

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения
Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах
Кафедра автоматизации и компьютерных систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация системы контроля и регулирования параметров котла ТПЕ214 на Нерюнгринской ГРЭС

УДК 621.181-5:621.311.21-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8А21	Корнеев Антон Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Казьмин Виктор Павлович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Рахимов Тимур Рустамович	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Извеков Владимир Николаевич	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Суходоев Михаил Сергеевич	К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения
 Направление подготовки (специальность) 27.03.04 Управление в технических системах
 Кафедра автоматики и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой АИКС
 _____ Суходоев М. С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8А21	Корнеев Антон Андреевич

Тема работы:

Модернизация системы контроля и регулирования параметров котла ТПЕ214 на Нерюнгринской ГРЭС
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: паровой котел Нерюнгринской ГРЭС. Режим работы – круглосуточный, круглогодичный.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки и техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Выбор архитектуры АС Разработка структурной схемы АС Разработка функциональной схемы автоматизации Выбор средств реализации Разработка схемы внешних проводок Разработка алгоритмов управления</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Структурная схема. Принципиальная технологическая схема. Функциональная схема автоматизации. Схемы соединений внешних проводок.</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рахимов Тимур Рустамович
Социальная ответственность	Извеков Владимир Николаевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.02.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Казьмин В.П.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8А21	Корнеев Антон Андреевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3–8A21	Корнеев Антон Андреевич

Институт	Электронного обучения	Кафедра	АИКС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Управление в технических системах

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение назначения объекта и определение целевого рынка
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет заработной платы исполнителей и отчислений во внебюджетные фонды. Расчет материальных затрат.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального финансового показателя. Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности. Проведение сравнения финансовой эффективности вариантов разработки

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Рахимов Тимур Рустамович	к.э.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–8A21	Корнеев Антон Андреевич		

ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8A21	Корнеев Антон Андреевич

Институт	Электронного обучения	Кафедра	АИКС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочей зоной является зона установки парового котла ГРЭС. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров парового котла ГРЭС. Вредными факторами производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: повышенный уровень шума и вибрации, повышенный уровень электромагнитных излучений.</p> <p>Опасными проявлениями факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: электрический ток.</p> <p>Чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть на рабочем месте, является возникновение пожара</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ol style="list-style-type: none"> 4. ГОСТ 12.0.003-74 5. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. 6. СП 51.13330.2011. 7. ГОСТ 31192.2-2005 8. СанПиН 2.2.4.1191-03 9. Гост Р 12.1.019 – 2009
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень шума 2. Повышенный уровень вибрации 3. Повышенный уровень электромагнитного излучения 4. Микроклимат. 5. Освещение.

<ul style="list-style-type: none"> – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>Электрический ток (источником является датчики, исполнительные механизмы и другое электрооборудование автоматики) Пожар (На площадке происходят технологические процессы с легковоспламеняющимися жидкостями такими как масло)</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Воздействие на селитебную зону не происходит. Гидросферу не значительное. Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом Воздействую на литосферу происходит в результате производства, обслуживания и утилизации оборудования</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Возможные ЧС на объекте: пожар, взрыв. Наиболее типичной ЧС является пожар(возгорание)</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Рабочее место должно соответствовать требованиям: ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности и настоящего стандарта».</p>
Перечень графического материала:	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8A21	Корнеев Антон Андреевич		

Образец графика выполнения ВКР
Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИнЭО
 Направление подготовки (специальность) 27.03.04 «Управление в технических системах»
 Уровень образования _____
 Кафедра АиКС
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2016/2017 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:	12.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2017 г	Основная часть	60
30.05.2017 г	Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность	20
30.05.2017 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АиКС	Казьмин В.П.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев М. С.	К.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 103 с., 13 рисунков, 36 таблиц, 14 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: Нерюнгринской ГРЭС, топливный котел, автоматизированная система.

Объектом исследования является паровой котел.

Цель работы – проектирование автоматизированной системы управления технологическими параметрами парового котла.

Работа представляет собой проект автоматизации системы управления парового котла.

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

При выполнении работы использовались программные продукты, такие как:

- Microsoft Office 2013;
- Microsoft Visio 2013;
- Math lab.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013

Оглавление

Введение	13
1. Техническое задание	16
1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП	16
1.2 Назначение АСУ ТП	16
1.3 Требования к автоматике парового котла	17
1.4 Требования к техническому обеспечению	18
1.5 Требования к метрологическому обеспечению	19
1.6 Требования к программному обеспечению	19
1.7 Требования по стандартам и унификации	20
1.8 Требования к информационному обеспечению	21
2 Основная часть	22
2.1 Описание технологического процесса	22
2.2 Описание парового котла ТПЕ214СЗХЛ	24
2.2.1 Описание основного оборудования	25
2.3 Регуляторы	27
2.3.1 Регулятор разряжения	27
2.3.2 Регулятор уровня в барабане	28
2.3.3 Регулятор температуры перегретого пара	29
2.3.4 Регулятор топлива	30
2.4 Выбор архитектуры АС	32
2.5 Разработка структурной схемы АС	37
2.6 Функциональная схема автоматизации	38
2.7 Разработка схемы информационных потоков	39
2.8 Выбор средств реализации	44

2.8.1	Выбор контроллерного оборудования.....	44
2.8.2	Выбор датчиков	45
2.8.3	Нормирование погрешности канала измерения	53
2.8.4	Выбор исполнительных механизмов.....	55
2.9	Разработка схемы внешних проводок	57
2.10	Выбор алгоритмов управления АС.....	58
2.11	Алгоритмы управления.....	59
2.11.1	Алгоритм сбора данных измерений	59
2.11.2	Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.	59
3.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности...	63
3.1	Потенциальные потребители результатов исследования ...	63
3.2	Анализ конкурентных технических решений.....	64
3.3	SWOT – анализ	65
3.4	Планирование научно-исследовательских работ.....	67
3.4.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	67
3.4.2	Разработка графика проведения научного исследования.	69
4	Бюджет научно-технического исследования	71
4.1	Расчет материальных затрат	71
4.1.1	Расчет затрат на специальное оборудование	72
4.1.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	72
4.1.3	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	73

4.1.4	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	73
4.1.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	74
4.1.5.1	Интегральный финансовый показатель	74
4.1.5.2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	74
4.1.5.3	Сравнительная эффективность разработки	75
5	Социальная ответственность	76
6.	Профессиональная социальная безопасность	77
6.1.1	Анализ вредных и опасных факторов	77
6.1.2	Анализ вредных факторов	78
6.1.2.1	Повышенный уровень шума	78
6.1.2.2	Электромагнитное излучение	79
6.1.2.3	Электромагнитное излучение	80
6.1.3	Анализ опасных факторов	81
6.1.3.1	Электробезопасность	81
6.1.3.2	Микроклимат	83
6.1.3.3	Освещенность рабочего места	85
6.2	Экологическая безопасность	87
6.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88
6.3.1	Пожарная безопасность	88
6.4	Особенности законодательного регулирования проектных решений	90
	Заключение	92
	Conclusion	93

Список литературы.....	95
Приложения.....	96

Введение

В выпускной квалификационной работе рассматривается автоматизация технологического процесса парового котла Нерюнгринской ГРЭС.

Как показывает статистика основной процент выработки электроэнергии в России ложится на плечи тепловых электростанций. Особенно эта роль велика в северных районах страны.

В Якутии из 12 крупных объектов электро-генерации только 3 не используют ископаемое топливо (ГЭС). Из максимальной суммарной мощности Якутских электростанций- 2600 мВт мощность Нерюнгринской ГРЭС составляет 618 мВт, это 25 % от всех энерго мощностей края, что ставит её на место одной из самых мощных, а конкретно- вторая по мощности в республике.

Кроме того, Нерюнгринская ГРЭС является уникальной по своему местоположению электростанцией, поскольку расположена она на высоте 1.000 м, в местности с резко-континентальным климатом и сейсмической активностью в 9-10 баллов. В этом районе среднегодовая температура является отрицательной, что обуславливает наличие слоя вечной мерзлоты.

Нерюнгринская городская водогрейная котельная обеспечивает тепловой энергией в пиковом режиме город Нерюнгри и поселок Беркакит. В здании котельной установлены 4 водогрейных котла КВТК-100-150, общая установленная тепловая мощность которых равна 400 Гкал/час.

Таким образом, в настоящее время суммарная установленная тепловая мощность Нерюнгринской ГРЭС составляет 1.22 тыс. Гкал/час, электрическая – 570/630 МВт.

В качестве топлива на станции используется местный обогащенный уголь Нерюнгринского месторождения Южно-Якутского бассейна. В год в котлах ГРЭС сгорает примерно 1.5 млн. тонн угля.

Сооружение Нерюнгринской ГРЭС велось в период с 1980-го по 1985-го годы. По проекту первая очередь теплоэлектроцентрали состояла из 3 энергоблоков суммарной электрической мощностью 570/630 МВт, тепловой – 520 Гкал/час.

Позже тепловая мощность станции была увеличена до современной – 1.22 тыс. Гкал/час.

Электростанция не оборудована градирнями, в целях охлаждения используется водохранилище, рядом с которым располагается золоотвал.

Нерюнгринская ГРЭС обеспечивает потребности в тепловой энергии г.Нерюнгри, п.Серебряный Бор, п.Беркакит. Вырабатываемая электрическая энергия обеспечивает потребности Нерюнгринского и Алданского районов Якутии, но большая ее часть передается в Амурскую область. В составе основного оборудования: два энергоблока с турбинами Т-180/120-130; один энергоблок с турбиной К-210-130 и котлами ТПЕ-214 СЗХЛ; три водогрейных котла КВТК-100-150.

Строительство станции было начато в 1980 году, в декабре 1983 года был введен в эксплуатацию первый энергоблок. Электростанция была построена впервые в мировой практике на площадке с сейсмичностью в 9-10 баллов, на высоте почти 1000 метров над уровнем моря, в условиях Крайнего Севера - на тридцатиметровой вечной мерзлоте, при значительных годовых перепадах температуры (зимой - до минус 60 градусов, летом – до плюс 30 градусов).

Нерюнгринская ГРЭС имеет резервы роста мощности при дальнейшем развитии региона и увеличении потребности в энергообеспечении за счет дополнительного строительства энергоблоков. Имеющаяся база позволяет в кратчайшие сроки построить и ввести в эксплуатацию от двух до четырех энергоблоков аналогичной мощности.

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация автоматизированной системы управления парового котла Нерюнгриской ГРЭС.

Актуальность темы заключается в том, что модернизированная автоматизированная система управления позволит повысить безопасность эксплуатации производства, в связи с моральным износом необходима замена устаревших средств автоматизации на автоматизированные системы управления на базе электронных средств контроля и автоматики, включая средства вычислительной техники, улучшить условия работы персонала.

1. Техническое задание

1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП

Целями создания АСУ ТП являются:

- обеспечение надежной и безаварийной работы производства;
- стабилизация эксплуатационных показателей технологического оборудования и режимных параметров технологического процесса;
- снижение непроизводительных потерь человеческих, материально-технических и топливно-энергетических ресурсов, сокращение эксплуатационных расходов;
- автоматическая и автоматизированная диагностика оборудования АСУ ТП.

Указанные цели должны достигаться путем:

- повышения надежности, готовности и работоспособности отдельных подсистем за счет замены физически и морально устаревших приборов новыми;
- повышения производительности оборудования за счет быстродействия, времени отклика, точности и достоверности информации о технологическом процессе;
- уменьшения материальных и энергетических затрат за счет сокращения затрат на техобслуживание и эксплуатацию оборудования.

1.2 Назначение АСУ ТП

Паровые котлы предназначены для получения пара высокой температуры, который является источником для преобразования в электрическую энергию при помощи турбогенераторов.

Назначение АСУ ТП парового котла является обеспечение оперативного измерения и контроля технологических параметров, предупредительной и предаварийной сигнализации, отображения данных о ходе технологического

процесса, автоматического управления парового котла. Проектируемая система должна обеспечить работу парового котла без постоянного присутствия обслуживающего персонала в месте размещения оборудования.

АСУ ТП предназначена для:

– стабилизации заданных режимов технологического процесса путем измерения значений технологических параметров, их обработки, визуального представления, и выдачи управляющих воздействий в режиме реального времени на исполнительные механизмы, как в автоматическом режиме, так и в результате действий технолога-оператора;

– анализ состояния технологического процесса, выявление предаварийных ситуаций и предотвращение аварий путем переключения технологических узлов в безопасное состояние, как в автоматическом режиме, так и по инициативе оперативного персонала.

1.3 Требования к автоматике парового котла

Система автоматики парового котла в данной работе должна обеспечивать следующее:

– измерение:

- 1 давления пара на выходе парового котла;
- 2 расход захолаживающей воды;
- 3 уровень воды в барабане;
- 4 температуры пара на выходе котла;
- 5 расход пара на выходе котла;
- 6 разряжение в топке котла;
- 7 расход топлива;

– управление:

- 1 уровнем воды в барабане;
- 2 температурой пара на выходе из котла;

– индикацию:

1 измеряемых и расчётных параметров на дисплее АРМ оператора по запросу оператора;

В диспетчерскую должна обеспечиваться выдача всей информации о работе парового котла.

1.4 Требования к техническому обеспечению

Оборудование, устанавливаемое на открытых площадках, в зависимости от зоны расположения объекта должно быть устойчивым к воздействию температур от -50 °С до +50 °С и влажности не менее 80 % при температуре 35 °С.

Программно-технический комплекс АС должен допускать возможность наращивания, модернизации и развития системы, а также иметь резерв по каналам ввода/вывода не менее 20 %.

Датчики, используемые в системе, должны отвечать требованиям взрывобезопасности. При выборе датчиков следует использовать аппаратуру с искробезопасными цепями. Чувствительные элементы датчиков, соприкасающиеся с сероводородсодержащей или другой агрессивной средой, должны быть выполнены из коррозионностойких материалов либо для их защиты необходимо использовать разделители сред.

Датчики должны быть оснащены цифровым выходом (при аналоговом выходе предусмотреть организацию цифрового канала RS-485/Ethernet по месту) и классом защиты IP68.

Степень защиты остальных технических средств от пыли и влаги должна быть не менее IP56.

Показатели надежности датчиков общепромышленного назначения рекомендуется выбирать, ориентируясь на показатели мирового уровня и лучшие образцы отечественных изделий, а именно:

- 1) время наработки на отказ не менее 100 тыс. час;
- 2) срок службы не менее 10 лет.

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода. При необходимости ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной среде, допускается использовать как модули с искробезопасными входными цепями, так и внешние барьеры искробезопасности, размещаемые в отдельном конструктиве.

1.5 Требования к метрологическому обеспечению

Для узла измерения давления пара использовать датчики давления на базе диафрагм. Основная относительная погрешность измерения давления должна составлять не более 1%.

Основная относительная погрешность датчиков температуры, сигнализаторов должна составлять не более 0,2%.

Поставляемая в комплекте кабельная продукция должна иметь действующие сертификаты соответствия, сертификаты пожарной безопасности. Типы кабелей принять с учетом требований ГОСТ 31565-2012.

Срок службы не менее 10 лет. Гарантийный срок не менее 24 месяцев с момента начала эксплуатации. Межповерочный интервал не менее 1 год. Вероятность безотказной работы за 2 000 часов не менее 0,95.

1.6 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение (ПО) АС включает в себя:

- системное ПО (операционные системы);
- инструментальное ПО;
- общее (базовое) прикладное ПО;
- специальное прикладное ПО.

Набор функций конфигурирования в общем случае должен включать в себя:

- создание и ведение базы данных конфигурации (БДК) по входным/выходным сигналам;

– конфигурирование алгоритмов управления, регулирования и защиты с использованием стандартных функциональных блоков;

– создание мнемосхем (видеокадров) для визуализации состояния технологических объектов;

– конфигурирование отчетных документов (рапортов, протоколов).

Средства создания специального прикладного ПО должны включать в себя технологические и универсальные языки программирования и соответствующие средства разработки (компиляторы, отладчики). Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту ИЕС 61131-3.

Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных функций соответствующего уровня АС (опрос, измерение, фильтрация, визуализация, сигнализация, регистрация и др.).

Специальное прикладное ПО должно обеспечивать выполнение нестандартных функций соответствующего уровня АС (специальные алгоритмы управления, расчеты и др.).

1.7 Требования по стандартам и унификации

Разрабатываемая система должна быть универсальной, обеспечивать возможность ее использования на широком классе объектов управления и соответствовать достигнутому мировому уровню в области создания АСУ ТП по функциональному развитию, удобству эксплуатации и обслуживания.

АСУ ТП парового котла должна иметь возможность адаптации (путём перепрограммирования) к изменениям в логике управления технологическим оборудованием.

Все виды обеспечения АСУ ТП должны в максимально возможной степени использовать типовые проектные решения, стандартизированные конструктивные и программные модули.

Основной стандарт сигналов и интерфейсов должен быть:

- для всех входных/выходных аналоговых сигналов: 4-20 мА (с предусмотренной возможностью общения с первичным преобразователем по HART протоколу);
- для входных дискретных сигналов постоянного тока 24 В – "сухой контакт";
- для выходных дискретных сигналов управления постоянного тока 24 В – "потенциальный контакт";
- для обеспечения информационных связей – интерфейсы RS-485, Ethernet, протоколы Vnet/Ip, TCP/IP, OPC, ModBus RTU, HART, Foundation Fildbus, Profibus.

1.8 Требования к информационному обеспечению

По результатам проектирования должны быть представлены:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
- порядок информационного обмена между компонентами и составными частями АС;
- структура процесса сбора, обработки, передачи информации в АС;
- информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.

В состав информационного обеспечения должны входить:

- унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статистической отчетности;
- распределенная структурированная база данных, хранящая систему объектов;
- средства ведения и управления базами данных.

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Функциональная схема парового котла приведена в приложении А.

Преобразование угля в электричество и тепло происходит путем сжигания ископаемого топлива и нагрева воды до состояния пара, который проходя через турбину раскручивает генератор, который в свою очередь и вырабатывает электроэнергию.

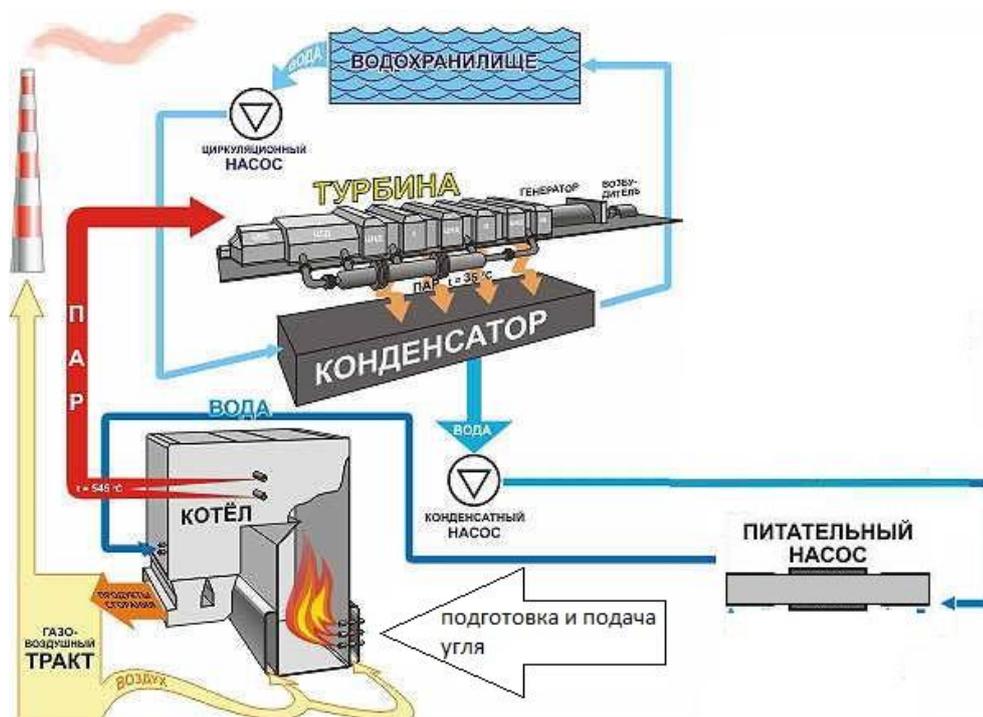


Рисунок 1 – Упрощенный принцип работы угольной ГРЭС

Пар из котла попадает на рабочее колесо турбины, раскручивая тем самым турбогенератор, затем отдав почти всю свою энергию поступает в конденсатор где, проходя между множеством труб с проточной сырой холодной водой из водохранилища, превращается в конденсат. Далее конденсат поступает на ПЭН (питающий электронасос) который под большим давлением подает воду обратно в котел. Уголь перед сжиганием проходит подготовку в виде измельчения до необходимой фракции и подается вместе с горячим воздухом в топку. После сжигания дымовые газы отводятся в дымовую трубу.

которых происходит нагрев и испарение воды, предварительно подогретой в экономайзере 9. Полученная из воды пароводяная смесь поступает в барабан котла 6, где осуществляется сепарация пара. После чего насыщенный пар подается в пароперегреватель 8, перегревается до определенных параметров и направляется в машинный зал к паровой турбине. Перегрев пара в пароперегревателе 8, нагрев питательной воды в экономайзере 9 и воздуха в воздухоподогревателе 10 осуществляется за счет охлаждения газообразных продуктов сгорания топлива. Подача воздуха в воздухоподогреватель производится дутьевым вентилятором 11. Зола, образующаяся в результате сгорания топлива, частично в виде шлака осаждается в топке и затем удаляется через холодную воронку системой шлакоудаления. Основная масса золы вместе с дымовыми газами проходит газоходы котла и улавливается в золоуловителе 12, остатки не уловленной летучей золы вместе с газообразными продуктами сгорания рассеиваются дымовой трубой 14 в окружающей атмосфере. Эвакуация продуктов сгорания из топочной камеры парового котла в дымовую трубу осуществляется с помощью дымососа 13. Образовавшиеся в результате горения твердого топлива в топке шлак и зола, уловленные в золоуловителе, транспортируются по каналам системы золошлакоудаления в багерную насосную установку 15, служащую для перекачки шлака и золы с технической водой по трубопроводам на золоотвалы.

2.2 Описание парового котла ТПЕ214СЗХЛ

Паровым котлом называется устройство для выработки пара с давлением выше атмосферного за счет теплоты сжигаемого топлива. Сочетание топочной камеры в которой осуществляется горение топлива и теплоиспользующих поверхностей нагрева, в которых происходит нагрев воды до кипения, испарение воды (генерация пара) и перегрев пара называется котельным агрегатом. На рисунке 2 представлена схема устройства парового котла с естественной циркуляцией, на примере которого рассматриваются принятые в

котлостроении термины, определения, принципиальное назначение узлов агрегата.

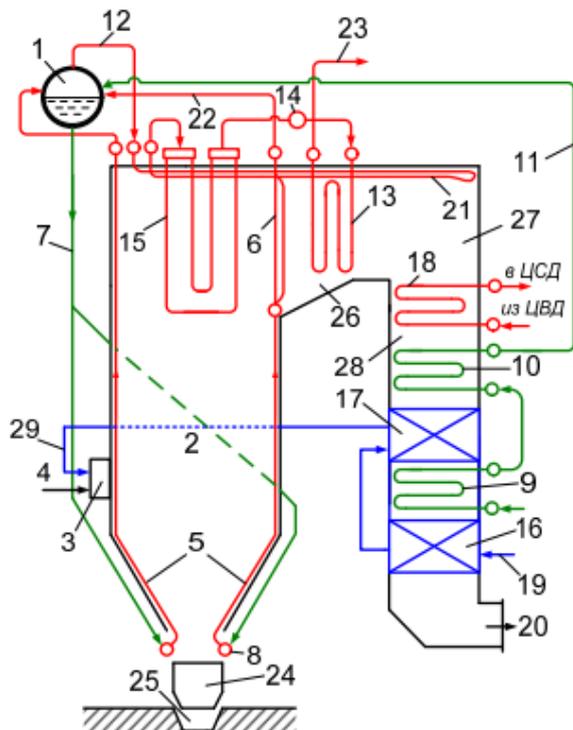


Рисунок 2 – Схема устройства парового котла с естественной циркуляцией: 1- барабан; 2 - топочная камера; 3 - горелочное устройство; 4 — первичная пылевоздушная смесь; 5 - топочные экраны; 6 - фестон; 7 - опускные трубы; 8 - нижние коллекторы; 9 - первая ступень водяного экономайзера; 10 - вторая ступень водяного экономайзера; 11 - трубопровод; 12 - паропровод; 13 - конвективный пароперегреватель; 14 - пароохладитель; 15 - ширмовый пароперегреватель; 16 - первая ступень воздухоподогревателя; 17 - вторая ступень воздухоподогревателя; 18 - промежуточный пароперегреватель; 19 - подача холодного воздуха; 20 - уходящие газы; 21 - радиационный пароперегреватель; 22 - отводящие трубы; 23 - пар на турбину; 24 - шлаковый комод; 25 - канал гидрошлакоудаления; 26 - горизонтальный газоход; 27 - поворотная камера; 28 - конвективная шахта; 29 - горячий воздух.

2.2.1 Описание основного оборудования

Паровой котел состоит из топочной камеры 2 и газоходов 26, 27, 28, поверхностей нагрева: экономайзера 9, 10, испарительных элементов

(экранов) 5 и пароперегревателей 21, 15, 13, воздухоподогревателя 16, 17. Поверхности нагрева представляют собой металлические трубные поверхности, с одной стороны, омываемые горячими дымовыми газами, а с другой - водой, пароводяной смесью, паром, воздухом.

Питательная вода после группы подогревателей высокого давления тепловой схемы ТЭС (см. рис. В.2) поступает в экономайзер последовательно первой 9 и второй 10 ступени.

Экономайзер - трубчатая поверхность нагрева, служащая для подогрева горячими дымовыми газами питательной воды, подаваемой в котел питательным насосом. Подогретая питательная вода в экономайзере затем подается в барабан 1 котла, из которого котловая вода, перемешанная с питательной водой направляется по опускным трубам 7 в нижние коллектора 8 на питание испарительных поверхностей нагрева, в данном случае - топочных настенных трубчатых экранов 5. В экранных трубах происходит частичное испарение воды, сопровождающееся образованием пароводяной смеси за счет части тепла газообразных продуктов, образующихся при сжигании топлива в топочной камере 2. Топливо после его подготовки (сушки и размола) вместе с горячим воздухом подается в топочную камеру через горелки 3, где и сжигается факельным способом. Подогрев воздуха производится в воздухоподогревателе 16, 17. Часть воздуха, которая после воздухоподогревателя направляется на сушку и транспорт называется первичным, та часть воздуха которая подается на горелки в качестве окислителя для непосредственной организации процесса горения топлива называется вторичным. Несмотря на то, что основной функцией водяного экономайзера и воздухоподогревателя, расположенных в конвективной шахте 28 является утилизация тепла (снижение температуры) уходящих газов для повышения коэффициента полезного действия котла, подогрев воздуха в воздухоподогревателе позволяет значительно интенсифицировать процессы горения и теплообмена, снизить недожог топлива и удельные затраты металла на поверхности нагрева.

2.3 Регуляторы

Особое внимание в нашей выпускной квалификационной работе уделим работе регуляторов. В нашем котле используется 8 регуляторов:

- Регулятор питания котла водой (растопочный, РПК-100);
- Регулятор питания котла водой (основной, РПК-200);
- Регулятор разряжения;
- Регулятор температуры перегретого пара;
- Регулятор топлива;
- Регулятор мельниц;
- Регулятор расхода первичного воздуха в мельницу;
- Регулятор общего воздуха.

Рассмотрим более подробно четыре основных регулятора.

2.3.1 Регулятор разряжения

Регулятор разряжения поддерживает необходимое разряжение в топке в заданных пределах.

Основной сигнал - разряжения в топке.

Воздействие на направляющие аппараты дымососов производится через систему шаговой синхронизации с минимальным шагом, по мощности дымососов, что позволяет в одинаковой степени загружать оба дымососа, не допуская явления помпажа.

Структурная схема представлена на рисунке 1.

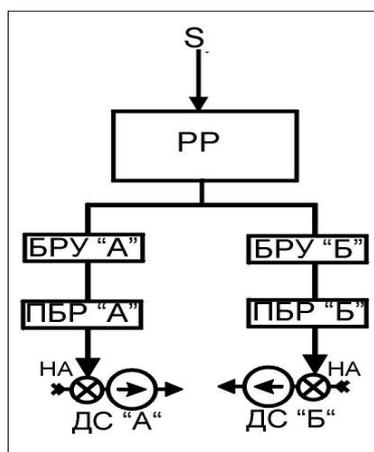


Рисунок 1 – Структурная схема

Ст – разряжение в топке.

РР – регулятор разряжения.

БРУ – блок ручного управления.

ПБР – пускатель бесконтактный реверсивный.

Н.А. – направляющий аппарат.

ДС – дымосос.

Из оборудования используется тягонапормер датчик давления разряжения 415-ДИВ (рисунок 2).



Рисунок 2 – Датчик давления разряжения 415-ДИВ

Регулятор уровня в барабане

Выходной сигнал 0 – 5 мА.

Приведенная погрешность $\pm 1\%$.

2.3.2 Регулятор уровня в барабане

Структурная схема регулятора уровня в барабане приведена на рисунке

3.

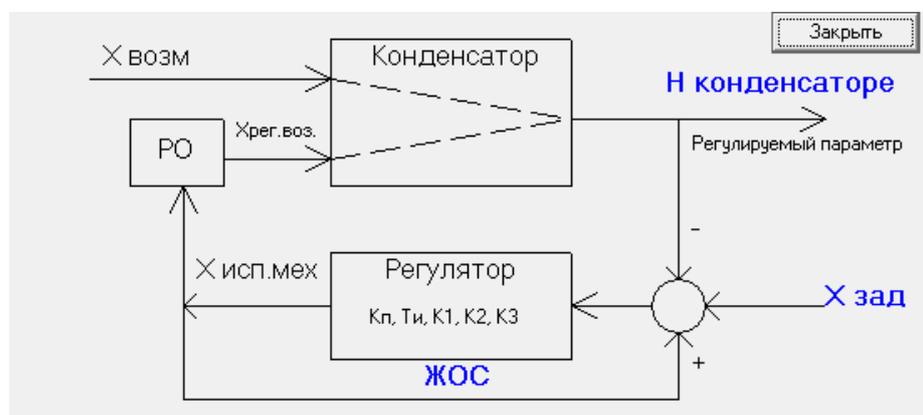


Рисунок 3 – Структурная схема регулятора уровня в барабане

Регулируем уровень в барабане, расход пара. В качестве датчика используется ДМ3583 (дифманометр).

Преобразователь ДМТ-3583М11 предназначен для преобразования разности давлений в выходной унифицированный сигнал постоянного тока с квадратичной зависимостью, интегрирования расхода во времени с цифровым отсчётом результата интегрирования электромеханическим счётчиком (СИ-206) и индикации значения разности давлений или значения расхода на цифровом электронном табло.



Рисунок 4 – Дифманометр ДМТ-3583М11

2.3.3 Регулятор температуры перегретого пара

Регулирует t пара после котла путем дополнительного впрыска питательной воды в ширмовый пароперегреватель.

Регулятор температуры поддерживает заданную температуру перегретого пара воздействуя на клапана впрыска: поз. 318, 253, 325, 256, 327, 257.

Структура регулятора построена с применением двух сигналов по температуре: скоростной сигнал (за впрыском) и выходной (за пакетом).

Структурная схема приведена на рисунке 5.

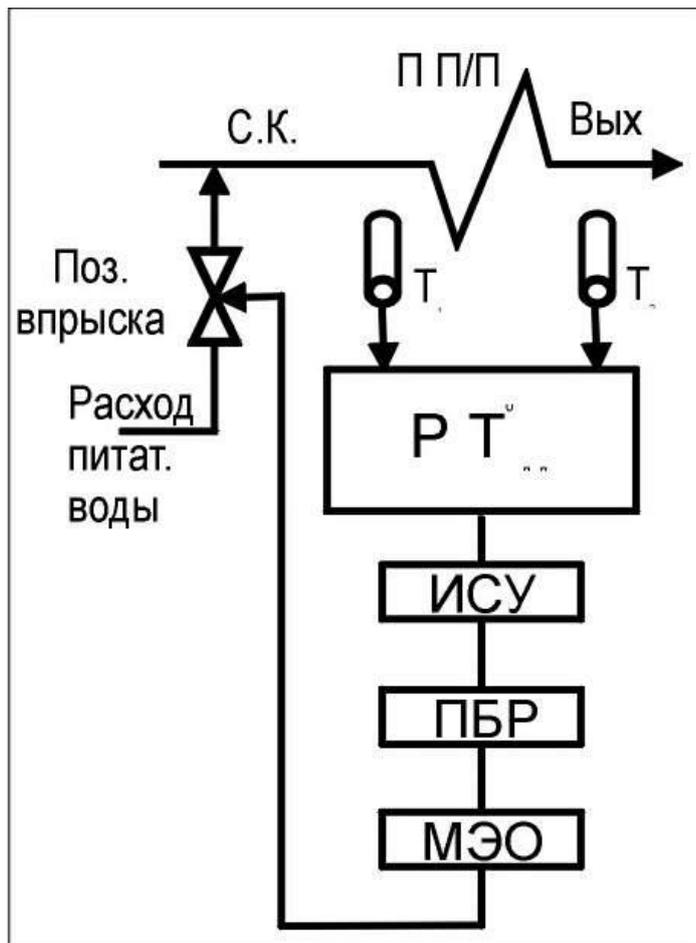


Рисунок 5 – Структура регулятора, перегретого пара

П.П/П - пакет пароперегревателя

поз. впрыска - позиция клапана впрыска.

T_t - "скоростная" термопара, за впрыском.

T_p - "выходная" термопара, за пакетом.

$R_{т/п}^o$ - регулятор температуры перегретого пара.

ИСУ - избирательная сист. управления.

Датчик температуры термопара ТД719 (ХА).

Диапазон измерения -150...8000С.

Класс точности 2.

2.3.4 Регулятор топлива

Регулятор топлива поддерживает заданный расход перегретого пара путем воздействия на загрузку мельниц. Работоспособен при 4-ех работающих

пылесистемах, при переходе с 4-ех на три пылесистемы и на 3-ех пылесистемах. Изменение задания регулятору производится отградуированным задатчиком в т/час.

Регулятор топлива предназначен для совместной работы с регулятором "До себя", тем самым обеспечивается базовый режим блока, при котором паропроизводительность котла меняется в зависимости от изменения электрической нагрузки, т.е. от изменения задания регулятору топлива.

В схему регулятора введен сигнал по скорости изменения давления в барабане с целью увеличения быстродействия регулятора, а также введен сигнал по сумме оборотов ПСУ для обеспечения автоподстройки регулятора при переменном количестве работающих пылесистем.

Структурная схема представлена на рисунке 6.

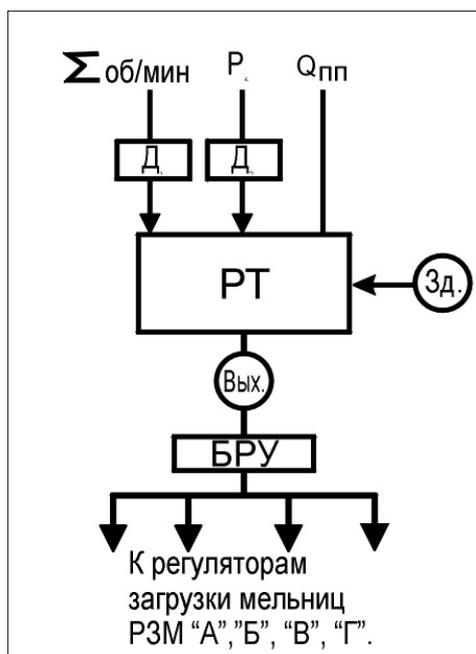


Рисунок 6 – Структурная схема регулятора топлива

$P_б$ - давление в барабане

D_2 - дифференциатор, обеспечивает скоростной сигнал

$C_{п.п.}$ - расход перегретого пара

Вых. - выход регулятора топлива, об/мин.

БРУ - блок ручного управления.

об/мин - сумма всех оборотов ПСУ

Д₁ - дифференциатор, обеспечивает исчезающий сигнал по сумме оборотов ПСУ.

В качестве датчика используется дифманометр ДМ-3583М.

2.4 Выбор архитектуры АС

В основе разработки архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС лежит понятие ее профиля. Под профилем понимается набор стандартов, ориентированных на выполнение конкретной задачи. Основными целями применения профилей являются:

- снижение трудоемкости проектов АС;
- повышение качества оборудования АС;
- обеспечение расширяемости (масштабируемости) АС по набору прикладных функций;
- обеспечение возможности функциональной интеграции задач информационных систем.

Профили АС включают в себя следующие группы [1]:

- профиль прикладного программного обеспечения;
- профиль среды АС;
- профиль защиты информации АС;
- профиль инструментальных средств АС.

В качестве профиля прикладного программного обеспечения будет использоваться SCADA-система Trace Mode 6.09. Профиль среды АС будет базироваться на операционной системе WindowsXP. Профиль защиты информации будет включать в себя стандартные средства защиты Windows. Профиль инструментальных средств будет основываться на среде OpenPCS.

Концептуальная модель архитектуры OSE/RM паровым котлом представлена на рисунке 1.

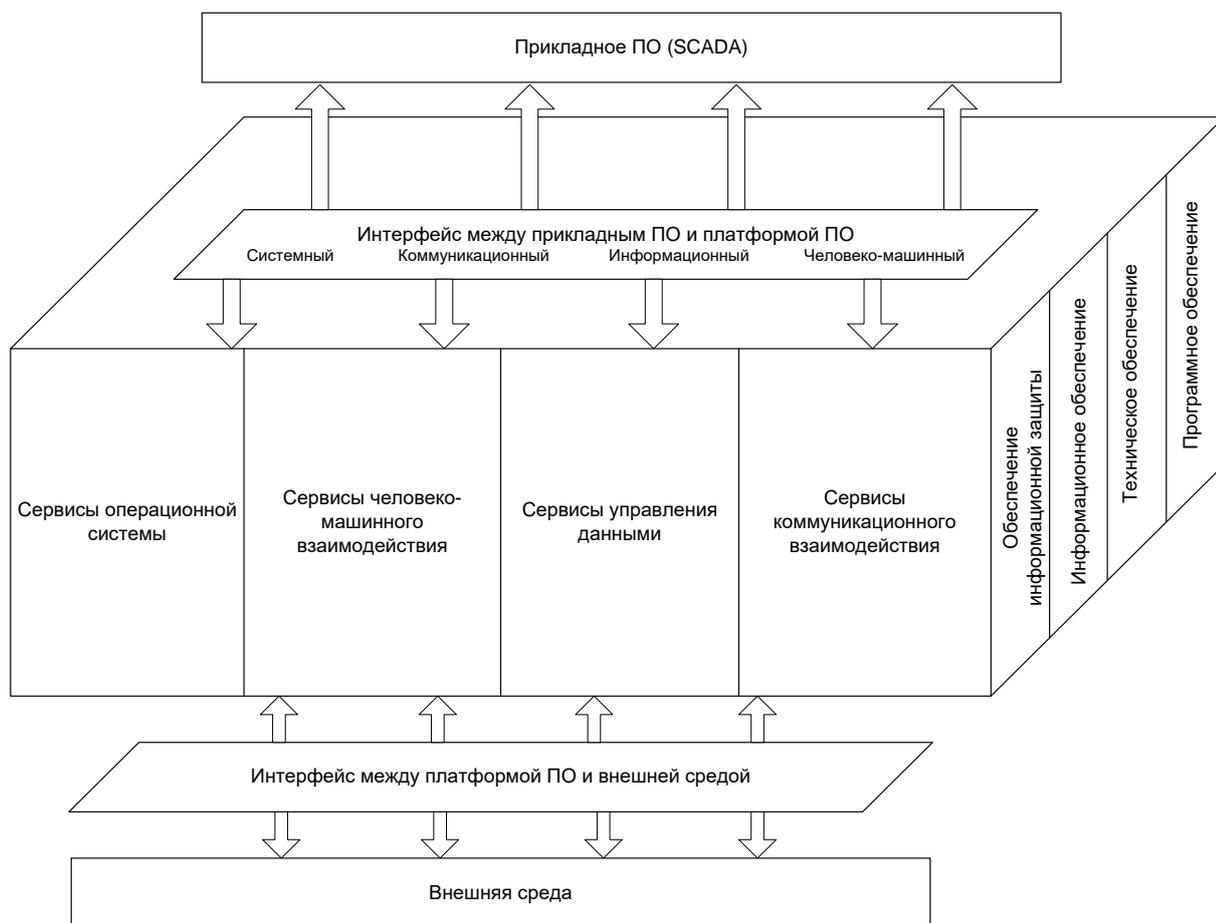


Рисунок 1 – Концептуальная модель архитектуры OSE/RM паровым КОТЛОМ

Концептуальная модель архитектуры OSE/RM предусматривает разбиение ПО на три уровня:

- внешняя среда;
- платформа сервисов;
- прикладное ПО.

Уровни связываются (взаимодействуют) между собой через интерфейсы.

Внешней средой АС является полевой уровень АС.

Платформа сервисов предоставляет сервисы классов API и EEI через соответствующие интерфейсы.

Верхний уровень (прикладное ПО) включает в себя SCADA-системы, СУБД и НМИ.

Наиболее актуальными прикладными программными системами АС являются открытые распределенные АС с архитектурой клиент-сервер. Для решения задач взаимодействия клиента с сервером используются стандарты OPC. Суть OPC сводится к следующему: предоставить разработчикам промышленных программ универсальный интерфейс (набор функций обмена данными с любыми устройствами АС).

На рисунке 2 приведена структура OPC-взаимодействий SCADA УКПН.

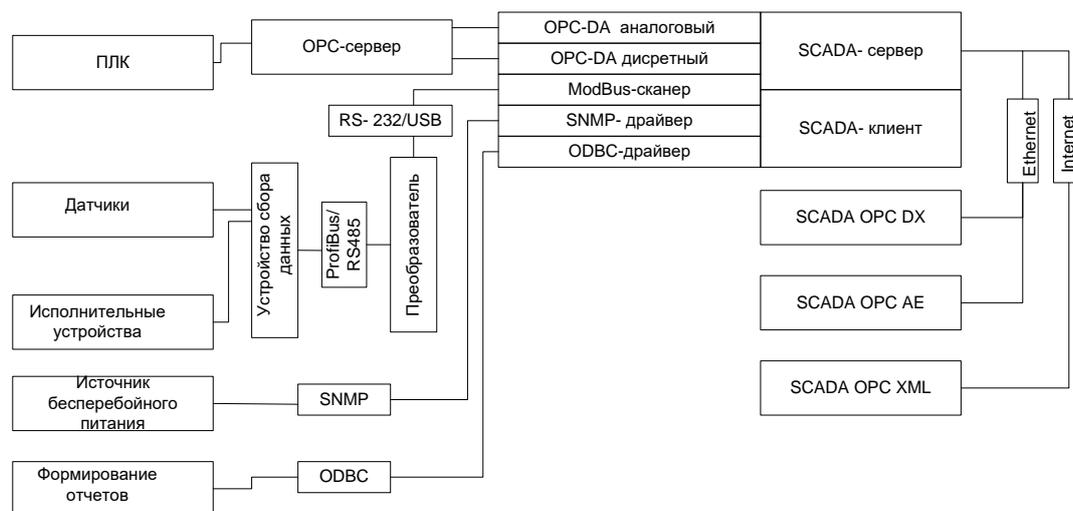


Рисунок 2 – Структура OPC-взаимодействий SCADA УКПН

Взаимодействие ПЛК со SCADA осуществляется посредством OPC-сервера.

Датчики и исполнительные устройства связаны со SCADA посредством унифицированного токового сигнала 4...20 мА. Широко применяется для организации связи промышленного электронного оборудования. Использует для передачи данных последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232, а также сети TCP/IP. Доступ к устройствам полевого уровня (датчикам, исполнительным устройствам) со всех уровней управления предприятием осуществляется посредством стандарта PROFINET (IEC 61850), который поддерживает практически все существующие сети полевого уровня (PROFIBUS, Ethernet, AS-I, CAN, LonWorks и др.).

Связь источника бесперебойного питания со SCADA осуществляется посредством протокола SNMP, который позволяет контролировать всю сетевую инфраструктуру, управляя сетевым оборудованием различных типов, наблюдать за работой служб OSE/RM и анализировать отчеты по их работе за заданный период. SNMP предназначен для мониторинга состояния сети АС и управления сетевыми устройствами.

Формирование отчетов, информационный обмен данными в АС строится с использованием протокола ODBC, который позволяет единообразно оперировать с разными источниками данных.

Основными стандартами OPC являются следующие [1]:

- OPC DA (Data Access), описывающий набор функций обмена данными в реальном времени с ПЛК и другими устройствами;
- OPC AE (Alarms & Events), предоставляющий функции уведомления по требованию о различных событиях;
- OPC DX (Data eXchange), предоставляющий функции организации обмена данными между OPC-серверами через сеть Ethernet;
- OPC XML-DA (XML-Data Access), предоставляющий гибкий, управляемый правилами формат обмена данными через Intranet-среду.

Профиль среды АС должен включать в себя стандарт протокола транспортного уровня Modbus, стандарты локальных сетей (стандарт Ethernet IEEE 802.3 или стандарт Fast Ethernet IEEE 802.3 u), а также стандарты средств сопряжения проектируемой АС с сетями передачи данных общего назначения (в частности, RS-485, сети CAN, ProfiBus и др.).

Профиль защиты информации должен обеспечивать реализацию политики информационной безопасности. Функциональная область защиты информации включает в себя функции защиты, реализуемые разными компонентами АС [1]:

- функции защиты, реализуемые операционной системой;
- функции защиты от несанкционированного доступа, реализуемые на уровне программного обеспечения промежуточного слоя;

- функции управления данными, реализуемые СУБД;
- функции защиты программных средств, включая средства защиты от вирусов;
- функции защиты информации при обмене данными в распределенных системах;
- функции администрирования средств безопасности.

Основополагающим документом в области защиты информации в распределенных системах являются рекомендации X.800, принятые МККТТ (сейчас ITU-T) в 1991 г. Подмножество указанных рекомендаций составляет профиль защиты информации в АС с учетом распределения функций защиты информации по уровням концептуальной модели АС и взаимосвязи функций и применяемых механизмов защиты информации.

Профиль инструментальных средств, встроенных в АС, должен отражать решения по выбору методологии и технологии создания, сопровождения и развития конкретной АС. Функциональная область профиля инструментальных средств, встроенных в АС, охватывает функции централизованного управления и администрирования, связанные [1]:

- с контролем производительности и корректности функционирования системы в целом;
- управлением конфигурацией прикладного программного обеспечения, тиражированием версий;
- управлением доступом пользователей к ресурсам системы и конфигурацией ресурсов;
- перенастройкой приложений в связи с изменениями прикладных функций АС;
- настройкой пользовательских интерфейсов (генерация экранных форм и отчетов);
- ведением баз данных системы;
- восстановлением работоспособности системы после сбоев и аварий.

2.5 Разработка структурной схемы АС

Объектом управления является паровой котел. Структурная схема комплекса аппаратно-технических средств АСУ ТП парового котла построена по трехуровневому иерархическому принципу.

Полевой уровень (нижний) представляет собой первичные средства измерения и исполнительные механизмы:

- датчики температуры;
- расходомер;
- датчики давления;
- датчики уровня;
- клапана с электроприводом.

Основное назначение нижнего уровня:

- измерение параметров технологического процесса и оборудования и преобразования;
- сбор и передачу информации о ходе технологического процесса и состоянии технологического оборудования на верхний уровень посредством оборудования среднего уровня.

Средний (контроллерный) уровень состоит из локального контроллера. Основное назначение — это сбор информации с нижнего уровня, и передача этой информации на верхний. При этом на средний уровень производит выдачу управляющих воздействий на нижний уровень.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень состоит из АРМ оператора, сервера базы данных. На компьютерах операторов установлена программное обеспечение Trace Mode 6.09. Верхний уровень выполняет следующие функции:

- прием информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;

- формирование и оперативное отображение информации в реальном времени в виде мнемосхем с динамическими элементами, таблиц и графиков отражающим текущее состояние технологического процесса;
- формирование и ведение технологической базы данных;
- выборка информации из базы данных реального времени, выборка и поиск информации в исторической и архивной базе данных;
- формирование и отображение протоколов событий;
- формирование и выдача команд дистанционного управления;
- обмен данными с нижним уровнем Системы посредством оборудования среднего уровня;
- печать отчетной документации, сводок, трендов, протоколов событий, перечней неисправностей и/или отказов;
- бесперебойное питание технических средств верхнего уровня.

Структурная схема автоматизации приведена в приложении Б.

2.6 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации.

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса;
- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

В соответствии с заданием разработана функциональная схема автоматизации:

- по ГОСТ 21.208-13 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

Схема автоматизации приведена в приложении В.

2.7 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков, которая приведена в приложении Г, включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки),
- средний уровень (уровень текущего хранения),
- верхний уровень (уровень архивного и КИС хранения).

На нижнем уровне представляются данные физических устройств ввода/вывода. Они включают в себя данные аналоговых сигналов и дискретных сигналов, данные о вычислении и преобразовании.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является как приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Другими словами, она выполняет роль маршрутизатора информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранным формам АРМ-приложений. На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Сигналы между контроллерами и между контроллером верхнего уровня и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- уровень воды емкости, мм,
- температура в паровом котле °С,
- температура пара на выходе из парового котла °С,
- температура воды на выходе из подогревателя °С,
- расход топлива, поступающего в паровой котел м³/ч,
- давление топлива, поступающего в паровой котел, МПа,
- давление жидкости на всасывающем трубопроводе, МПа,
- давление пара на выходе из парового котла, МПа,

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB_CCCC_DDDDD,

где

1) ААА – параметр, три символа, может принимать следующие значения:

- DAV – давление;
- TEM – температура;
- URV – уровень;
- RAS – расход;
- UPR – управляющий сигнал;

2) ВВВ – код технологического аппарата (или объекта), три символа:

- RZ1 – емкость РВС-1/1;
- N11 – насос Н-1/1;
- TRB – трубопровод;
- PD1 – паровой котел 1;
- K1 – регулятор давления К1;
- K2 – регулятор давления К2;

3) СССС – уточнение, не более 4 символов:

- VHOD – входной трубопровод;
- VYHD – выходной трубопровод;
- TOP – трубопровод с топливом;
- AZOT – трубопровод с азотом;
- VSAS – всасывающий коллектор;
- VODA – вода;
- PAR – пар;
- OBMT – обмотка двигателя
- STEN – внутренние стенки печи

4) DDDDD – примечание, не более пять символов:

- REG – регулирование;
- AVARH – верхняя аварийная сигнализация;
- AVARL – нижняя аварийная сигнализация;
- PREDH – верхняя предупредительная сигнализация;
- PREDL – нижняя предупредительная сигнализация.

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 2.

Таблица 2 – кодировка сигналов в SCADA-системе

Кодировка	Расшифровка кодировки
URV_RZ1_VODA_PREDL	Нижний уровень воды в емкости
URV_RZ1_VODA_AVARL	Нижний аварийный уровень воды в емкости
URV_RZ1_VODA_PREDH	Верхний уровень воды в емкости
URV_RZ1_VODA_AVARH	Верхний аварийный уровень воды в емкости
URV_RZ1_VODA	Уровень воды в емкости
DAV_N11_VSAS	Давление на всасывающем коллекторе
TEM_N11_OBMT	Температура обмоток двигателя насоса
TEM_TRB_VHOD	Температура поступающей воды в паровой котел
TEM_TRB_VYHD	Температура подогретой воды из парового котла
TEM_PD1_STEN_REG	Управление температурой внутри парового котла
RAS_TRB_TOP	Расход топлива, поступающего в паровой котел

DAV_TRB_TOP	Давление топлива, поступающего в паровой котел
DAV_PAR_VYHD	Давление пара на выходе из парового котла
DAV_TRB_AZOT	Давление азота, поступающего в подогреватель

Верхний уровень представлен базой данных КИС и базой данных АСУ ТП. Информация для специалистов структурируется наборами экранных форм АРМ. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы. На АРМ диспетчера автоматически формируются различные виды отчетов, все отчеты формируются в формате XML. Генерация отчетов выполняется по следующим расписаниям:

- каждый четный / нечетный час (двухчасовой отчет);
- каждые сутки (двухчасовой отчет в 24.00 каждых суток);
- каждый месяц;
- по требованию оператора (оперативный отчет).

Отчеты формируются по заданным шаблонам:

- сводка по текущему состоянию оборудования;
- сводка текущих измерений.

Историческая подсистема АС сохраняет информацию изменений технологических параметров для сигналов с заранее определенной детальностью. Сохранение данных в базе данных происходит при помощи модуля истории Trace mode history. Данные, хранящиеся более трех месяцев, прореживаются для обеспечения необходимой дискретности.

2.8 Выбор средств реализации

Задачей выбора программно-технических средств реализации проекта АС является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости.

Программно-технические средства АС паровым котлом включают в себя: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование.

Измерительные устройства осуществляют сбор информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

2.8.1 Выбор контроллерного оборудования

Выбор контроллеров происходил из следующих видов Siemens S7-300, Yokogawa YS1700, ОВЕН ПЛК100, Allen-bradly 1796.

В основе системы автоматизированного управления паровым котлом будем использовать ПЛК фирмы Yokogawa YS1700.



Рисунок 3 – ПЛК Yokogawa YS1700

Программируемые контроллер, в котором управляющие и вычислительные функции комбинируются пользователем с использованием средств программирования YSS1000. Каждый контроллер YS1700 может одновременно выполнять вычисления для двух видов ПИД-регулирования и генерировать соответствующие сигналы 4-20 мА. Контроллер YS1700 может также быть использован без программирования, как многофункциональный контроллер. Также цена на внедрение и его обслуживание намного ниже других производителей.

Характеристики:

- Четкий, контрастный цветной ЖК-дисплей.
- Отображение данных в виде численных значений, трендов, гистограмм, отображение сигнализаций и информационных сообщений.
- Различные режимы управления (одноконтурный, каскадный, переключение 2 входов, программируемый (только для YS1700)).
- До 8 аналоговых входов на контроллер (YS1700 с внешней клеммной колодкой).
- Опция прямого входа (прямое подключение термопар, термометров сопротивления, потенциометров и других сигналов).
- Период управления от 0,1 с.
- Программирование с помощью функциональных блоков (только для YS1700).
- Высокая надежность (2 ЦПУ, жесткое ручное управление в случае отказа обоих ЦПУ).
- Защита лицевой панели по IP54.

2.8.2 Выбор датчиков

При работе парового котла необходимо отслеживать уровень воды в емкостях, пара в барабане и острого пара, температуру острого пара в до и после захлаживания.

Выбор датчика давления

Для измерения давления были рассмотрены следующие виды датчиков: Метран 150G, Сапфир 22М, Rosemount 3051С, Yokogawa EJX440А.

Выбираем датчик давления Yokogawa EJX440А. Так как у него выходной сигнал 4-20 мА и поддержка протокола HART, в отличие от Сапфир 22М. Стоимость ниже чем у датчиков Rosemount 3051С и Метран 150G.



Рисунок 4 – Yokogawa EJX440А

Высокоэффективный преобразователь избыточного давления модели EJX440А имеет монокристаллический кремниевый резонансный чувствительный элемент и может быть использован для измерения жидкости, газа или пара. Его выходной сигнал 4–20 мА постоянного тока соответствует величине измеренного давления. Датчик обеспечивает быстрый отклик, позволяет осуществлять дистанционный контроль и установку параметров посредством цифровой связи с BRAIN или HART – коммуникатором, располагает функцией диагностики. Многоточечная технология измерения обеспечивает расширенную диагностику, позволяющую выявлять такие нарушения, как блокировка импульсной линии или поломка теплотрассы. Также можно использовать протокол связи через шину Foundation Fieldbus.

Базовая погрешность $\pm 0,04$ от шкалы

Верхний предел диапазона измерения 32 МПа.

2.8.2.1 Выбор расходомера/уравнемера/напоромера

В ходе работы парового котла, необходимо отслеживать количество острого пара. Для этого были рассмотрены следующие виды расходомеров:

- Метран 350 Anubar;
- Yokogawa ADMAG AXF;
- Micro Motion R200;

Для работы будем использовать расходомеры Yokogawa ADMAG AXF (рисунок 5), т.к в соответствии с техническим заданием он удовлетворяет по точности, как и другие, однако он в несколько раз дешевле. Также внедрение оборудования производителя одной фирмы и его обслуживания, обходится дешевле.



Рисунок 5 – интегрированный расходомер Yokogawa EJA130A

Расходомеры EJA130A предназначены для измерения перепада давления на первичных преобразователях расходомерных комплексов (осредняющие напорные трубки и т. д.);

- ▶ измерение избыточного давления и разрежения;
- ▶ измерение уровня, массы и плотности жидкости в резервуарах;
- ▶ измерение тяги и напора > 10 мм водяного столба.

применяться в различных отраслях промышленности. Высокая точность приборов позволяет применять их на учетно-расчетных операциях и в качестве рабочих эталонов на проливных установках.

Отличительные черты и преимущества:

► полностью цифровая обработка сигнала с сенсора, расширенная самодиагностика;

► лучшее в мире соотношение цена/качество, минимальная стоимость владения.

В расходомерах EJA130A реализован метод 2-частотного возбуждения, свободный от помех, генерируемый рабочей средой.

Функциональные и конструктивные особенности:

1) Простота и удобство эксплуатации:

– Возможность перенастройки шкалы;

– Четкая и многофункциональная индикация;

– Высокая надежность и приспособленность к промышленным условиям эксплуатации;

2) Расширение специализация изделия:

– Улучшенные характеристики по погрешности измерений;

– Специализация по размеру расходомерной шайбы;

3) Расширенные эксплуатационные качества и характеристики

– Метод 2-частотного возбуждения;

– Защита от односторонней перегрузки (дополнительная погрешность не более $\pm 0,03\%$ ВПП/16 МПа);

– Высокочастотный импульсный выход;

Технические характеристики:

Точность $\pm 0,35\%$ от показания;

Температура окружающей среды – $-40 \dots 60 \text{ }^\circ\text{C}$;

Выходные сигналы – от 3 до 7 аналоговых и импульсных сигналов (4...20 мА);

Исполнение – взрывозащищенное IP66/67, IP68;

Межповерочный интервал – 5 лет;

2.8.2.2 Выбор датчика температуры

В процессе работы парового котла необходимо отслеживать температуру в паровом котле, а также пара, подогретой воды. В качестве датчиков температуры были рассмотрены следующие виды датчиков:

- Метран-274;
- Yokogawa YTA320;
- ОВЕН ТСП РТ100;

Датчики ОВЕН являются самым дешевым вариантом, однако мы будем использовать датчики с более высокой точностью, при этом будем использовать интеллектуальные датчики, с поддержкой протокола HART и выходным сигналом 4-20 мА.



Рисунок 6 – преобразователь температуры Yokogawa YTA320

Преобразователи температуры YTA320 представляют собой высокочастотные измерительные преобразователи температуры, принимающие входные сигналы от термопар, термометров сопротивления, омических или милливольтных устройств постоянного тока и преобразующие их для передачи в виде сигнала 4...20 мА постоянного тока. Модель поддерживает протокол связи BRAIN или HART, а также протокол связи FOUNDATION Fieldbus.

Технические характеристики:

Выход: двухпроводной, 4...20 мА постоянного тока, накладывается протокол BRAIN или HART.

Температура окружающей среды: -40...85 °С

Степень защиты: IP66/67

2.8.2.3 Выбор датчика – сигнализатора уровня

При больших скоростях наполнения на емкостях дополнительно устанавливается сигнализатор предельного уровня, подающий сигнал при заполнении емкости. Этот сигнал может использоваться для автоматического отключения насосов, а также для открытия и закрытия задвижек на трубопроводных коммуникациях. Кроме аварийного сигнала схемой автоматизации емкости предусматривается подача предупредительных сигналов о достижении нижнего и верхнего уровней от датчиков-сигнализаторов уровня.

Для сигнализации уровня будем использовать датчик вибрационный сигнализатор уровня жидкости Rosemount 2120 (рисунок 10).



Рисунок 10 – сигнализатор уровня жидкости Rosemount 2120

Прибор обладает следующими отличительными особенностями:

- Точность измерения практически не зависит от влияния течения, пузырьков, турбулентности, пены, вибрации, твердых частиц, покрытия, свойств жидкости и колебания характеристик среды;
- Отсутствие необходимости в калибровке, минимальный объем работ при монтаже
- Удобный доступ к клеммам и устройствам электрозащиты;
- Отсутствие подвижных деталей и щелевых отверстий, благодаря чему прибор практически не требует технического обслуживания;

- Светодиодный индикатор для отображения состояния и режима работы прибора;

- Регулируемая задержка переключения программируется для работы в условиях турбулентности и разбрызгивания;

- Магнитная контрольная точка для быстрого тестирования работы

- Длина вилки со всеми установленными удлинительными элементами до 157,5 дюйма (4 м);

- Конструкция вилки обеспечивает быстрое стекание с нее измеряемой среды и благодаря этому уменьшенное время отклика;

- Выпускаются следующие варианты исполнения: для зон общего назначения, взрывобезопасный/взрывонепроницаемый и искробезопасный варианты.

Сигнализатор Rosemount 2120 работает по принципу камертона. Пьезоэлектрический кристалл возбуждает колебания камертонной вилки с ее собственной частотой. Изменение этой частоты непрерывно отслеживается. Частота колебаний сенсора с вибрирующей вилкой изменяется в зависимости от среды, в которую он погружен. (Чем плотнее жидкость, тем ниже частота.)

В случае использования сигнализатора для формирования сигнала низкого уровня при падении уровня жидкости в резервуаре или трубопроводе ниже уровня вилки происходит изменение собственной частоты колебаний вилки. Данное изменение обнаруживается электронным модулем, который переключает выходное состояние прибора.

При использовании сигнализатора Rosemount 2120 для формирования сигнала высокого уровня изменение выходного состояния прибора происходит при повышении уровня в резервуаре или трубопроводе и контакте среды с вилкой.

Конструкция сигнализатора уровня приведена на рисунке 11:



Рисунок 11 – Конструкция сигнализатора уровня

Схема, показывающая точку переключения при наполнении резервуара приведена на рисунке 12:

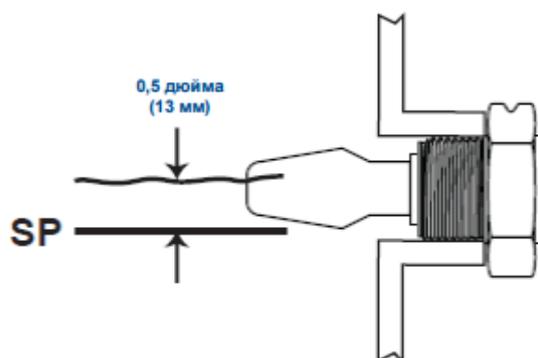


Рисунок 12 – точка переключения при наполнении

Устанавливать сигнализатор следует так, чтобы обеспечивалась возможность его демонтажа. Для демонтажа крышки прибора требуется зазор шириной не менее 30 мм. Необходимо также предусмотреть достаточное пространство для электрического подключения прибора. Корпус из стеклонаполненного нейлона можно поворачивать для упрощения подключения кабелей. Вращение металлических корпусов не предусмотрено.

Перед затягиванием крышки убедиться, что уплотнительное кольцо корпуса установлено ровно, после чего надежно затянуть крышку для обеспечения герметичности прибора.

Наиболее эффективным методом заземления металлического корпуса является его непосредственное соединение с заземляющей шиной с минимальным полным сопротивлением.

Пример монтажа сигнализатора высокого и низкого уровня показан на рисунке 13. «А»- сухой контакт, «В» - мокрый:

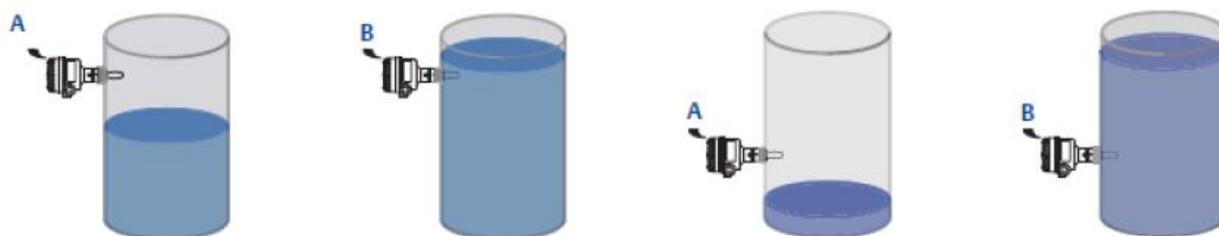


Рисунок 13 – пример монтажа сигнализатора

2.8.3 Нормирование погрешности канала измерения

Нормирование погрешности канала измерения выполняется в соответствии с РМГ 62-2003 «Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации ВНИИМС Госстандарта».

В качестве канала измерения выберем канал измерения расхода. Требование к погрешности канала измерения не более 1 %. Разрядность АЦП составляет 12 разрядов.

Расчет допустимой погрешности измерения расходомера производится по формуле

$$\delta_1 \leq \sqrt{\delta^2 - (\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2)}, \quad (2.1)$$

где $\delta = 1\%$ – требуемая суммарная погрешность измерения канала измерений при доверительной вероятности 0,95;

δ_2 – погрешность передачи по каналу измерений;

δ_3 – погрешность, вносимая АЦП;

δ_4 , δ_5 , δ_6 – дополнительные погрешности, вносимые соответственно окружающей температурой, температурой измеряемой среды, электропроводностью измеряемой среды.

Погрешность, вносимая двенадцатиразрядным АЦП, рассчитывается следующим образом:

$$\delta_3 = \frac{1 \cdot 100}{2^{12}} = 0,02 \text{ \%}.$$

Погрешность передачи по каналу измерений устанавливается рекомендациями:

$$\delta_2 = \frac{1 \cdot 15}{100} = 0,15 \text{ \%}.$$

При расчете учитываются также дополнительные погрешности, вызванные влиянием:

- температуры окружающего воздуха;
- температуры измеряемой среды;
- электропроводностью измеряемой среды.

Дополнительная погрешность, вызванная температурой окружающего воздуха, устанавливается согласно рекомендации:

$$\delta_4 = \frac{1 \cdot 27}{100} = 0,27 \text{ \%}.$$

Дополнительная погрешность, вызванная температурой измеряемой среды, устанавливается согласно рекомендации [4]:

$$\delta_5 = \frac{1 \cdot 27}{100} = 0,27 \text{ \%}.$$

Дополнительная погрешность, вызванная электропроводностью измеряемой среды, устанавливается согласно рекомендации:

$$\delta_6 = \frac{1 \cdot 8}{100} = 0,08 \text{ \%}.$$

Следовательно, допускаемая основная погрешность расходомера должна не превышать

$$\delta_1 \leq \sqrt{1 - (0,0225 + 0,0004 + 0,0729 + 0,0729 + 0,0064)} = 0,9 .$$

В итоге видно, что основная погрешность выбранного расходомера не превышает допустимой расчетной погрешности. Следовательно, прибор пригоден для использования.

2.8.4 Выбор исполнительных механизмов

2.8.4.1 Выбор регулирующего клапана

Исполнительным устройством называется устройство в системе управления, непосредственно реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа.

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

В качестве исполнительного механизма для регулирования расхода в паровом котле будем использовать клапан с электроприводом.

В качестве способа регулирования давления будем использовать метод дросселирования (рисунок 14). FE-FT-FC-FY– контур регулирования расхода (F).

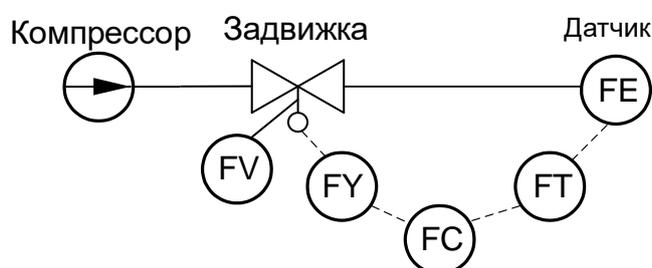


Рисунок 14 – Метод дросселирования

Для быстрого и плавного изменения величины расхода в настоящее время наибольшее распространение получил метод дросселирования потока.

Дросселирующим устройством может служить задвижка (кран, вентиль) или специальная шайба. Применяются также дроссельные втулки.

Регулирование подачи задвижкой удобно тем, что с ее помощью можно быстро изменить режим работы компрессора в зависимости от обстоятельств, т. е. если компрессор работает в переменном режиме.

Выбран конструкционный тип клапана – клеточно-плунжерный регулирующие-отсечной типа КМР.

В качестве регулирующего клапана будет использоваться клапан регулирующий седельный проходной VS2 (рисунок 15):



Рисунок 15 – клапан, регулирующий VS2

При монтаже клапана необходимо убедиться, чтобы направление движения регулируемой среды совпадало с направлением стрелки на его корпусе. Необходимо предусмотреть достаточное пространство вокруг клапана с электроприводом для их демонтажа и обслуживания.

Габаритные размеры приведены на рисунке 16:

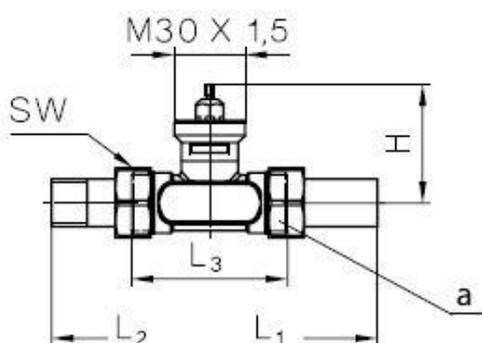


Рисунок 16 – габаритные размеры

Для управления клапана выбран редукторный электропривод АМЕ 10 (рисунок 17):



Рисунок 17 – редукторный электропривод АМЕ 10

Технические характеристики привода приведены в таблице 14.

Таблица 14 – технические характеристики привода

Техническая характеристика	Значение
Тип сигнала управления	4-20 мА
Класс защиты	IP 67
Тип двигателя	Асинхронный
Температурный диапазон, °С	От -40 ... до +90

2.9 Разработка схемы внешних проводов

Схема внешней проводки приведена в приложении Д. Первичные и внешние приборы включают в себя уровнемер Rosemount 5600, расположенный на емкости РВС-1, расходомер Yokogawa ADMAG AXF, расположенный на входе в паровой котел, сигнализаторы уровня воды Rosemount 2120, расположенные на емкости РВС-1, датчики температуры Yokogawa YTA320, расположенные в трубопроводах до и после парового котла, в самом паровом котле и на насосе, датчики давления Yokogawa EJX440A, расположенные в всасывающих коллекторах до насосов, на трубопроводе с топливом, с азотом, на трубопроводе после парового котла. Уровнемер имеет встроенный преобразователь излученного и принятого сигнала. Таким образом, на выходе уровнемера имеется унифицированный токовый сигнал 4...20 мА. В расходомерах сигнал с диафрагмы преобразуется

в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА. Сигнализаторы работают в двух режимах: «сухой» и «мокрый» контакты. В режиме «сухой» контакт при погружении вилки сигнализатора в жидкость, контакты замыкаются, а при извлечении вилки из жидкости контакты коммутируются. В режиме «мокрый» контакт при погружении вилки сигнализатора в жидкость, контакты коммутируются, а при извлечении вилки из жидкости контакты замыкаются. Таким образом сигнализаторы имеют унифицированный дискретный сигнал 0...24 В. На выходе датчика температуры токовый сигнал 4..20 мА. Датчик давления имеет встроенный преобразователь сигнала, таким образом, на выходе имеем токовый сигнал 4..20 мА.

Для передачи сигналов от уровнемера, датчиков давления, датчиков температуры и расходомеров на щит КИПиА используются по три провода, а для сигнализаторов – два провода. В качестве кабеля выбран КВВГ. Это – кабель с медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покровом и предназначен для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в трубе диаметром 20 мм.

2.10 Выбор алгоритмов управления АС

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы:

- алгоритмы пуска (запуска)/ остановки технологического оборудования (релейные пусковые схемы) (реализуются на ПЛК и SCADA-форме),
- релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление

положением рабочего органа, регулирование давления, и т. п.) (реализуются на ПЛК),

– алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуются на ПЛК),

– алгоритмы автоматической защиты (ПАЗ) (реализуются на ПЛК),

– алгоритмы централизованного управления АС (реализуются на ПЛК и SCADA-форме) и др.

В данной выпускной квалификационной работе разработаны следующие алгоритмы АС:

– алгоритм сбора данных измерений,

– алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

Для представления алгоритма пуска/останова и сбора данных будем использовать правила ГОСТ 19.002.

2.11 Алгоритмы управления

2.11.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве канала измерения выберем канал измерения температуры пара. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных с канала измерения температуры представлен в приложении Е. После начала работы идет инициализация показаний датчика температуры. Далее идет проверка на достоверность ввода входного сигнала АЦП. После этого идет масштабирование показаний датчика температуры. Следом идет проверка условий изменения температуры пара, если она изменилась, то идет формирование пакета данных и его посылка, последующими проверками уставок. После чего идет вывод информации на экран.

2.11.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.

В процессе работы твердотопливного котла необходимо поддерживать несколько основных технологических параметров. Основными из них

являются регулирование расхода и температуры перегретого пара. Рассмотрим контур регулирования расхода пара. Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем расход перегретого пара твердотопливного котла. В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям.

Функциональная схема контура регулирования приведена на рисунке 18.

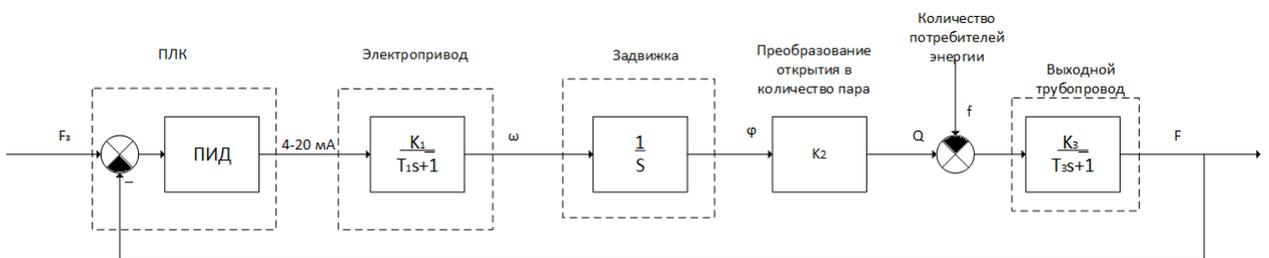


Рисунок 18 – Функциональная схема поддержания расхода пара

Объектом управления является задвижка байпаса ПЭНа. С панели оператора задается расход пара, который необходимо поддерживать на выходном трубопроводе. Далее заданное значение расхода подается на ПЛК. В ПЛК также подается значение с расходомера, происходит сравнение значений, и формируется сигнал управления. Управляющий сигнал поступает на электропривод, который регулируется аналоговым входом 4-20 мА. Электропривод формирует сигнал на задвижку, которая формирует угол поворота открытия задвижки. Согласно углу поворота открытия задвижки, меняется расход перегретого пара в выходном трубопроводе.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором уравнений.

Задвижка с электроприводом:

$$T_1 \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_1 \cdot I;$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega .$$

Преобразования открытия в количество вещества:

$$Q = k_2 \varphi .$$

Выходной трубопровод

$$T_3 \frac{dF}{dt} + F = k_3 \cdot \nu$$

Здесь:

I – токовый сигнал управления;

ω – угловая скорость двигателя;

φ – угол поворота заслонки;

Q – количество вещества;

F – расход пара в выходном трубопроводе;

Исходные данные приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Исходные данные для моделирования

K_1	T_1	k_2	K_3	T_3
15	0.05	600	20	12

Модель с представлена на рисунке 19.

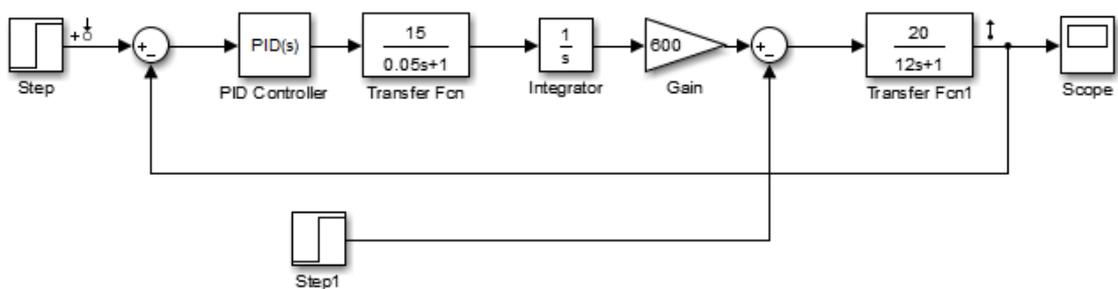


Рисунок 19 – Модель САР

График переходного процесса САР мы можем наблюдать на рисунке 20

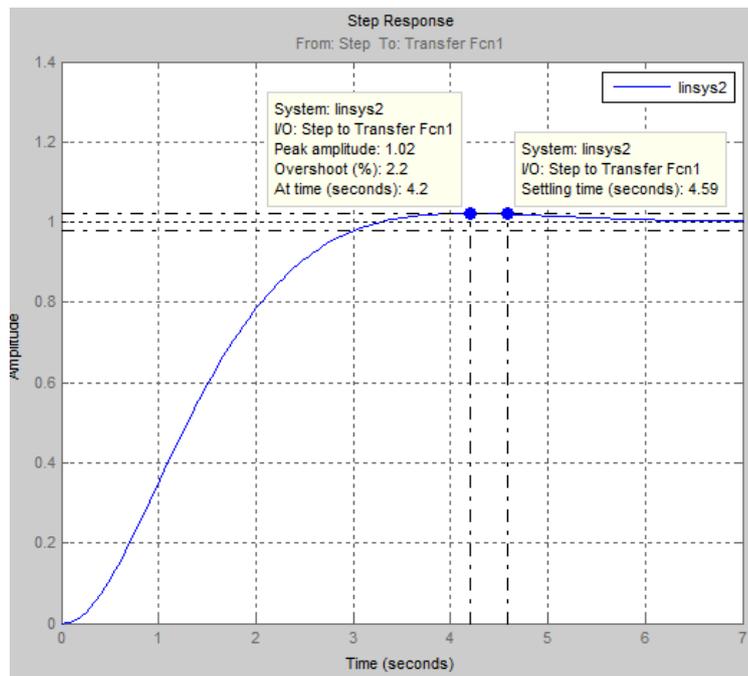


Рисунок 20 – График переходного процесса

Получили монотонный процесс, время переходного процесса составило 4,59 секунд, перерегулирование не значительное и равно 2,2%. Ошибка регулирования равна нулю.

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Цель

Целью данного проекта является оценка эффективности разработки автоматизации технологически процессов парового котла Нерюнгринской ГРЭС. Данная разработка позволит уменьшить временные и денежные затраты на обслуживание, ремонт парового котла ГРЭС.

3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются крупные предприятия производящие электрическую энергию. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система управления парового котла, входящая в состав ГРЭС.

В таблице 18 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» – АО «Томская генерация», «Б» – ООО «Территориальная генерирующая компания», «В» – ООО «ЯГРЭС-2»

Таблица 18 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Мелкая	А, Б, В	А, Б	Б, В	В
	Средняя	А, Б, В	А, Б	В	В
	Крупная	Б, В	А	В	В

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

3.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности разработки и определить направления для ее будущего повышения. В качестве аналогов были рассмотрены два ГРЭС: АО Томская генерация и ООО Территориальная генерирующая компания. Данные ГРЭС являются ведущими в области производства электрической энергии в Томской области.

В таблице 19 «Томская генерация» – конкурент 1, «Территориальная генерирующая компания» – конкурент 2.

Позиция разработки и конкурентов оценивалась по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме составляют 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (1)$$

,где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 19 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,03	5	2	4	0,15	0,06	0,12
Удобство в эксплуатации	0,02	4	2	4	0,08	0,04	0,08
Помехоустойчивость	0,06	2	3	2	0,12	0,18	0,12

Энергоэкономичность	0,09	3	4	2	0,27	0,36	0,18
Надежность	0,14	5	2	5	0,7	0,28	0,7
Уровень шума	0,01	2	2	2	0,02	0,02	0,02
Безопасность	0,15	5	3	5	0,75	0,45	0,75
Потребность в ресурсах памяти	0,02	2	3	3	0,04	0,06	0,06
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	2	2	1	0,06	0,06	0,03
Простота эксплуатации	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
Качество интеллектуального интерфейса	0,04	4	2	4	0,16	0,08	0,16
Ремонтопригодность	0,02	5	2	4	0,1	0,04	0,08
Экономические критерии оценки эффективности							
Предполагаемый срок эксплуатации	0,02	2	1	2	0,04	0,02	0,04
Послепродажное обслуживание	0,02	1	5	3	0,02	0,1	0,06
Финансирование научной разработки	0,04	3	5	1	0,12	0,2	0,04
Срок выхода на рынок	0,09	4	3	5	0,36	0,27	0,45
Наличие сертификации разработки	0,07	5	3	3	0,35	0,21	0,21
Сертификация предприятия	0,03	2	2	1	0,06	0,06	0,03
Консультирование	0,04	2	4	5	0,08	0,16	0,2
Организация логистики	0,03	1	4	4	0,03	0,12	0,12
Итого:	1	63	57	64	3,71	2,92	3,65

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

3.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой

комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 20.

Таблица 20 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Экономичность и энергоэффективность проекта.</p> <p>С2. Наличие опытного руководителя.</p> <p>С3. Более низкая стоимость.</p> <p>С4. Актуальность разработки.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие работающего прототипа.</p> <p>Сл2. Большой срок поставок оборудования.</p> <p>Сл3. Необходимость в обслуживающем персонале более высокой квалификации.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Большой потенциал применения данной системы.</p> <p>В2. Использование существующего ПО.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>1 Ввести систему управления, мало распространенной на территории РФ и находящейся на уровне лучших зарубежных аналогов.</p> <p>2 Использовать существующее программное обеспечение что позволяет не тратить время и деньги на создание уникального ПО.</p>	<p>1. Создать работающий прототип на базе программных эмуляторов производственного процесса.</p> <p>2 создание курсов по повышению квалификации персонала</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии.</p> <p>У2. Развитая конкуренция.</p> <p>У3. Сложность перехода на новую систему.</p>	<p>1 Внедрить новую систему управления учитывая всю актуальность разработки, что не должно сказаться на спросе.</p> <p>2 Проводить грамотное управление проектом.</p>	<p>1 Выбрать оптимального поставщика и службу доставки.</p> <p>2 Производить регулярный мониторинг рынка на предмет новых разработок и инноваций.</p>

3.3.1 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.

Для определения возможных альтернатив проведения научных исследований использовался морфологический подход, основанный на

систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения объекта исследования.

В рамках данного исследования были выделены три альтернативных варианта проведения исследования: оптимальный вариант представлен без заливки 3.

Таблица 21 – Морфологический анализ

	1	2	3
Количество разработчиков	2	1	1
Средства автоматизации	Контроллеры Siemens, полевое оборудование Метран	Контроллеры Allen-Bradley, полевое оборудование ОБЕН, Rosemount, WICKA	Контроллеры Yokogawa, полевое оборудование Метран, Rosemount
Языки программирования	CFC, FBD, LD, ST	CFC, ST	LD, FBD, ST
Возможность наращивания	До 128 точек	До 64 точек	До 512 точек
Сроки выполнения	Установленные сроки по ТЗ	Установленные сроки по ТЗ, включая переговоры	Установленные сроки по ТЗ
Языковая локализация проекта	Более чем 2 страны	2 страны	2 страны

3.4 Планирование научно-исследовательских работ

3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках научного исследования составим перечень этапов и работ, который представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер
Теоретическое и экспериментальное исследование	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер
	11	Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер
	12	Составление схемы информационных потоков	Инженер
	13	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	14	Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер
	15	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Инженер
	16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер
	17	Проектирование SCADA-системы	Инженер
	18	Составление пояснительной записки	Инженер

3.4.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

В таблице 23 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 23 – временные показатели проведения работ

	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t min	t max	t ож			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	1	1,4	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	5	3,2	1	3,2	5
Изучение существующих объектов проектирования	2	5	3,2	1	3,2	5
Календарное планирование работ	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Проведение теоретических расчетов и обоснований	1	3	1,8	1	1,8	3
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	2	4	2,8	1	2,8	4
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Оценка эффективности полученных результатов	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Определение целесообразности проведения ОКР	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	1	2	1,4	1	1,4	2
Составление перечня вход/выходных сигналов	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Составление схемы информационных потоков	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка схемы внешних проводок	1	3	1,8	1	1,8	3
Разработка алгоритмов сбора данных	1	3	1,8	1	1,8	3

Разработка алгоритмов автоматического регулирования	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	2	4	2,8	1	2,8	4
Проектирование SCADA-системы	2	5	3,2	1	3,2	5
Составление пояснительной записки	1	3	1,8	1	1,8	3

На основе таблицы 23 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 6 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 24 – План-график

№ работ	Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ													
			Февраль		Март			Апрель			Май		Июнь			
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1			
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер														
3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер														
4	Календарное планирование работ	Руководитель														
		Инженер														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер														
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер														
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер														
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель														
		Инженер														
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель														
		Инженер														
10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер														

Уровнемер	Шт	1	1	1	68000	7 700	8 000	78200	3355	8200
Сигнализатор уровня	Шт	4	4	4	32000	9 000	2 000	147200	7400	47200
Клапан с электроприводом	Шт	2	2	2	254000	32 000	64 000	607200	33600	84200
Итого								2191900	1952240	1704645

4.1.1 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК. В таблице 26 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 26 – расчет бюджета затрат на приобретения ПО

	Наименование оборудования			Количество единиц, штуки			Цена единицы оборудования, рубли		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Master SCAD A	Simplight	Trace Mode 6.09	1			28000	12000	78000
Итого:							Вариант 1	28000	
							Вариант 2	12000	
							Вариант 3	78000	

4.1.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата в час для каждого из исполнителей равна 100 рублей.

Таблица 27 – Расчет заработной платы для исполнителей и руководителя для 1 варианта исполнения

	Заработная плата в час	Количество часов	З _{осн}
Исполнитель 1	100	537,3	53730
Исполнитель 2	100	537,3	53730
Руководитель	175	20	3500

Таблица 28 – Расчет заработной платы для исполнителей и руководителя для 2 варианта исполнения

	Заработная плата в час	Количество часов	З _{осн}
--	------------------------	------------------	------------------

Исполнитель 1	100	895,5	89550
Руководитель	175	20	3500

Таблица 29 – Расчет заработной платы для исполнителей и руководителя для 3 варианта исполнения

	Заработная плата в час	Количество часов	З _{осн}
Исполнитель 1	100	895,5	93050
Руководитель	175	20	3500

Суммарные затраты на заработную плату составят:

- 110 960 рублей для варианта 1;
- 93 050 рублей для варианта 2;
- 93 050 рублей для варианта 3.

4.1.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды составляют:

- 33509,92 рублей для 1 варианта разработки;
- 28101,1 рублей для 2 варианта разработки;
- 28101,1 для 3 варианта разработки.

Ставка на 2017 год составляет 30,2%.

4.1.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 30.

Таблица 30 – расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НИИ	2 191 900	1952240	1704645
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	28000	12000	78000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	110 960	93 050	93 050

4. Отчисления во внебюджетные фонды	33 509,2	28101,1	28101,1
5. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-
6. Контрагентские расходы	-	-	-
7. Накладные расходы	350 704	312 959	272 743
9. Бюджет затрат НИИ	2 604 113	2 397 750	2 176 539

По выполненным расчетам можно сделать следующие выводы: наиболее затратным является 1 вариант исполнения (сумма затрат составляет 2 604 113 рублей). Выбранный для разработки вариант исполнения №3 оценен в 2 176 539 рублей. По приведенным данным видно, что наибольшие затраты необходимы для заработной платы исполнителей системы.

4.1.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.1.5.1 Интегральный финансовый показатель.

Интегральный показатель рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

Для каждого из вариантов был рассчитан интегральный финансовый показатель:

- 1 вариант: 1;
- 2 вариант: 0,93;
- 3 вариант: 0,84.

4.1.5.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности.

Данный показатель определяется следующей формулой:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \text{ где}$$

a_i – весовой коэффициент очередного варианта разработки;

b_i – экспериментально установленная бальная оценка варианта разработки;

Таблица 31 – Результат расчета интегрального показателя ресурсоэффективности

Показатели	Весовой коэффициент параметра	1	2	3
Удобство при разработке	0,15	3	4	4
Удобство при эксплуатации	0,05	3	4	4
Уменьшение технологических потерь	0,1	2	4	5
Производительность	0,3	3	5	5
Скорость работы системы	0,3	3	5	5
Уменьшение ЧС	0,1	3	5	5
Итого	1	2,9	4,7	4,8

4.1.5.3 Сравнительная эффективность разработки

Таблица 32 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,93	0,84
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	2,9	4,7	4,8
3	Интегральный показатель эффективности	2,9	5,05	5,71
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,74	1,97

С позиции финансовой эффективности наиболее эффективным вариантом является 3 вариант разработки. Наиболее затратным является 1 вариант, он же является самым быстрым в реализации. 2 вариант имеет долгую реализацию и самую низкую стоимость разработки.

5 Социальная ответственность

Аннотация

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

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

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

Введение

Данный раздел выпускной квалификационной работы рассматривает вопросы выявления и анализа вредных и опасных факторов труда, оценки условий труда и разработки мер защиты от них для рабочего места оператора комплексом мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера, минимизирующих негативные последствия проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

Объектом исследования будет выступать цех где расположен паровой котел.

В ВКР рассматривается паровой котел ГРЭС. Ролью обслуживающего персонала становится наблюдение за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочей зоны, которой является площадка, непосредственно куда проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы.

6. Профессиональная социальная безопасность

6.1.1 Анализ вредных и опасных факторов

По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические. Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 33.

Таблица 33 – Опасные и вредные фактора при работе

Источник фактора, наименование видов работы	Факторы (по ГОСТ 12.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<i>Рабочим местом является зона расположения парового котла ГРЭС. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров парового котла. Площадка где паровой котел, находится на территории Нерюнгринской ГРЭС.</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень шумов 2. Повышенный уровень вибрации 3. Электромагнитные излучения 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Электро-безопасность 2. Пожаро-взрывобезопасность 	<p>Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [1]</p> <p>Вибрация – ГОСТ 31192.2-2005 [3]</p> <p>Электромагнитное излучение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340 [5]</p> <p>Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82 [6]</p> <p>Пожарная безопасность – СНиП 2.11.03-93 [7]</p>

6.1.2 Анализ вредных факторов

6.1.2.1 Повышенный уровень шума

Шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Он может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне.

Сильный шум вызывает трудности в распознавании цветовых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, остроту зрения, зрительную адаптацию, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные движения, уменьшает на 5-12% производительность труда. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах. Длительное воздействие шума с уровнем звукового давления 90дБ снижает производительность труда на 30-60%. Неблагоприятное действие шума на человека зависит не только от уровня звукового давления, но и от частотного диапазона шума (наиболее важный для слухового восприятия интервал от 45 до 10000 Гц), а также от равномерности воздействия в течение рабочего времени

По нормам (СП 51.13330.201) при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 75 дБ [12].

При разработке проектируемой системы добавилось электрооборудование, которое является источником шума, такие как автоматические задвижки, электромагнитные реле. При этом основным источником шума являются компрессоры, паровой котел. До разработки автоматизированной системы шум на площадке парового котла составлял 75 дБ, после внедрения автоматизированной установки уровень шума повысился до 80 дБ.

Во время работы персонала в зоне расположения парового котла

обслуживающему и производственному персоналу необходимо одевать наушники или беруши.

Снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки стен и потолка помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создают однотонные занавески из плотной ткани, повешенные в складку на расстоянии 15-20 см от ограждения. Ширина занавески должна быть в 2 раза больше ширины окна.

Наиболее простым и действенным способом облегчения работ, является кратковременные отдыхи в течение рабочего дня при выключенных источниках шума.

6.1.2.2 Электромагнитное излучение

Гигиеническое нормирование уровня вибраций на рабочем месте регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [4].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

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

Таблица 34 – Гигиенические нормы вибрации

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

Основными источниками вибрации в зоне парового котла являются работающие задвижки, электроприводы, компрессорные агрегаты.

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;
- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы;
- Во время работы насосных агрегатов необходимо использовать средства индивидуальной защиты (специальные рукавицы, перчатки, прокладки, виброзащитная обувь).

6.1.2.3 Электромагнитное излучение

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимых характер.

На производстве имеется множество источников электромагнитных полей (высоко- и низковольтные кабели, шины, трансформаторы тока и напряжения, распределительные шкафы, шкафы управления, а также насосные агрегаты, работающие от сети переменного тока).

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле приведены в таблице 27 [5].

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, Н [А/м]/В [мкТл] при воздействии
-----------------------	--

	Общем	Локальном
≤ 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

После внедрения автоматизированного комплекса, уровень магнитного поля не превышает 200 А/м, а время пребывания обслуживающего персонала не более 2 часов в смену. Трансформаторы (активная часть) – помещены в металлических маслонаполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах.

Уровень влияния магнитного поля незначителен, следовательно, дополнительных средств защиты от магнитного излучения не требуется. В силу незначительности дополнительной защиты от электромагнитных излучений не требуется.

6.1.3 Анализ опасных факторов

6.1.3.1 Электробезопасность

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности, т.к. его трудно определить в токо- и нетоковедущих частях оборудования, которые являются хорошими проводниками электричества. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000 В). С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности.

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного

поля и статического электричества.

Во время монтажа и эксплуатации линий электросети необходимо полностью сделать невозможным возникновения электрического источника возгорания в следствии короткого замыкания и перегрузки проводов, ограничивать применение проводов с легковоспламеняющейся изоляцией и, за возможности, перейти на негорючую изоляцию.

Линия электросети для питания шкафов автоматики, периферийных устройств и оборудования для обслуживания, ремонта и налаживания шкафов автоматики выполняется как отдельная групповая трехпроводная сеть, путем прокладки фазового, нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. Нулевой защитный проводник используется для заземления (зануление) электроприемников и прокладывается от стойки группового распределительного щита, распределительного пункта к розеткам питания.

Использование нулевого рабочего проводника как нулевого защитного проводника запрещается, а также не допускается подключение этих проводников на щите до одного контактного зажима.

Площадь перерезу нулевого рабочего и нулевого защитного проводника в групповой трехпроводной сети должна быть на меньше площади перерезу фазового проводника. Все проводники должны отвечать номинальным параметрам сети и нагрузки, условиям окружающей среды, условиям деления проводников, температурному режиму и типам аппаратуры защиты, требованиям ПОЭ.

При проектировании автоматизированной системы добавилось большое количество электроприборов, таких как датчики, исполнительные механизмы с электроприводами.

Данное оборудование работает от постоянного тока, с напряжением 24 В, относительная влажность воздуха 50%, средняя температура около 24°C.

Для указанных электроприборов никаких дополнительных средств электрозащиты не требуется, т. к. при низковольтном напряжении 24 В, вероятность поражения током маловероятна. Для гашения дуги

исполнительных реле, были подобраны реле со встроенным дугогасительным устройством.

Контроллерное оборудование, исполнительные нагревательные элементы работают от сети переменного напряжения 220 В и частотой 50 Гц. Данное оборудование подключено через распределительный шкаф. Эти виды оборудования являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При осмотре, работе, наладке этого оборудования возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения вблизи от распределительного шкафа. Поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение».

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходима изоляция токоведущих частей, установлено защитное отключение, защитное заземление и зануление [6].

Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям согласно с [7]:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;
- наличие непроводящего полового покрытия.

6.1.3.2 Микроклимат

Высокая производительность и комфортность труда на рабочем месте оператора АСУ зависит от микроклимата в производственном помещении. Микроклимат определяется действующими на организм человека

сочетаниями температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Санитарные правила и нормы предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

По степени физической тяжести работа оператора АСУ относится к категории лёгких работ. Основные нагрузки на организм – нервно-психологические, а также зрительные. Так как основным видом работы оператора АСУ является работа с прикладным программным обеспечением и технической документацией, то потенциальными источниками опасных и вредных факторов являются персональные компьютеры и мониторы.

Поэтому в помещении должны быть обеспечены оптимальные параметры микроклимата, которые установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека.

В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата согласно требованиям [1] и приведены в таблице 28, а допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений приведены в таблице 29.

Таблица 28 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а	23-25	40-60	0,1
Теплый	Категория 1а	20-22	40-60	0,1

Таблица 29 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

		Температура воздуха		Скорость движения воздуха
--	--	---------------------	--	---------------------------

Период года	Категория работ	Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более	Относительная влажность воздуха	Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более
Холодный	Категория 1а	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	Категория 1а	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [1] и приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Расход свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
20...40 м ³ на человека	Не менее 20
Более 40 м ³ на человека	Естественная вентиляция

6.1.3.3 Освещенность рабочего места

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

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

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

Для определения приемлемого уровня освещенности в помещении необходимо:

- определить требуемый для операторов уровень освещенности внешними источниками света;

- если требуемый уровень освещенности не приемлем для других операторов, работающих в данном помещении, надо найти способ сохранения требуемого контраста изображения другими средствами.

Рекомендуемые соотношения яркостей в поле зрения следующие:

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

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

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

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

Согласно СНИП 23-05-95 нормы на освещение для оператора поста управления берутся для производственных помещений. Эти нормы представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Нормы на освещение для оператора

			Искусственное освещение	
--	--	--	--------------------------------	--

Характер зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Освещенность при системе общего освещения, лк	Коэффициент пульсации, К _п , %	Естественное освещение КЕО _{ен} , % при боковом
Различение объектов высокой точности	Б	1	300	15	1,0

6.2 Экологическая безопасность

При нормальной работе технологического оборудования возможны постоянные небольшие утечки загрязняющих веществ в атмосферу. Выброс вредных веществ происходит:

- на открытых технологических площадках через запорно-регулирующую арматуру;
- от оборудования, расположенного в блоках, через воздухопроводы и дефлекторы;
- при заполнении емкостей через воздушников и свечи рассеивания;
- при сжигании угля.

При работе технологического оборудования возможны периодические непродолжительные по времени (залповые) выбросы, превышающие по мощности постоянные. Это технически неизбежные выбросы, обусловленные технологическим регламентом производства.

По охране окружающей среды проведены мероприятия:

- Максимальная герметизация производственного процесса;
- Сокращено прямоточное водоснабжение за счет использования аппаратов воздушного охлаждения;
- Направление не сконденсировавшихся газов стабилизации в систему газосбора или в дренажные емкости;

- Замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором.

Воздействие на селитебные зоны не распространяется, в связи удаленностью данного предприятия от жилой зоны.

Воздействие на атмосферу также незначительное, т. к. системы автоматики позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации.

Воздействие на гидросферу. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

Воздействие на литосферу. В связи с тем, что для производства и обслуживания оборудования средств автоматизации необходимы ресурсы, оказывается влияние на литосферу, а именно на недра земли, добыча ископаемых. В этом случае мы не можем повлиять на защиту литосферы, однако после использования оборудования необходимо его утилизировать в соответствующих местах утилизации.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Пожарная безопасность

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага [15].

Под пожарной безопасностью понимается состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами:

- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткое замыкание в блоке питания или высоковольтном блоке дисплейной развертки;

- нарушенная изоляция электрических проводов;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.;

наличие кислорода, как окислителя процессов горения.

К основным причинам пожаров на ГРЭС можно отнести следующие:

- короткие замыкания в цепях систем автоматики;
- разгерметизация котла;
- несоблюдение правил пожарной безопасности на территории ГРЭС (курение и т. п.).

В качестве основного средства тушения пожара принят 6% раствор пенообразователя. Инертность систем АПТ (с момента возникновения пожара до поступления пены) должна быть не более 3 мин.

Расчётное время тушения пожара пенным раствором принято в соответствии с ВНПБ 01-01-01 и составляет 15 минут. Продолжительность водотушения (охлаждение горящих резервуаров) составляет 4 часа по СНиП 2.11.03-93 [7].

После внедрения автоматизированной системы управления добавилось электрооборудование, которое потенциально повышает вероятность воспламенения. В связи с этим все датчики были подобраны со взрывобезопасным исполнением, дополнительно были заказаны искробезопасные цепи. Дополнительных первичных средств пожаротушения не требуется



6.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений

- ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». Настоящий стандарт распространяется на опасные и вредные производственные факторы, устанавливает их классификацию и содержит особенности разработки стандартов ССБТ на требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов.
- СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. Санитарные нормы устанавливают классификацию шумов; нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума на рабочих местах, допустимые уровни шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
- СП 51.13330.2011. Защита от шума. Настоящий свод правил устанавливает нормы допустимого шума на территориях и в помещениях зданий различного назначения, порядок проведения акустических расчетов по оценке шумового режима на этих территориях и в помещениях зданий, порядок выбора и применения различных методов и средств для снижения расчетных или фактических уровней шума до требований санитарных

норм, а также содержит указания по обеспечению в помещениях специального назначения оптимального акустического качества с точки зрения их функционального назначения.

4. ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Настоящий стандарт устанавливает требования к проведению измерений и оценке воздействия локальной вибрации на рабочем месте

5. СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарные правила устанавливают санитарно-эпидемиологические требования к условиям производственных воздействий ЭМП, которые должны соблюдаться при проектировании, реконструкции, строительстве производственных объектов, при проектировании, изготовлении и эксплуатации отечественных и импортных технических средств, являющихся источниками ЭМП.

6. Гост Р 12.1.019 – 2009. Электробезопасность. Настоящий стандарт относится к группе стандартов, регламентирующих требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации.

Заключение

В результате выполненной работы была разработана система автоматизированного управления парового котла. В ходе работы был изучен технологический процесс парового котла Нерюнгинской ГРЭС. Были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации конденсатором холодильной установки, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. В данной выпускной квалификационной работе была разработана схема внешних проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить. Для управления технологическим оборудованием и сбором данных были разработаны алгоритмы. Для поддержания расхода был разработан алгоритм автоматического регулирования температуры (разработан ПИД-регулятор).

Таким образом, спроектированная САУ не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями.

Conclusion

As a result of the work done, a system for automated control of a steam boiler was developed. In the course of the work, the technological process of the steam boiler of the Neryunginskaya GRES was studied. The structural and functional schemes of automation of the condenser by the refrigeration unit have been developed, allowing to determine the composition of the necessary equipment and the number of data and signal transmission channels. In this final qualification work, a scheme of external postings has been developed that makes it possible to understand the system of signal transmission from field devices to the instrumentation and control panel of the operator and, in the event of malfunctions, it is easy to eliminate them. Algorithms were developed for the control of technological equipment and data collection. To maintain the flow rate, an automatic temperature control algorithm was developed (a PID controller was developed).

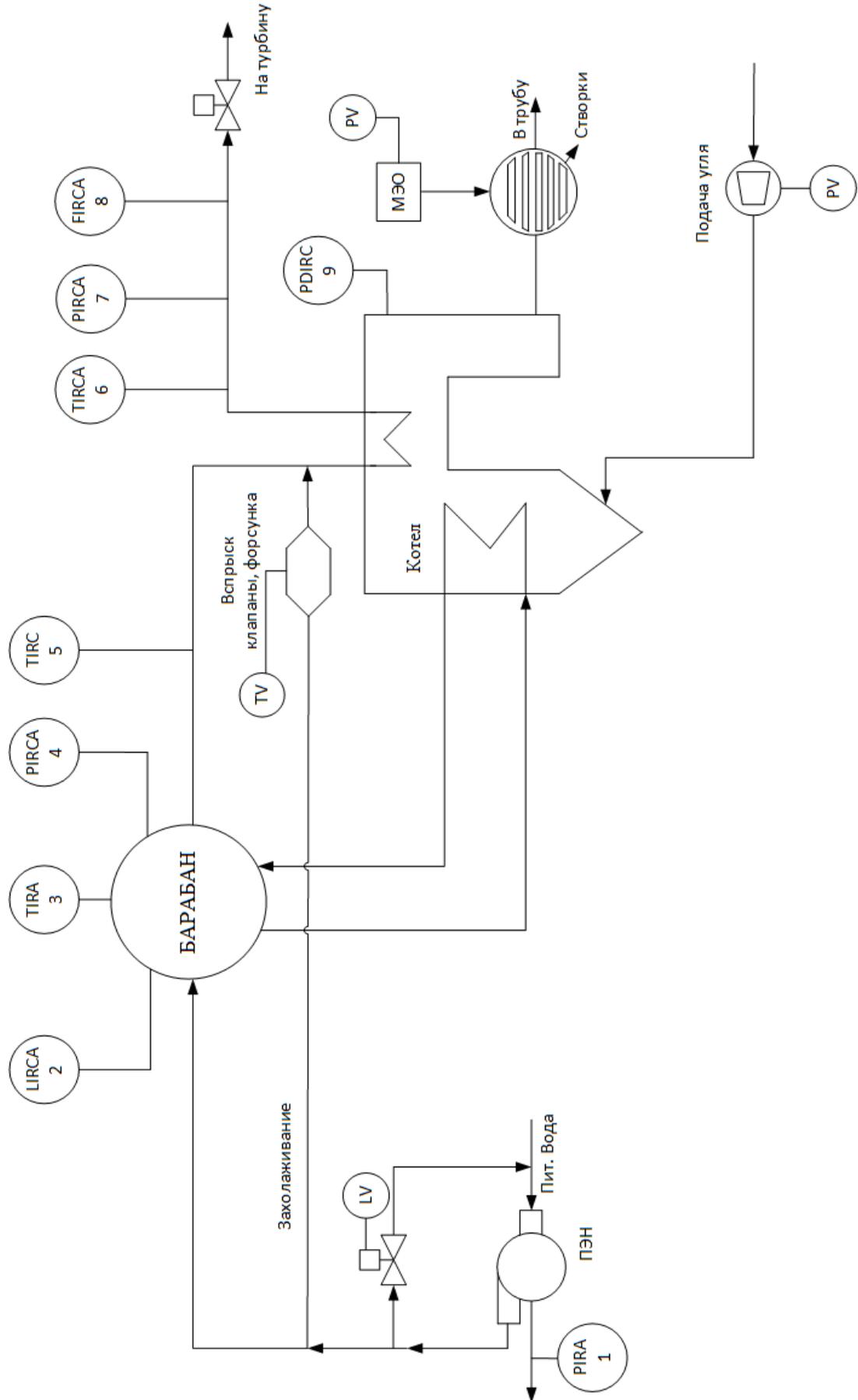
Thus, the designed ACS not only meets the current requirements for the automation system, but also has high flexibility, allowing to change and modernize the developed ACS in accordance with increasing requirements throughout the life of the system.

Список использованных источников

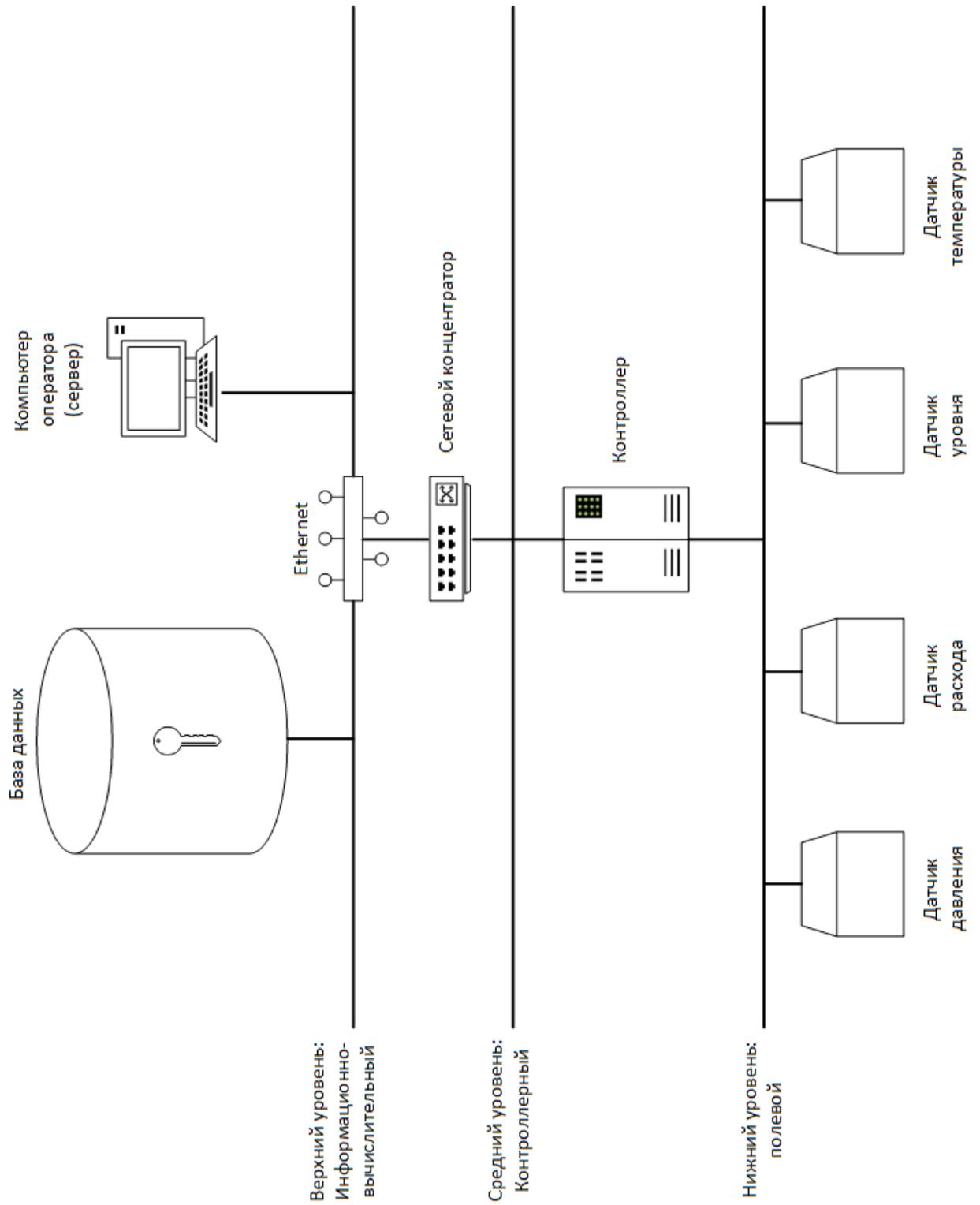
1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вицашк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. Технические требования к подсистеме технологических защит, выполненных на базе микропроцессорной техники. РД 153-34.1-35.137-00 – Москва 2000.
9. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация».
10. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки
11. СП 51.13330.2011. Защита от шума.

12. ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека.
13. СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях.
14. Гост Р 12.1.019 – 2009. Электробезопасность.

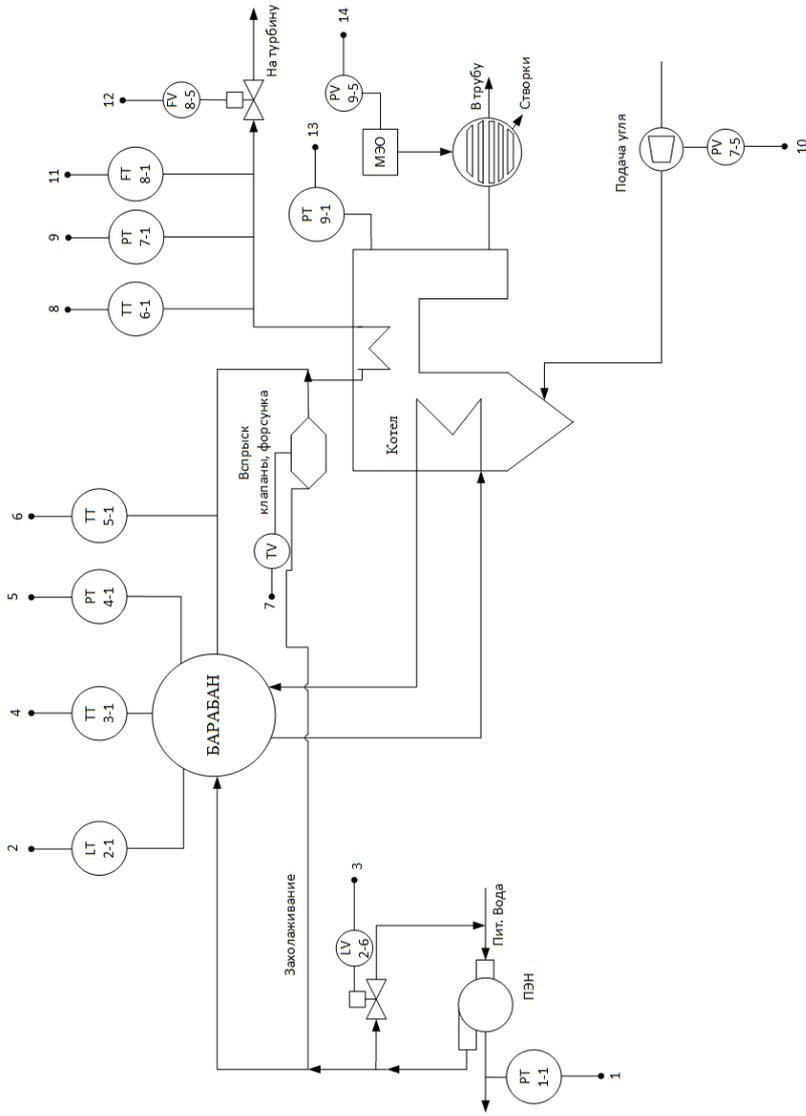
Приложение А



Приложение Б

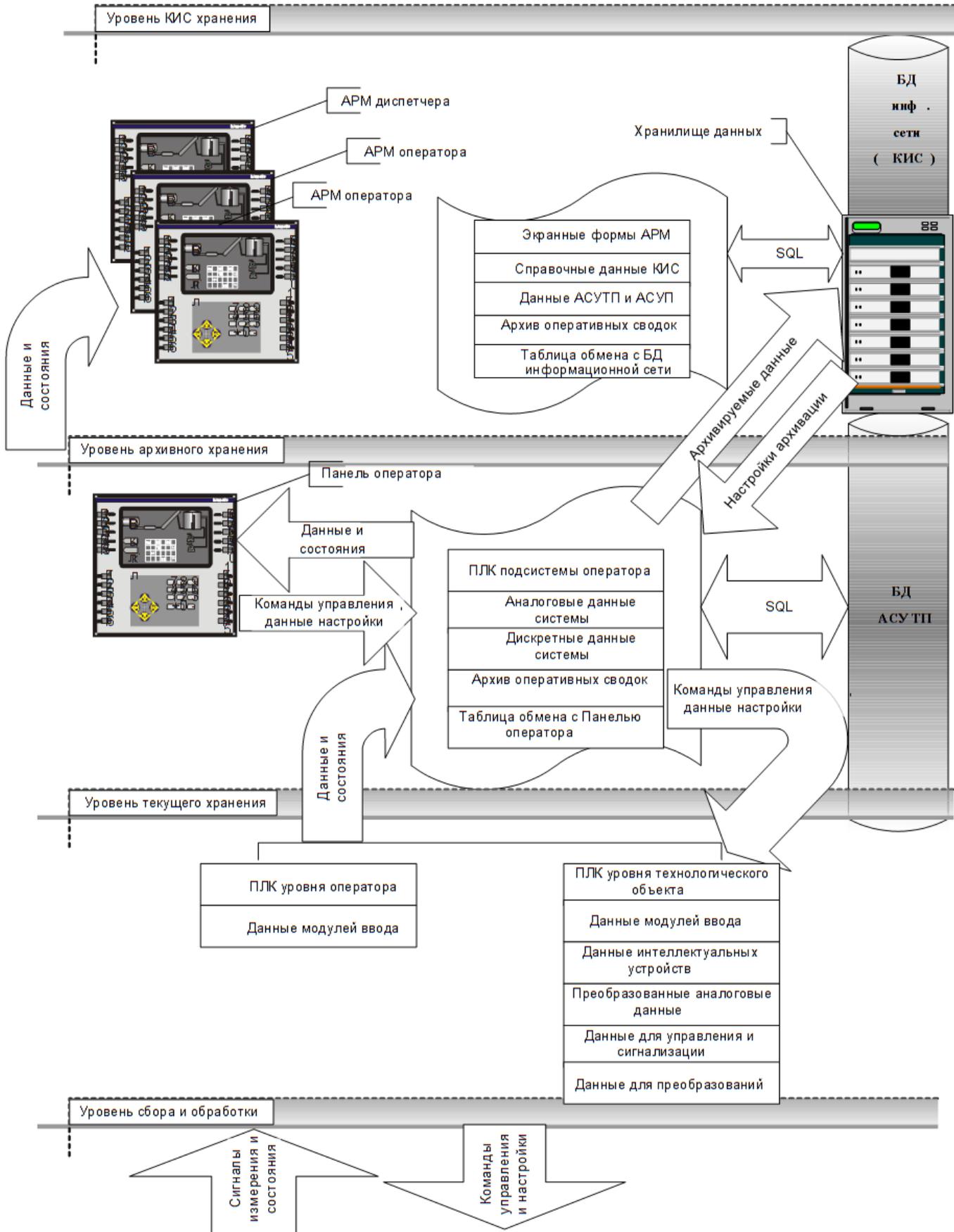


Приложение В

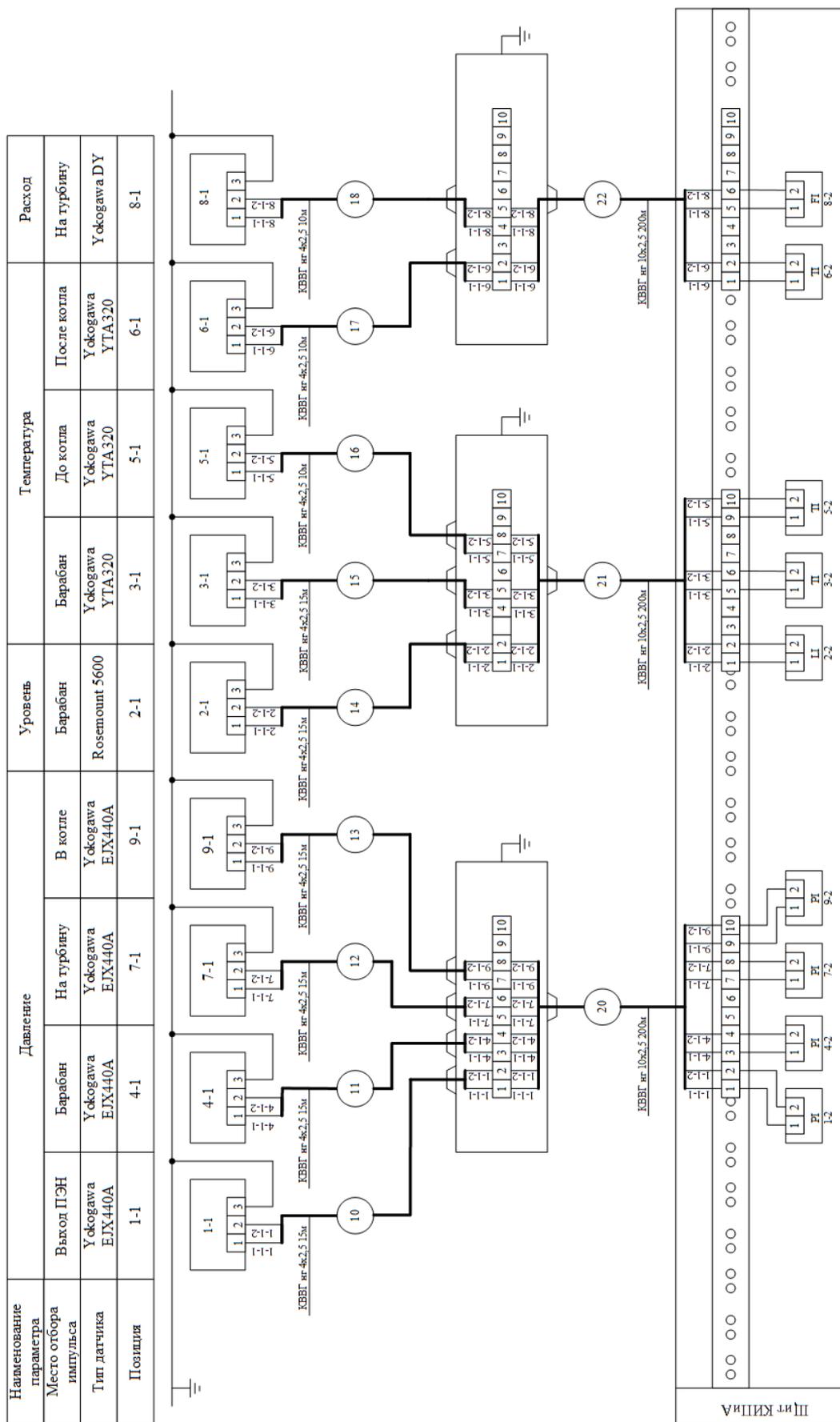


SCADA	Цифр оператор	Символ	Имя	Адрес	Тип	Управление
	1-2	PIR	Давление на выходе, МПа	1	PIR	Мониторинг
	1-3	PA		2	PA	Регистрация
	2-2	LA		2	LA	Управление
	2-3	LC	Уровень в барабане, мм	2	LC	
	2-4	LIR		2	LIR	
	2-5	LY	Положение задвижки	3	LY	
	3-2	TIR	Температура в барабане, С	4	TIR	
	3-3	TA		4	TA	
	4-2	PA		5	PA	
	4-3	PC	Давление в барабане, МПа	5	PC	
	4-4	PIR		5	PIR	
	4-5	PY	Положение задвижки	6	PY	
	5-2	TC	Температура на выходе барабана, С	6	TC	
	5-3	TIR		6	TIR	
	5-4	TY	Воздействие на форсунку	7	TY	
	6-2	TA		7	TA	
	6-3	TC	Температура на выходе котла, С	8	TC	
	6-4	TIR		8	TIR	
	6-5	TY	Воздействие на форсунку	7	TY	
	7-2	PA		9	PA	
	7-3	PC	Давление в котле, МПа	9	PC	
	7-4	PIR		9	PIR	
	7-5	PV	Воздействие на дымовую трубу	10	PV	
	8-2	FA		11	FA	
	8-3	FC	Расход пара, м ³ /ч	11	FC	
	8-4	FIR		11	FIR	
	8-5	FY	Воздействие на задвижку	12	FY	
	9-2	PC	Давление в котле, МПа	13	PC	
	9-3	PIR		13	PIR	
	9-4	PY	Воздействие на МЭО	14	PY	

Приложение Г



Приложение Д



Приложение Е

