	шт.	1
K9	Насос циркуляции гликоля	шт.	1
K10	Насос подпитки гликоля	шт.	1
K11	Насос циркуляции отопления	шт.	2
K12	Насос подпитки	шт.	1
K13	Бак запаса гликоля	шт.	1
K14	Бак запаса воды	шт.	1

- T1 — Трубопровод подачи котлового контура
- T2 — Обратный трубопровод котлового контура
- T3 — Обратный трубопровод отопления
- T4 — Трубопровод подачи отопления
- T5 — Трубопровод подачи гликоля
- T6 — Обратный трубопровод гликоля
- T7 — Трубопровод подпитки
- T8 — Ввод газопровода

Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата
Щит управления котельной			
RS-485			
DI			
DO			
Контроль			
Управление			
Сигнализация			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Управление горелкой №1	Давление в котле №1 (0-0.3) МПа	Уровень воды в котле №2 (0-3) м	Температура воды в котле №1 (0-100) °C	Управление горелкой №2	Давление в котле №2 (0-0.3) МПа	Уровень воды в котле №2 (0-3) м	Температура воды в котле №2 (0-100) °C	Уровень воды в баке запаса воды (0-3) м	Давление в котловом контуре (0-0.3) МПа	Температура подачи котлового контура (0-100) °C	Давление перед насосом сети (0-0.3) МПа	Давление в обратном трубопроводе сети (0-0.6) МПа	Давление на входе сети (0-0.6) МПа	Температура подачи сети (0-100) °C	Давление в контуре вентиляции (0-100) °C	Уровень в баке запаса гликоля (0-0.25) м	Температура в помещении котельной (0-100) °C	Сигнал газобезопасности в котельной (сигнал RS-485)	Управление электроприводом M1	Управление электроприводом M2	Управление электроприводом M3	Управление электроприводом M4	Управление насосом котла №1	Управление насосом котла №2	Управление насосом подпитки	Управление насосом циркуляции гликоля	Управление насосом загрузки теплообменников отопления	Управление насосом подпитки гликоля	Управление насосом сети №1	Управление насосом сети №2	
																							NS Z24a	NS Z25a	NS Z26a	NS Z27a	NS Z28a	NS Z29a	NS Z30a	NS Z31a	
																								H Z24-SA1	H Z25-SA1	H Z26-SA1	H Z27-SA1	H Z28-SA1	H Z29-SA1	H Z30-SA1	H Z31-SA1

ФЮРА. 425280.001 ЭС 07

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Бобылев Н.Е.			
Проб.	Сидорова А.А.			
Н.контр.	Кузьминская Е.В.			
Утв.				

Лит 1 Листов 1

Функциональная схема автоматизации

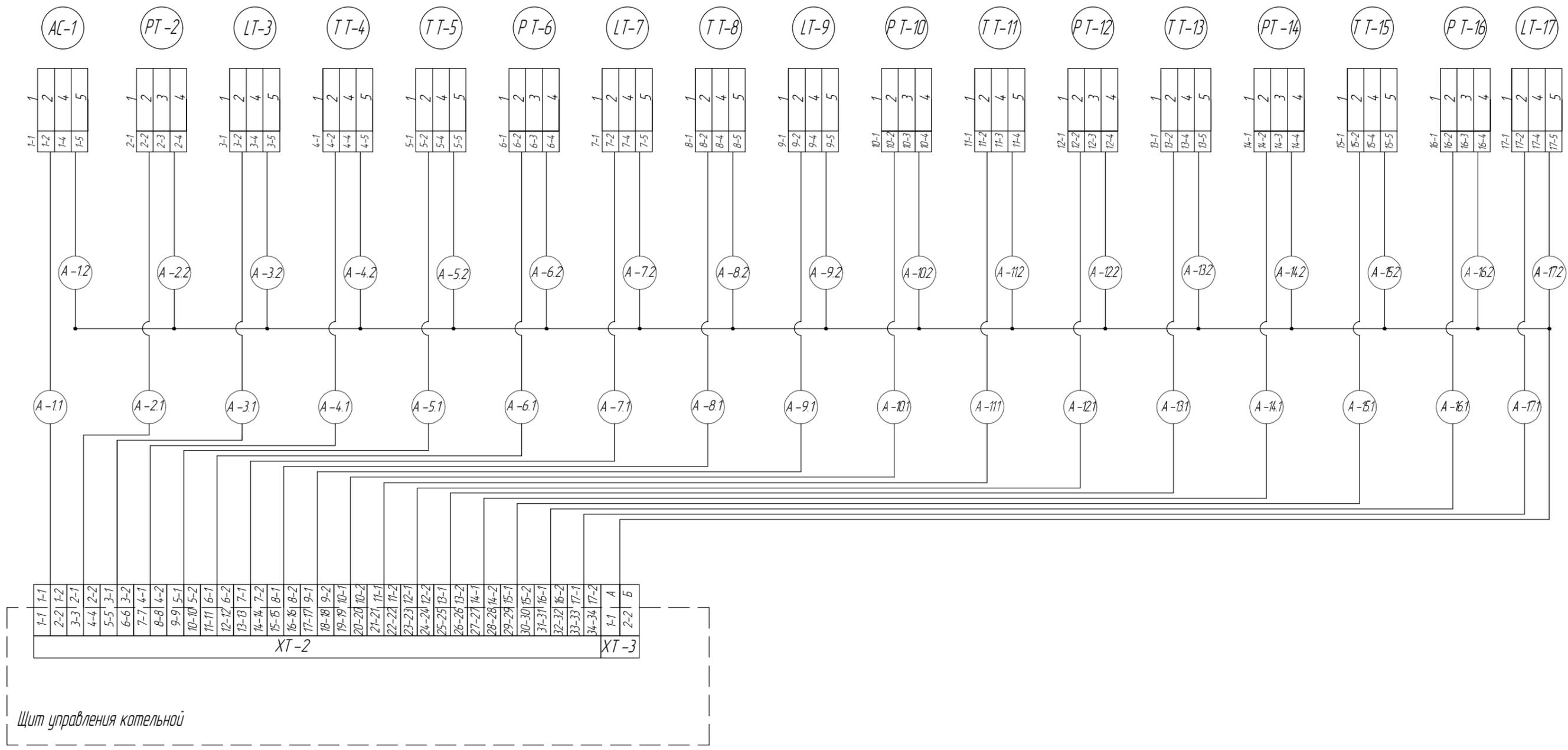
ТПУ ОАР ИШИТР
Группа 3-8 Т 72

Приложение В

(обязательное)

Схема соединений внешних проводок

Контролируемый параметр	Контроль загазованности	Контроль давления в котле №1	Контроль уровня в котле №1	Контроль температуры в котле №1	Контроль температуры в котельном зале	Контроль давления в котле №1	Контроль уровня в котле №1	Контроль температуры в котле №1	Контроль уровня в баке запаса воды	Контроль давления в котловом контуре	Контроль температуры в котловом контуре	Контроль давления перед насосами отопления	Контроль давления в обратном трубопроводе отопления	Контроль давления в трубопроводе подачи отопления	Контроль температуры в трубопроводе подачи отопления	Контроль давления в контуре вентиляции	Контроль уровня в баке гликоля
Позиционное обозначение	АС-1	РТ-2	ЛТ-3	ТТ-4	ТТ-5	РТ-6	ЛТ-7	ТТ-8	ЛТ-9	РТ-10	ТТ-11	РТ-12	ТТ-13	РТ-14	ТТ-15	РТ-16	ЛТ-17



Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Бобылев Н.Е.			
Пров.	Сидорова А.А.			
Н. контр.	Кузьминская Е.В.			
Утв.				

ФЮРА. 425280.001 ЭС 05

Схема соединений
внешних проводов

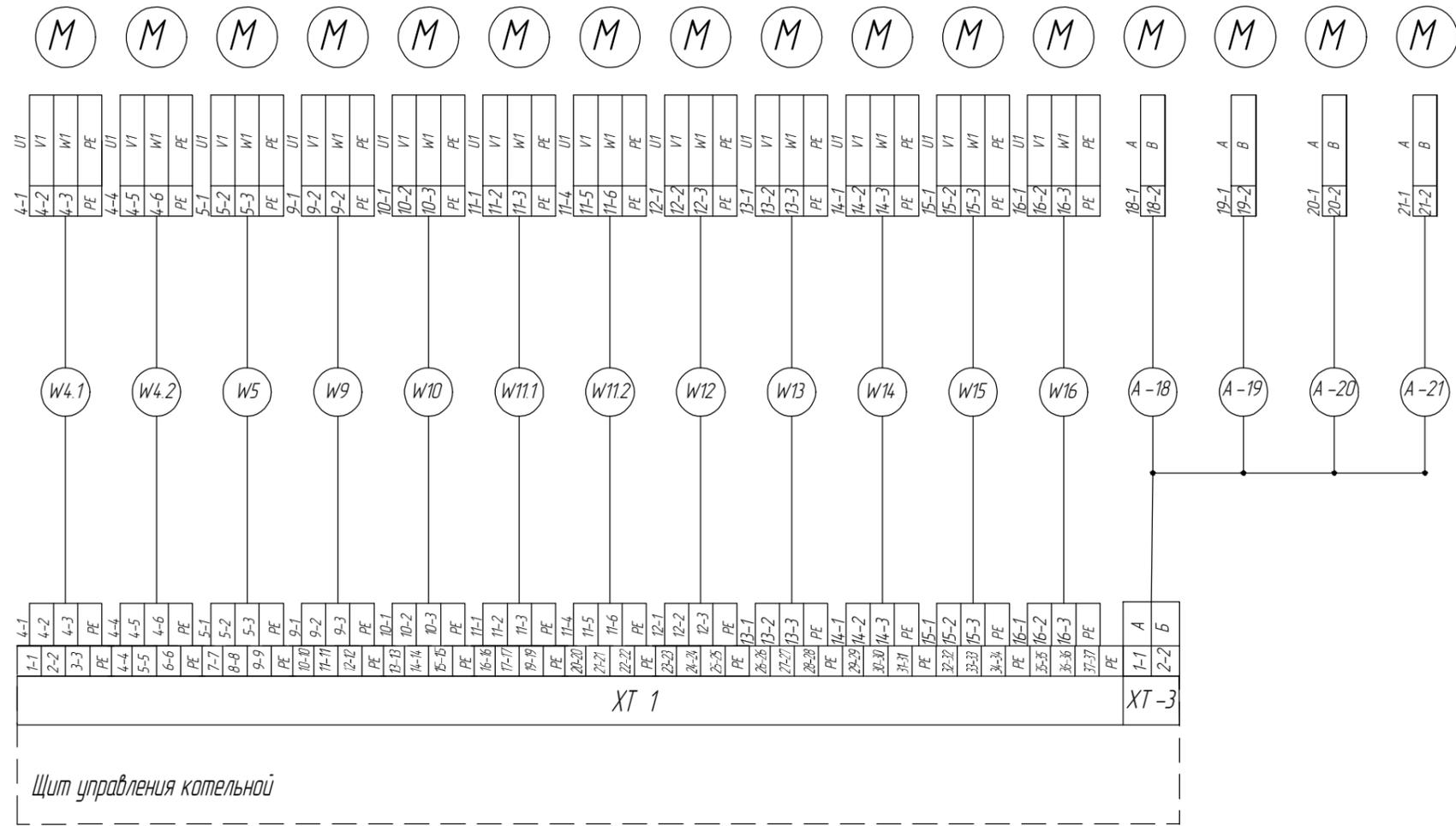
Лит	Лист	Листов
	1	1
ТПУ ОАР ИШИТР Группа 3-8 Т 72		

Приложение Г

(обязательное)

Схема соединений внешних проводок

Подключаемое оборудование	Котловые насосы		Насос загр. Т.О. отопления	Насос циркуляции вентиляции	Насос подпитки вентиляции	Насосы циркуляции отопления		Насос подпитки вентиляции	Электропривод задвижки М1	Электропривод задвижки М2	Электропривод задвижки М3	Электропривод задвижки М4	Управление эл. приводам задвижки котла №1	Управление эл. приводам задвижки котла №2	Управление эл. приводам задвижки отопления	Управление эл. приводам задвижки вентиляции
Поз. обозначение	К 4.1	К 4.2	К 5	К 9	К 10	К 11.1	К 11.2	К 12	М 1	М 2	М 3	М 4	М 1	М 2	М 3	М 4



Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Бобылев Н.Е.			
Пров.	Сидорова А.А.			

Схема соединений
внешних проводов

Лит	Лист	Листов
	1	1
ТПУ ОАР ИШИТР Группа 3-8 Т 72		