



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

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

ООП/ОПОП: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

Отделение школы: НОЦ И.Н. Бутакова

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Автоматическая система регулирования температуры перегретого пара в условиях непрерывных возмущений

УДК: 681.51:536.5:621.1.013.3

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Микулич Анастасия Вячеславовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	К.Т.Н		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Образовательная программа: Инженерия теплоэнергетики и теплотехники

Специализация: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-2	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях при решении профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен вести инженерную деятельность, разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов
ОПК(У)-4	Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок
ОПК(У)-5	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники, использовать электронные приборы и устройства в производственной деятельности, осуществлять метрологическое обеспечение
Профессиональные компетенции	

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
	Универсальные компетенции
ПК(У)-1	Способен применять знания теоретических основ теплотехники и гидрогазодинамики при решении научных и практических профессиональных задач
ПК(У)-2	Способен анализировать эффективность современных технологий преобразования энергии в энергетических установках
ПК(У)-3	Способен разрабатывать природоохранные, энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на ТЭС
ПК(У)-4	Способен применять знания назначения и принципов действия средств измерений, автоматизации, технологических защит и блокировок в процессе проектирования и эксплуатации АСУ ТП
ПК(У)-5	Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций
ПК(У)-6	Способен участвовать в управлении процессом эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС, контролировать параметры технологических процессов и показатели качества рабочего тела
ПК(У)-7	Способен выполнять предпроектное обследование объекта автоматизации, разрабатывать проектную и конструкторскую документацию АСУ ТП
ПК(У)-8	Способен применять методы специальных расчетов и моделирования при построении АСУ ТП и АСУП

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 88 страниц, 10 рисунков, 33 таблицы, 52 источников.

Ключевые слова: автоматическая система регулирования, перегретый пар, непрерывные возмущения.

Объектом автоматизации является паровой котел ТПП-210.

Цель работы: разработка автоматической системы регулирования (АСР) температуры перегретого пара в условиях действия непрерывных возмущений.

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы разработана структурная и функциональная схемы АСР ТП, составлена спецификация приборов и средств автоматизации, а также выполнена разработка монтажной схемы, схемы электрических соединений и общего вида щита автоматизации, составлен перечень элементов.

Результатом выполнения работы является разработка автоматической системы регулирования (АСР) температуры перегретого пара в условиях действия непрерывных возмущений.

Оглавление

Введение	8
1 Системный анализ объекта автоматизации.....	10
1.1 Описание назначения объекта автоматизации.....	10
1.2 Перечень регулируемых и контролируемых параметров	12
1.3 Перечень возмущающих и регулирующих воздействий	13
2 Разработка структуры КТС автоматизированной системы управления	15
2.1 Сравнительный анализ структурных схем, выбор структуры АСР.....	15
2.2 Описание принципа работы разработанной структурной схемы и назначения входящих в ее состав элементов.....	16
3 Разработка функциональной схемы АСР	20
3.1 Принцип работы АСР (описание разработанной функциональной схемы).....	26
4 Выбор приборов и средств автоматизации	27
4.1 Выбор измерительных преобразователей температуры	27
4.2 Выбор защитной гильзы	28
4.3 Выбор преобразователя давления	29
4.4 Выбор сужающего устройства (сопла).....	30
4.5 Выбор промежуточного преобразователя расхода	31
4.6 Выбор блока питания и преобразования сигналов с корнеизвлекающей характеристикой	31
4.7 Выбор пускателя	32
4.8 Выбор исполнительного механизма	33

4.9	Выбор программируемого логического контроллера.....	34
7	Составление перечня элементов щита управления.....	44
8	Разработка схемы соединений внешних проводок АСР.....	45
9	Разработка общего вида щита управления	49
9.1	Выбор шкафа для размещения оборудования.....	49
9.2	Описание общего вида щита управления	50
10	Разработка мнемосхемы схемы проекта.....	53
11	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение	57
11.1	Планирование работ и оценка времени выполнения	57
11.2	Смета затрат на проект	59
11.2.1	Материальные затраты.....	60
11.2.2	Затраты на амортизацию.....	60
11.2.3	Затраты на заработную плату.....	60
11.2.4	Затраты на социальные отчисления во внебюджетные фонды	62
11.2.5	Прочие затраты	62
11.2.6	Накладные расходы.....	63
11.3	Смета затрат на оборудование и монтажные работы	63
11.4	Расчет годовых эксплуатационных издержек	65
11.5	Расчет экономической эффективности	67
12	Социальная ответственность	70
12.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
12.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	70
12.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	71

12.2 Производственная безопасность	72
12.2.1 Повышенный уровень шума.....	73
12.2.2 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	
74	
12.2.3 Длительное сосредоточенное наблюдение	75
12.2.4 Монотонность труда, вызывающая монотонию	75
12.2.5 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека.....	75
12.2.6 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	76
12.3 Экологическая безопасность при эксплуатации	76
12.3.1 Воздействие на литосферу.....	77
12.3.2 Воздействие на гидросферу.....	78
12.3.3 Воздействие на атмосферу	78
12.3.4 Мероприятия по защите окружающей среды.....	79
12.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	79
12.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	79
12.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	80
12.5 Выводы по разделу.....	80
Заключение.....	82
Список используемых источников	83

Введение

Тепловая электрическая станция - сложный технологический объект, который сегодня представлен в автоматизированной форме. Это в первую очередь обусловлено необходимостью обеспечения её надежности и эффективности, без управления которыми эксплуатация такого объекта была бы невозможна. В настоящее время большинство тепловых электрических станций в России нуждаются в модернизации существующих технологических и систем управления основным оборудованием. Это связано с фактическим сроком использования данных систем - от 10 до 15 лет, в связи с чем большинство приборов уже сняты с производства. Кроме того, отсутствие запасных частей представляет дополнительную проблему, поскольку нередко запчасти сходны только с аппаратурой, произведенной до 90-х годов прошлого века. Выполнение модернизации является критической необходимостью для тепловых электрических станций, чтобы сохранять эффективность, надежность и прозрачность работы, а также, в конечном счете, предоставление электроэнергии пользователям.

Изучение проблемы управления температурой перегретого пара в настоящее время не завершено полностью. Достигнутые результаты на данной теме не всегда могут быть применены к энергетическим котлам, в частности, к тому, который рассматривается в данной работе. Это связано с тем, что не все аспекты управления многоступенчатой системой охлаждения перегретого пара учитываются в полной мере. Именно поэтому изучение этого вопроса в данной работе является актуальным.

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке системы автоматического управления температурой перегретого пара в условиях постоянных внешних воздействий и возмущений. Для достижения этой цели необходимо разработать структурную, функциональную

схемы, схему внешних проводок, электрическую принципиальную схему и общий вид щита управления.

1 Системный анализ объекта автоматизации

1.1 Описание назначения объекта автоматизации

Объектом автоматизации является любое технологическое устройство, будь то станок или целые комплексы, которым необходимо управлять. Объектом автоматизации является паровой котел ТПП-210. Паровой котел состоит из металлических трубчатых поверхностей нагрева, которые омываемы горячими дымовыми газами с одной стороны и водой, пароводяной смесью, паром или воздухом с другой стороны. Регулирование температуры перегретого пара является основной задачей. Она заключается в том, чтобы в самых больших возмущениях, направленных в сторону уменьшения температуры, параметр перегретого пара был равен или больше заданного значения. Существует различные способы регулирования температуры перегретого пара, которые широко применяются в инженерной практике. [1].

Производственным предприятием ТКЗ в 1964 и 1967 годах были выпущены паровые котлы ТПП-210, спроектированные для работы на антрацитовом штыбе (АШ) с жидким удалением шлака. Данные котлы могут использоваться для сжигания донецкого угля марки Т. Компоновка агрегата – П-образная двухкорпусная симметричная. В соответствии с проектом, температура первичного перегрева достигает 565 °С, а расчетная температура уходящих газов $t_{yx} = 131$ °С. КПД парового котла составляет 90%. На рис.1 и рис.2 представлены продольный разрез и схема пароводяного тракта котла. Агрегат ТПП-210 оснащен 24 горелками с емкостью 5 тонн в час в топке.

Пароводяной тракт разделен на четыре потока, каждый из которых может самостоятельно регулировать питание и перегрев. Элементы пароводяного тракта включаются в следующей последовательности: после НРЧ включена ВРЧ, после этого следуют экраны поворотной камеры и потолка топки. Конвективный перегреватель был установлен последним по ходу пара для повышения надежности

первичного перегревателя. Растопочный сепаратор и встроенная задвижка расположены после потолочного экрана, перед ширмовыми перегревателями высокого давления. Экраны НРЧ и ВРЧ выполнены в виде вертикальных многоходовых подъемно-опускных панелей с нижним подводом и верхним отводом обогреваемой среды. Панели НРЧ и ВРЧ каждого потока последовательно расположены на двух стенах топки. Ширмовые поверхности перегревателя высокого давления имеют форму буквы U. Вторичный перегреватель состоит исключительно из конвективных элементов. Пакет ГППТО – первый по ходу вторичного пара, включается в первую очередь.

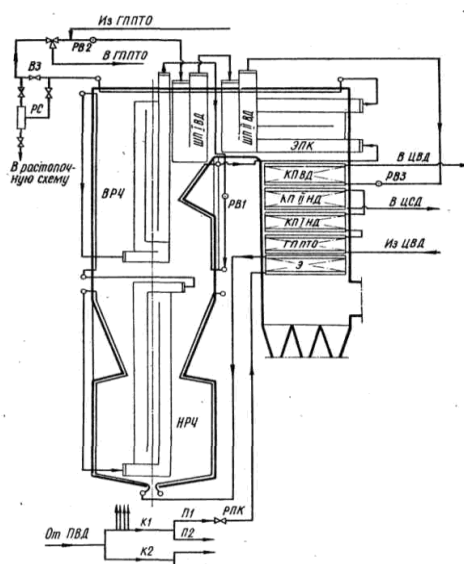


Рисунок 2 – Продольный разрез парового котла ТПП-210

В паровом котле ТПП-210 для вторичного перегрева пара используются две ступени, выполненные в виде конвективных пакетов. Первая ступень включена по противотоку, вторая - по прямотоку.

Таблица 1 – Перечень регулируемых и контролируемых параметров

Регулируемый параметр		Контролируемый параметр	
Номинальное значение	Диапазон изменения	Номинальное значение	Диапазон изменения
1. Температура свежего пара		1. Расход свежего пара	
565 °С	555 °С ... 570 °С	237,5 т/ч	225,625 т/ч ... 249,375 т/ч
		2. Давление свежего пара	
		25 МПа	23,75 МПа... 26,25 МПа

1.3 Перечень возмущающих и регулирующих воздействий

Обеспечение стабильности температуры перегретого пара на выходе регулируемого пакета является важной задачей системы автоматического регулирования. Регулирующее воздействие осуществляется путем впрыска питательной воды в пар при помощи впрыскивающего пароохладителя. Однако на регулируемый пакет пароперегревателя воздействуют различные возмущения. Одним из таких параметров является изменение температуры перегретого пара на выходе предвключенного пакета. Существует связь между данной температурой и эффективностью пароперегревателя, что обусловлено физическими процессами внутри оборудования. Другим параметром является изменение обогрева газами. Воздух или другие газы, используемые в процессе, могут изменять температуру и повлиять на работу пароперегревателя. Также важным параметром является изменение расхода пара, который может быть связан с другими процессами в системе и влиять на эффективность работы оборудования. Кроме того, на регулируемый пакет действует возмущение,

вызванное нестабильностью расхода питательной воды на впрыск. Поэтому разработка эффективной системы регулирования, учитывающей все возможные возмущения и обеспечивающей требуемую стабильность температуры, является актуальной задачей [1].

2 Разработка структуры КТС автоматизированной системы управления

При проектировании автоматизированной системы регулирования (АСР) необходимо учитывать множество факторов, включая способ регулирования технологического параметра. Этот способ определяется связями между элементами АСР и формируемым законом регулирования. При рассмотрении возможных вариантов структурной схемы АСР важно учитывать особенности конкретного технологического процесса.

Одним из ключевых факторов при выборе структуры управления объектом автоматизации является его эффективность, а также снижение относительной стоимости, повышение надежности и ремонтпригодности системы управления. Следовательно, проектирование структуры АСР может иметь значительное влияние на работу объекта автоматизации в целом.

2.1 Сравнительный анализ структурных схем, выбор структуры АСР

На основе сравнительного анализа структурных схем: В процессе подачи возмущений через канал регулирующего воздействия f_w или со стороны предвключенного пакета f_t на регулируемый пакет пароперегревателя могут возникать значительные отклонения температуры перегретого пара, особенно в переходных режимах. Таким образом, одноконтурная система регулирования может оказаться недостаточно эффективной. Это объясняется большой инерционностью регулируемого пакета пароперегревателя, которая влияет на качество работы системы. В целом, для повышения эффективности регулирования следует применять более сложные системы с высокой точностью регулирования и преодолеть проблемы, связанные с переходными режимами.

Система регулирования каскадной системы регулируется двумя контурами. С помощью дополнительных информационных каналов в каскадных системах создается внутренний малоинерционный контур, при этом переходы во внутреннем инерционном контуре затягиваются на более длительное время, чем те, которые проходят через внешний. Это объясняет высокую эффективность каскадной системы подавления возмущений f_t и f_w .

Отсюда следует, в отличие от структурной схемы одноконтурной АСР температуры структурная схема каскадной системы регулирования дополнена еще одним датчиком температуры с передаточной функцией W_{T2} и дифференциатором с передаточной функцией $W_{\text{диф}}$ [1].

2.2 Описание принципа работы разработанной структурной схемы и назначения входящих в ее состав элементов

Таблица 2 – Элементы, входящие в состав структурной схемы АСР

Элемент	Условное обозначение на чертеже	Назначение
Микропроцессорный контроллер	МПК	измерение и регулирование температуры, давления, расхода, значения величин которых могут преобразовываться в унифицированные сигналы
Пусковое устройств	ПУ	принудительное вращение механизма

Продолжение таблицы 2

Исполнительный механизм	ИМ	воздействие на объект управления
Первый измерительный преобразователь температуры	ИТП ₁	измерение температуры
Второй (дополнительный) измерительный преобразователь температуры	ИТП ₂	измерение температуры
Регулирующий орган	РО	осуществление управления входами объекта управления
Впрыскивающий пароохладитель	ВПО	понижение температуры пара
Первый пакет пароперегревателей	ПП ₁	передача сигнала до пароохладителя
Второй пакет пароперегревателей	ПП ₂	передача сигнала после пароохладителя
Измерительный преобразователь давления	ИПД	Измерение и преобразование давления
Сужающее устройство	СУ	передача сигнала после пароохладителя
Преобразователь разности давления	ПРД	направление или изменения потока пара

Продолжение таблицы 2

Блок питания с корнеизвлекающей характеристикой	БП	организация питания, приема и преобразования информативных сигналов датчиков
---	----	--

Для получения информации о текущей температуре регулируемого параметра в системе используются измерительные преобразователи, такие как ИТП₁, ИТП₂, ИПД и ПРД. Выходной сигнал от этих преобразователей после обработки поступает на микропроцессорный контроллер, который обрабатывает сигналы с помощью аналого-цифровых преобразователей. На выходе контроллера формируются управляющие воздействия, которые направляются на пусковое устройство. Оно обеспечивает работу исполнительного механизма, который является частью структуры данной системы. Таким образом, общая структура системы представляет собой регулирующий орган, пусковое устройство и исполнительный механизм.

Структуру данной системы образуют регулирующий орган, пусковое устройство и исполнительный механизм. После получения управляющего воздействия, пусковое устройство передает аналоговые сигналы исполнительному механизму и управляет обмоткой управления. Результатом работы исполнительного механизма является изменение положения регулирующего органа, что в свою очередь влияет на регулируемый параметр.

Использование такой системы позволяет достичь высокой точности регулирования и управлять процессом автоматически. Однако, для эффективной работы системы, необходимо учитывать параметры окружающей среды и

проводить регулярную калибровку системы, что обеспечит стабильность и точность измерений.

Разработанная структурная схема автоматизированной системы представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.017 С1.

3 Разработка функциональной схемы АСР

При проектировании и создании систем автоматизации технологических процессов, важным документом является функциональная схема автоматического контроля и управления. Ее основное назначение - отобразить выбранные технические решения для автоматизации систем. В системах автоматизации технологических процессов объектом управления является основное и вспомогательное оборудование, включая запорные и регулирующие органы. Данный объект является составной частью процесса автоматизации и подвержен воздействию внутренних и внешних факторов, которые необходимо учитывать при разработке системы управления.

Для определения функционально-блочной структуры системы управления и регулирования технологического процесса, а также приборов и средств автоматизации используется функциональная схема. Она представляет собой технический документ, разработанный на основе анализа требований и характеристик объектов управления. Изображение системы линиями функциональной связи и условными изображениями элементов системы позволяет объединить все элементы в единую систему. На функциональных схемах изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок. Все это вместе представляет собой интегрированную систему автоматического управления технологическим процессом.

Однако необходимо отметить, что оборудование на функциональных схемах изображается в виде условных обозначений, что может усложнить понимание процесса его эксплуатации. Поэтому для более детального изучения технологических процессов рекомендуется обращаться к технической документации. Учитывая то, что функциональная схема передает важную информацию о системе управления, ее разработка является значимой

и ответственной задачей при создании автоматизированных систем управления технологическими процессами [3].

В процессе разработки функциональной схемы для автоматизации необходимо решить ряд задач, которые включают в себя изучение технологической схемы объекта, определение местоположения точек отбора информации, выбор структуры измерительных каналов, методов и технических средств для получения, обработки, передачи и представления информации, а также контроля технологических параметров и регистрация их состояния.

На функциональной схеме технологическое оборудование представлено в виде упрощенных контуров, которые позволяют показать как взаимосвязь отдельных частей технологической цепи, так и принцип ее действия и взаимодействие с датчиками и другими техническими средствами системы автоматизации. Примером такой схемы является технологическая схема АСР температуры перегретого пара, представленная на рис.4. Суть данной схемы заключается в том, что она позволяет получать информацию о состоянии технологического процесса и оборудования, основываясь на контроле температуры пара. Автоматизированный контроль осуществляется в определенных точках.

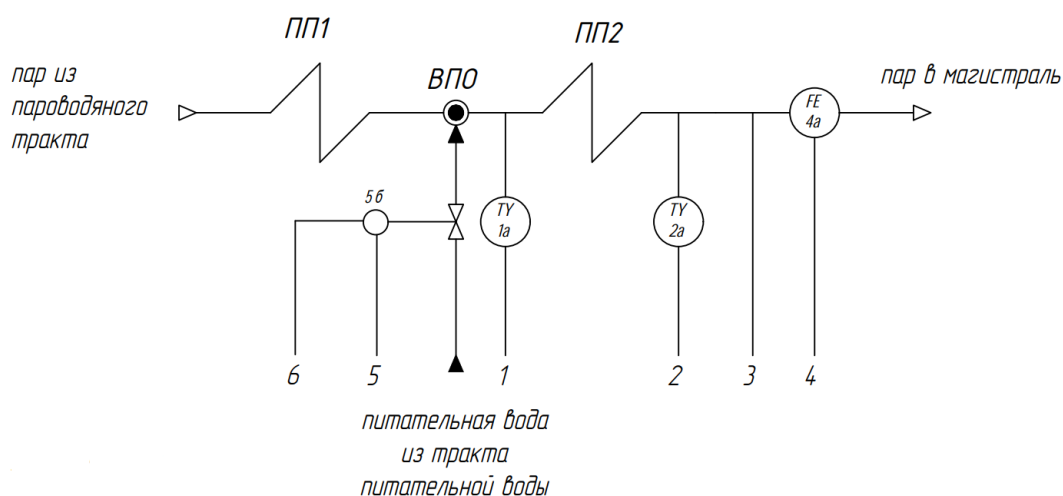


Рисунок 4 – Технологическая схема АСР температуры перегретого пара

Для получения информации о текущей температуре регулируемого параметра используются измерительные преобразователи 1а и 2а. Полученный на выходе преобразователя сигнал обрабатывается микропроцессорным контроллером, который осуществляет аналого-цифровое преобразование сигналов и формирует управляющие воздействия для пускового устройства ПУ (показано на схеме 5б). Пусковое устройство усиливает аналоговые сигналы и направляет их на обмотку управления исполнительного механизма (ИМ).

По каналу 3 передается информация о значении давления свежего пара, которое подается на преобразователь в щите управления (приборы по месту). По каналу 4 контролируется расход свежего пара, поступающего в магистраль.

Перечень регулируемых и контролируемых параметров представлен в таблице 3.

В настоящем исследовании обсуждается специальная методика измерения технологических параметров в автоматизированной системе контроля и управления. С учетом того, что в процессе автоматизации возникает необходимость производить измерения и контроль параметров, разработчики системы использовали различные методы для этого. Одним из таких методов является измерение технологических параметров по требованию или постоянно.

Для удобства пользователя в системе содержатся разные столбцы, каждый из которых имеет свою специфическую назначение. Например, столбец «Постоянно» означает, что измерение проводится с помощью индивидуального измерительного прибора, в то время как столбец "По требованию" означает, что измерение производится путем подключения первичного измерительного преобразователя к измерительному прибору с помощью переключателя, в том числе и через ИВК.

Кроме того, одной из важных функций при работе с измерительным оборудованием является сигнализация при достижении заданного значения технологического параметра выше или ниже его номинальной величины. Эта функция отображается в столбце "Сигнализация" и позволяет оперативно

реагировать на изменения технологических параметров и предотвращать возможные аварии и поломки оборудования. Аналогично, столбец «Регистрация» автоматически записывает технологические параметры на диаграммах аналоговых приборов или бланках ЦПУ ИВК.

Наконец, важно отметить, что измерительные приборы также могут устанавливаться на оборудовании или конструкциях, расположенных вблизи его. Для этого в системе используется столбец «По месту». Данный подход позволяет проводить измерения технологических параметров с большей точностью и контролировать их непрерывно в режиме реального времени [2].

Таблица 3 – Перечень регулируемых и контролируемых параметров

№ п/п	Параметр, состояние, положение	Форма представления информации							Значение
		БЦУ					МЦУ	По месту	
		Постоянно	По требованию	Сигнализация	Регистрация	ТЭП	По требованию		
1	Температура свежего пара	+		↑↓	+	+			565 °С
2	Температура за пароохладителем	+		↑↓	+	+			520 °С
3	Давление свежего пара	+		↑↓	+	+		+	25 МПа
4	Расход свежего пара по каждому паропроводу	+			+	+		+	237,5 т/ч

Вопросы размещения технических средств автоматизации (ТСА) на технологическом оборудовании, трубопроводах, по месту и на щитах представлена в таблице 4.

На функциональной схеме приняты следующие обозначения функциональных признаков и измеряемых параметров (см. таблицы 4,5).

Таблица 4 – Условные обозначения функциональных признаков

Обозначение	Функциональный признак	Назначение
Е	Чувствительный элемент	Первичное преобразование
У	Преобразование, вычислительные функции	Для построения обозначений измерительных преобразователей и вычислительных устройств

Таблица 5 – Условные обозначения измеряемых параметров

Обозначение	Основное значение
F	Расход
P	Давление, вакуум
T	Температура

3.1 Принцип работы АСР (описание разработанной функциональной схемы)

В верхней части чертежа функциональной схемы представлен участок трубопровода от первого до второго пакета пароперегревателя. Между пакетами перегревателя установлен ВПО. Технологические объекты выполнены в виде условных графических изображений.

В верхней части чертежа в области технологического оборудования показано размещение первичных преобразователей температуры (термоэлектрические преобразователи), сужающее устройство расходомера переменного перепада давления, регулирующий орган и исполнительный механизм.

В нижней части чертежа условно прямоугольниками показаны приборы по месту, щит автоматизации, микропроцессорный контроллер, АРМ оператора.

Унифицированный токовый сигнал от первичных преобразователей температуры (1а, 2а) передается на входной модуль контроллера. На этот же модуль поступают сигналы по давлению (канал 3) и расходу (канал 4). Сигнал по расходу формируется с помощью расходомера переменного перепада давления (4б), в состав которого входят сужающее устройство (4а), преобразователь разности давлений (4б) и блок питания с корнеизвлекающей характеристикой (4в).

При появлении сигнала рассогласования контроллер формирует управляющее воздействие, которое усиливается с помощью пускателя (5а) и передается на ИМ (5б), непосредственно управляющий регулирующим органом.

Обратная связь осуществляется с помощью указателя положения (канал 6).

Разработанная функциональная схема автоматизированной системы представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.017 С2.

4 Выбор приборов и средств автоматизации

4.1 Выбор измерительных преобразователей температуры

При измерении температуры в диапазоне от -50 до $+200$ °С рекомендуется использовать медные термопреобразователи сопротивления. Для измерений более высоких температур необходимо использовать платиновые термопреобразователи сопротивления, которые имеют различные градуировки, называемые ТПС и ТЭП. Особенно важно обратить внимание на использование платиновых термопреобразователей в диапазоне от -50 до $+500$ °С, которые обеспечивают повышенную точность измерений. В остальных случаях требуется использование термоэлектрических преобразователей. Наиболее распространенными видами таких преобразователей являются термопары, в том числе, хромель-копелевые (называемые НСХ-L(ХК)) и хромель-алюмелевые (называемые НСХ-K(ХА)). [4].

Поэтому так как диапазон измерений 1а и 2а варьируется в пределах $+520...+565$ °С, то выбраны хромель-алюмелевые (НСХ – К(ХА)) термоэлектрические преобразователи. Расчёт монтажной длины для котла ТПП-210:

$$L = h + S + 0,5D = 50 + 45 + 0,5 \cdot 245 = 217,5 \text{ мм, где}$$

L – монтажная длина термопреобразователя;

h – высота бобышки, h = 50 мм;

S – толщина стенки трубопровода, S = 45 мм;

D – внутренний диаметр трубопровода, D = 245 мм.

Округленный полученный результат взят в большую сторону до стандартной монтажной длины термопреобразователя из ряда значений:

120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000 мм.

Принято взять монтажную длину L = 250 мм.

При этом необходимо учитывать, что рабочий конец ТЭП должен быть погружен до центра трубопровода.

Таким образом, осуществлен выбор термоэлектрического преобразователя по заданным характеристикам (см. таблицу 6).

Таблица 6 – Технические характеристики термоэлектрического преобразователя

Тип	Класс до-пуска	НС Х	Пределы измерений, °С		Условное давление, МПа	Материал защитной арматуры	Длина монтажной части, мм	Область применения	Завод изготовитель
			верхний	нижний					
Метран - 2700-А01	2	К, N	-40	1000	6,3	12Х18Н 10Т	250	газообразные и жидкие среды	Метран - 2700-А01

4.2 Выбор защитной гильзы

В ходе эксплуатации теплоэнергетических объектов возникает необходимость измерять температуру рабочих сред. Для этих целей применяются первичные измерительные преобразователи, однако их максимальное рабочее давление составляет 6,4 МПа, что не всегда достаточно для требуемых измерений. Для защиты преобразователей от избыточного давления в трубопроводах, куда они устанавливаются, необходимо применять защитные гильзы, которые рассчитаны на условные давления до 25 МПа. Таким образом, установка первичных измерительных преобразователей

температуры в защитные гильзы позволит обеспечить точные измерения при давлениях выше 6,4 МПа (см. таблицу 7) [5].

Таблица 7 – Технические характеристики защитной гильзы

Обозначение защитной гильзы	Исполнение	D, мм	d, мм	$d_1 \times s$, мм	L, мм	Условное давление, МПа
2001-04	A01	M33× 2	M20× 1,5	20 × 2,5	250	25

4.3 Выбор преобразователя давления

Преобразователь давления является важной частью систем автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами. Его главная функция заключается в непрерывном преобразовании измеряемого параметра в стандартный токовый выходной сигнал для дистанционной передачи.

Специально для решения данной задачи, был выбран преобразователь давления серии Метран-2008G. Этот прибор разработан для преобразования давления рабочих сред, включая жидкости и газы. В случае, когда необходимо контролировать температуру перегретого пара, выбирается стандартный сигнал 4...20мА.

Таким образом, преобразователь давления является незаменимым элементом технологических процессов, обеспечивая точный контроль и регулирование параметров рабочих сред, а преобразователь давления серии Метран-2008G отлично справляется с этой задачей.

Соответственно выбран преобразователь избыточного давления, (-101,3) ...27579 кПа (по давлению свежего пара 25 МПа), аналоговый, с

пределом допускаемой основной приведенной погрешностью $\pm 0,075\%$, с выходным сигналом 4...20Ма. ПГ «Метран», г. Челябинск [6].

4.4 Выбор сужающего устройства (сопла)

В настоящее время на трубопроводах диаметром от 50 до 1000 мм широко применяются стандартные сужающие устройства, такие как диафрагмы, сопла и трубы Вентури. Они устанавливаются при избыточном давлении измеряемой среды, которое не превышает 40 МПа. Однако, при давлении более 10 МПа, рекомендуется использование сопел. На практике, при избыточном давлении измеряемой среды в 25 МПа, выбираем сварное сопло как наиболее предпочтительное решение.

По таблице 8 определено условное давление $P_y = 40 \text{ МПа} = 400 \text{ кгс/см}^2$ по-рабочему $P_{\text{раб}} = 25 \text{ МПа}$.

Таблица 8 – Соотношения между рабочим и условным давлениями

Условное давление P_y , МПа (кгс/см ²)	Рабочее (избыточное) давление $P_{\text{раб}}$, МПа									
1,6 (16)	1,6	1,4	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,64	0,5
2,5 (25)	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,25	1,1	1,0	0,9
4,0 (40)	4,0	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
6,4 (64)	6,4	5,6	5,0	4,5	4,0	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2
10 (100)	10	9,0	8,0	7,1	6,4	5,6	5,0	4,5	4,0	3,6
16 (160)	18	14	12,5	11,2	10	9,0	8,0	7,1	6,4	5,6
20 (200)	20	18	16	14	12,5	11,2	10	9,0	8,0	7,1
25 (250)	25	22,5	20	18	16	14	12,5	11,2	10	9,0
32 (320)	32	28	25	22,5	20	18	16	14	12,5	11,2
40 (400)	40	36	32	28	25	22,5	20	18	16	14
50 (500)	50	45	40	36	32	28	25	22,5	20	18
64 (640)	64	56	50	45	40	36	32	28	25	22,5
80 (800)	80	71	64	56	50	45	40	36	32	28
100 (1000)	100	90	80	71	64	56	50	45	40	36

Следовательно, выбрано СКС-400-250 – сопло камерное сварное на условное давление $P_y = 40 \text{ МПа} = 400 \text{ кгс/см}^2$ и условный диаметр $D_y = 250 \text{ мм}$ (по диаметру трубопровода $D = 245 \text{ мм}$) [7].

4.5 Выбор промежуточного преобразователя расхода

Электрический сигнал обычно используется для измерения и контроля перепада давления, которые могут быть преобразованы в дискретные или аналоговые значения. Для этой цели в настоящее время широко применяются промежуточные преобразователи расхода, которые определяются как устройства, способные преобразовывать сигналы перепада давления в электрические. В нашем исследовании мы использовали Метран-3051CD в качестве промежуточного преобразователя расхода с унифицированным токовым сигналом 4...20мА и предельным допускаемым значением рабочего избыточного давления 25МПа [8]. Этот преобразователь позволяет нам получать точные и надежные данные о перепадах давления во время работы системы.

4.6 Выбор блока питания и преобразования сигналов с корнеизвлекающей характеристикой

Интерес вызывают устройства БПС-24, которые специально разработаны для взаимодействия с измерительными преобразователями типа Сапфир и Метран. Основным преимуществом блоков БПС-24К можно считать возможность линеаризации характеристик преобразователей перепада давлений при использовании метода переменного перепада давлений для измерения расхода. Обычно такой метод используют при определении расхода газов и жидкостей. Таким образом, блоки БПС-24К могут быть рекомендованы

в качестве эффективного инструмента при проведении измерений расхода при помощи преобразователей типа Сапфир и Метран.

Несомненным преимуществом блоков БПС-24К является возможность линеаризации характеристик преобразователей перепада давлений при измерении расхода методом переменного перепада давлений. Данное свойство обуславливается наличием корнеизвлекающего устройства в блоке, позволяющего получить линейное значение измеряемого параметра с высокой точностью.

Разработка и использование блоков питания и преобразования сигналов являются актуальными направлениями развития в области автоматизации и измерения. Благодаря возможности линеаризации характеристик преобразователей перепада давлений блоки типа БПС-24К нашли широкое применение в современных технических системах.

Соответственно выбран блок питания с корнеизвлекающей характеристикой, напряжением питания 220 В, с климатическим исполнением ТВ 3 и выходным сигналом 4...20мА. ЗАО «Манометр», г. Москва [9].

4.7 Выбор пускателя

Пускатель предназначен для бесконтактного управления электрическим исполнительным механизмом по ГОСТ 7192–89 с однофазным конденсаторным электродвигателем. Для АСР температуры перегретого пара необходим бесконтактный реверсивный пускатель. Есть две модификации: ПБР-3 и ПБР-3А.

Пускатель ПБР-3 обеспечивает пуск и реверс трехфазного синхронного электродвигателя. Пускатель ПБР-3А обеспечивает пуск и реверс, защиту трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором от перегрузки. Выбран пускатель во второй модификации ПБР – 3А в количестве 1 шт [10].

4.8 Выбор исполнительного механизма

В настоящее время распространены исполнительные механизмы как в промышленности, так и в быту. Они являются неотъемлемой частью регулирующего органа и проектируются для перемещения данного органа. Механизмы данного типа бывают пневматическими, гидравлическими и электрическими, в зависимости от среды, в которой они должны функционировать. Электрические исполнительные механизмы состоят из электропривода, блока сигнализации положения и штурвала. Они предусмотрены для ручного управления выходным валом. Блок сигнализации состоит из блока концевых выключателей и датчика положения. Концевые выключатели позволяют автоматически отключить электродвигатель при достижении крайних положений выходного вала. Также, в зависимости от назначения электрический механизм может быть оснащен различными датчиками положения. В нашем случае, оптимальным является токовый датчик, который обеспечивает работу в диапазоне 4...20 мА.

1) Определяем максимальное значение крутящего момента по формуле:

$$M_{max}^{кр} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 6,89 \cdot 250 - 338 = 1384,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Где $D_y = 250$ мм – условный диаметр трубопровода.

Принят ближайший стандартный крутящий момент $M_H = 1600 \text{ Н} \cdot \text{м}$, сохраняя следующее условие:

$$M_H > M_{max}^{кр};$$

$$1600 > 1384,5.$$

Следует обратить, что необходим исполнительный механизм из группы электрических ИМ - однооборотный (МЭО). Таким образом, по необходимым характеристикам осуществлен выбор ИМ с техническими характеристиками, представленными в таблице 9 [11].

Таблица 9 – Технические характеристики исполнительного механизма МЭО

Исполнительный механизм	$M_H, \text{Н} \cdot \text{м}$	$T_H, \text{с}$	$\varphi_H, \text{об} (^\circ)$	Тип управляющего устройства
МЭО-1600-92К	1600	160	0,63 (225)	ПБР – 3А

4.9 Выбор программируемого логического контроллера

При выборе контроллеров для систем управления существует множество факторов, которые нужно учитывать. Один из основных факторов - это тип системы, независимо от того, является ли она проектируемой с нуля или происходит модернизация уже существующей. В случае модернизации важным становится учет преемственности программно-аппаратных средств, готовности обслуживающего персонала и службы ремонта, наличия сопроводительной документации и ее освоения, наличия запаса комплектующих и показателей надежности оборудования.

Однако, при выборе контроллера для системы управления, главным фактором является обеспечение полного удовлетворения технических требований к автоматической системе. Требования могут быть связаны с информационными, управляющими, вспомогательными функциями, а также с требованиями к техническому, программному, метрологическому и организационному обеспечению, к диагностике и техническому обслуживанию системы, и другими характеристиками.

Если учитывать все вышеперечисленные факторы, можно сделать правильный выбор контроллера, который будет соответствовать всем требованиям системы. Необходимо отметить, что подход к выбору контроллера для систем управления является отдельным и очень важным этапом в разработке автоматической системы.

В работе необходим использовать моноблочный контроллер с наличием дискретных входов/выходов на борту.

Необходимым характеристикам отвечает моноблочный контроллер фирмы «ОВЕН» ПЛК – 73. Его функциональная схема приведена на рисунке 5, технические характеристики приведены в таблице 10 [12].

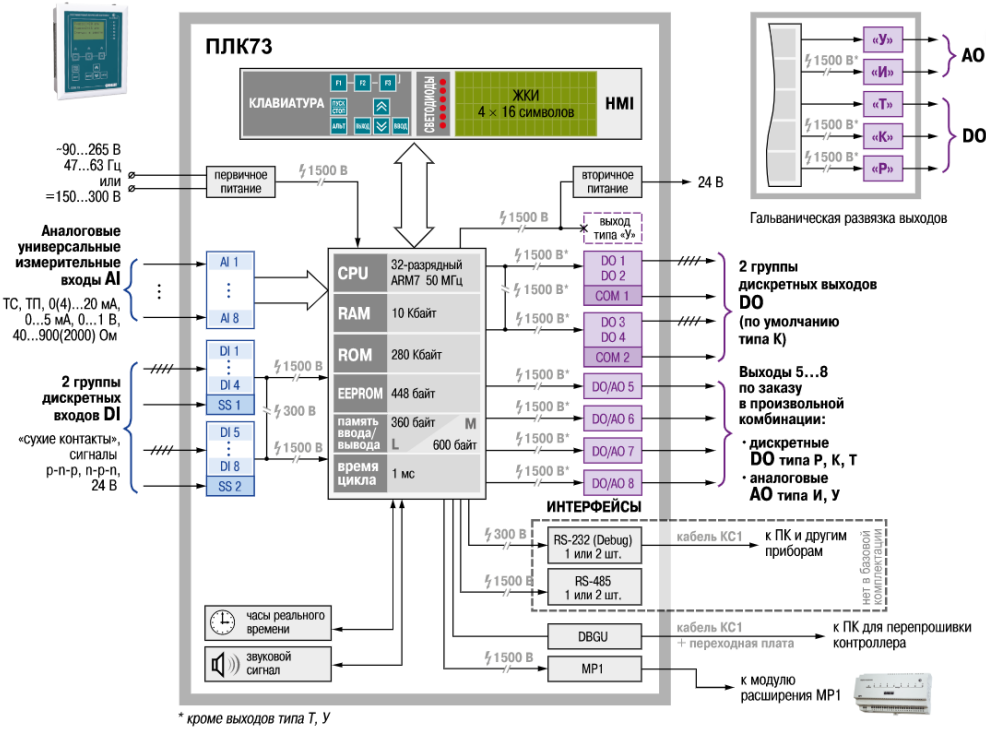


Рисунок 5 – Функциональная схема ПЛК-73

Таблица 10 – Технические характеристики ПЛК-73

Центральный процессор	32-разрядный RISC процессор 50 МГц на базе ядра ARM7
Размер Retain-памяти (EEPROM)	448 байт
Объем оперативной памяти для хранения переменных программ	10 кб
Объем памяти хранения программ	280 кб
Объем памяти ввода-вывода	600 байт – для ПЛК73-М 300 байт – для ПЛК73-L

Продолжение таблицы 10

Время работы часов реального времени после пропадания питания	Не менее 3 месяцев
Напряжения питания	90 ... 245 В (частотой от 47 до 63 Гц)
Центральный процессор	32-разрядный RISC процессор 50 МГц на базе ядра ARM7

Контроллер имеет:

- 8 аналоговых входов;
- 8 аналоговых выходов, из них 4 с возможностью установки ЦАП;
- 8 дискретных входов;
- 8 дискретных выходов, из них 4 с возможностью установки ЦАП.

Выбранные технические средства, необходимые для реализации проектируемой системы, приведены в заказной спецификации, представленной на ФЮРА.421000.017. СО1 в количестве 2 листов.

5 Составление перечней входных и выходных сигналов

Введение в систему автоматизации технологических процессов (АСУ ТП) возможно только при наличии фундаментального документа - перечня входных и выходных сигналов. Данный документ необходим для оценки объема системы, нахождения состава объектов управления, а также создания конструкторской документации. Он включает в себя таблицу ввода-вывода, содержащую большой объем информации о составе входящих в объект сигналов, включая диапазон измерений, пороговые границы, типы приборов и защит. Эти данные критически важны для корректной работы системы и могут использоваться как основа для ее дальнейшего развития и совершенствования. В целом, перечень входных и выходных сигналов является универсальным инструментом, необходимым для создания и поддержания качественной и эффективной АСУ ТП, а его отсутствие может привести к серьезным проблемам в работе системы. В таблице 11 приведен перечень входных и выходных сигналов.

Таблица 11 – Перечень входных и выходных сигналов

Тип сигнала	Наименование сигнала
Входной сигнал	
Аналоговый	Измерение Давление свежего пара
	Измерение Расход свежего пара
	Измерение Температура за ПП2
	Измерение Температура перед ПП2

Продолжение таблицы 11

Дискретный	Сигнализация Расход свежего пара
	Сигнализация Температура за ПП2
	Сигнализация Температура перед ПП2
Выходной сигнал	
Аналоговый	Регулирование Давление свежего пара
	Регулирование Расход свежего пара
	Регулирование Температура за ПП2
	Регулирование Температура перед ПП2
	Драйвер сервопривода (подключается к контроллеру с помощью интерфейса RS485)
	Задвижка Открыть (подача питательной воды)
	Задвижка Закрыть (подача питательной воды)

6 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления

Для определения потребляемой мощности рассчитаем общую мощность установки. Мощность рассчитывается как сумма нагрузки датчиков, модулей контроллера, вентилятора, лампочки:

$$\begin{aligned}\sum N_{\text{сумм}} &= \sum N_{\text{датч}} + \sum N_{\text{контроллер}} + N_{\text{вент}} + N_L \\ &= (1 + 1 + 1 + 5) + 20 + 5,5 + 10 = 43,5 \text{ Вт.}\end{aligned}$$

После расчета нагрузки электрической установки необходимо выбрать источник питания. Так как нагрузка получилась 43,5 Вт, выбран источник бесперебойного питания мощностью 60 Вт. Характеристики выбранного блока приведены в таблице 12. Также к ИБП необходимы аккумуляторы два аккумулятора мощностью 12 Вт. Они соединены с помощью клемм 4 и 5 [13].

Таблица 12 - Характеристики блока питания

Характеристики	Блок питания – ИБП60Б
Мощность, Вт.	60
Защита от короткого замыкания и перегрузки	Да
Рабочая температура	-25...+60°C

Автоматический выключатель предназначен для защиты электрической цепи от перегрузки и токов короткого замыкания. Характеристики автоматического выключателя приведены в таблице 13 [14].

Таблица 13 – Характеристики автоматического выключателя

Характеристики	16052DEK
Способ монтажа	DIN-рейка

Продолжение таблицы 13

Степень защиты	IP20
Номинальный ток, А	16

Каждая электрическая установка должно оснащаться защитой от перенапряжения. Для ограничения переходных перенапряжений и отвода импульсов тока на землю, снижения амплитуды перенапряжения до уровня, безопасного для электрических установок и оборудования, выбран PNOENIX CONTACT PLT-SEC-T3-230-FM-UT. Характеристики данного оборудования приведены в таблице 14 [15].

Таблица 14 – Характеристики защиты от перенапряжения

Характеристики	PNOENIX CONTACT PLT-SEC-T3-230-FM-UT
Способ монтажа	Монтажная рейка 35 мм.
Степень загрязнения	2
Сообщение, неисправность устройства для защиты от импульсных перенапряжений	Световая, контакт для дистанционной передачи сигнала

Для включения и выключения освещения в шкафу автоматизации, необходим концевой выключатель. Принцип работы концевых выключателей такой же, как и у обычных, с тем лишь отличием, что сам процесс автоматизирован. Это устройство помогает избежать ручного переключения клавиши выключения там, где это особенно сложно и опасно. Характеристики выбранного устройства приведены в таблице 15 [16].

Таблица 15 – Характеристики концевого выключателя

Характеристики	Rittal SZ600мм
Степень защиты	IP40
Размер, мм.	600

Для подключения устройств к электрической сети выберем розетку DEKraft RM-102. Характеристики данной розетки приведены в таблице 16 [17].

Таблица 16 – Характеристики розетки

Характеристики	DEKraft RM-102
Диапазон рабочих температур, °C	-40...+50
Номинальный ток, А	16

Для обеспечения щита автоматизации источником света, выберем лампу Schneider Electric NSYLAMLD. Характеристики выбранного источника питания приведены в таблице 17 [18].

Таблица 17 – Характеристики лампы

Характеристики	Schneider Electric NSYLAMLD
Номинальная мощность, Вт.	10
Световой поток, лм.	640
Срок службы, час.	25000

Для защиты от перегрева щита автоматизации необходимо установить вентилятор, принцип работы которого основывается на положении реле. Таким образом, при повышении температуры в щите автоматизации выше уставки, 30°C, срабатывает термореле, пуская питание на вентилятор для его вращения.

После получения необходимого значения термореле размыкается, тем самым, останавливая вентилятор. Также при понижении температуры в щите автоматизации ниже уставки, 5°C, срабатывает термореле. Выберем Rittal 3238.124, 20 м³/ч, характеристики которого приведены в таблице 18 [19].

Таблица 18 – Характеристики вентилятора

Характеристики	Rittal 3238.124
Степень защиты	IP54
Расход воздуха, м ³ /ч	20
Номинальная мощность, Вт.	5,5

Для работы вентилятора выбрано термореле 1NO MTK-СТО, характеристики которого приведены в таблице 19 [20].

Таблица 19 – Характеристики термостата

Характеристики	1NO MTK-СТО
Пусковой ток, А.	16
Способ монтажа	DIN-рейка 35 мм.
Количество срабатываний реле	менее 100 000

В ходе разработки электрической схемы использовались обозначения приведенные в таблице 20.

Таблица 20 – Условные обозначения

Обозначения	Расшифровка
EL1	Прибор осветительный Schneider Electric NSYLAMLD

Продолжение таблицы 20

QF1- QF3	Выключатель автоматический двухполюсный
SQ	Выключатель двери концевой Rittal SZ600мм
XS1	Розетка модульная DEKraft RM-102
Z01	Устройство защиты от перенапряжений
GB1, GB2	Аккумулятор 12В
М	Фильтрующий вентилятор Rittal 3238.124, 20 м3//ч
G1	Источник бесперебойного питания ИБП60Б
KK1	Термостат 1NO МТК-СТО

7 Составление перечня элементов щита управления

Для удобства укороченной записи информации об элементах и устройствах в настоящее время применяются условные буквенные символы, определяемые в соответствии с ЕСКД ГОСТ 2.710-81 [21]. Эти символы могут быть прописными буквами и цифрами латинского алфавита, которые назначаются элементам схемы в зависимости от их функционального назначения. Благодаря этому имеется возможность легко и однозначно определять элементы посредством использования специального обозначения. В результате данного подхода был составлен перечень элементов, что в настоящее время существенно упрощает их идентификацию.

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. Для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами элементов, а при большом количестве элементов внутри групп – и между элементами.

Перечень элементов приведен на чертежах с шифром ФЮРА.421000.017 ПЭ4 в количестве 2 листов.

8 Разработка схемы соединений внешних проводок АСР

Подключение внешних проводок является важным элементом настройки электроустановок, особенно в случае использования многосекционных щитов, соединительных коробок и групповых стоек приборов. В этих случаях может потребоваться создание отдельной схемы подключения.

При создании схемы необходимо учитывать множество элементов, включая первичные приборы, щиты, пульта, штативы, установки приборов вне щитов, групповые установки, внешние электрические и трубные проводки, защитное зануление систем автоматизации, технические требования и список элементов. Создание такой схемы имеет большое значение для обеспечения правильного подключения приборов, а также для обеспечения безопасности в процессе эксплуатации. Схема должна быть легко читаемой и понятной для электротехнических специалистов, включая электромонтажников и инженеров.

Кроме того, при подготовке схемы необходимо учитывать требования электробезопасности. Это включает в себя использование соответствующих защитных средств и обеспечение соответствующего зануления системы автоматизации.

Схема должна содержать все необходимые указания и рекомендации по эксплуатации приборов, а также перечень всех элементов, используемых в системе. В целом, создание правильной и понятной схемы подключения является одним из важных этапов проектирования и обеспечения безопасности электроустановок.

При выполнении электропроводки важно учитывать рекомендации, содержащиеся в руководящем материале РМ4-6-84 «Проектирование электрических и трубных проводок систем автоматизации. Часть I. Электрические проводки» [22]. Особое внимание следует уделить выбору

проводов и кабелей, а также способа их выполнения в соответствии с указанным материалом.

Кабели выбираются по количеству жил и размеру сечения. В схеме соединений внешних проводок использовались два вида кабеля.

Кабель КВВГ – контрольный кабель, с медной жилой, изоляцией ПВХ, оболочкой из ПВХ. Кабель предназначен для создания соединений с электроприборами и аппаратами различного типа, рассчитан на максимальное переменное напряжение до 660 В, постоянное напряжение до 1000 В и частоту в 50 Гц. Также он прокладывается в кабельных туннелях, каналах и внутри помещений, уязвим к механическим нагрузкам и обеспечивает повышенный уровень пожарной безопасности [23].

Существует необходимость в использовании силовых огнестойких кабелей, которые бы обеспечивали передачу и равномерное распределение электрического тока от источника к стационарным промышленным установкам. Для щита силового управления выбран кабель ВВГнг-FRLS. Кабели данного типа совместимы с системами пожаротушения и улучшают уровень безопасности в местах массового скопления людей. Силовые огнестойкие кабели также помогают предотвратить возникновение дыма и газов при возгорании, что существенно снижает количество потенциальных пострадавших. Данный вид кабелей широко применяется в промышленности и перспективно для повышения эффективности охраны безопасности на производственных площадках. Их использование также помогает минимизировать возможные потери после аварийных ситуаций. [24].

На монтажной схеме для каждого кабеля прописано число жил, сечение кабеля и длина. Также около некоторых кабелей указано число задействованных жил.

Нижний уровень автоматизации включает те средства автоматизации, которые находятся непосредственно на технологических объектах. Это датчики и исполнительные механизмы. На монтажной схеме внешних проводок изображены подключения следующих технических средств АСР

нижнего уровня: два датчика температуры (позиции 1а и 2а), датчик давления (3а) и датчик по расходу (4б).

В верхней части первого листа представлена таблица с позициями и назначениями датчиков. Датчики, заводящиеся в клеммную коробку, объединены в кабели марки КВВГ различной длины и количеством жил. Датчики температуры имеют четырехпроводное подключение, которое объединяют в один кабель. Все датчики температуры заводятся в клеммную коробку КС-10 [25]. Затем общий кабель направляют в щит автоматизации. Датчик давления имеет двухпроводное подключение, которое объединяют в один кабель. Кабель от датчика давления заводится в клеммную коробку КС-10. Затем общий кабель направляют в щит автоматизации. Датчик расхода имеет двухпроводное подключение, которое объединяют в один кабель. Кабель от датчика расхода заводится в клеммную коробку КС-10. Клеммная коробка КС-10 имеет 10 клемм, 8 из которых рабочие и 2 – резервные. В качестве сальников были выбраны пластмассовые и резиновые сальники различного диаметра.

Общий кабель направляют в щит автоматизации. Общий провод, состоящий из 10 жил (2 жилы резервные), объединяет все четыре датчика имеет маркировку КВВГ 10х1. Щит автоматизации соединен кабелем с силовым щитом. Со щита автоматизации в силовой щит направлен кабель наименованием ВВГ-Пнг(А)-LS. В свою очередь, щит автоматизации соединен кабелем с силовым щитом (осуществляется питание, условное обозначение соединения «0»), а также с исполнительным механизмом МЭО – 1600 (условное обозначение соединения «7») и пускателем ПБР – 3А (условное обозначение соединения «8»).

Пускатель помимо связи со щитом автоматизации, имеет связь с исполнительным механизмом (передача сигнала рассогласования, условное обозначение соединения «6») и силовым щитом (питание, условное обозначение соединения «5»).

Разработанная монтажная схема АСР температуры перегретого пара в условиях действия непрерывных возмущений представлена на чертеже с шифром ФЮРА.421000.017 С4.

9 Разработка общего вида щита управления

9.1 Выбор шкафа для размещения оборудования

Шкафы предназначены для размещения приборов, средств автоматики, систем обогрева и вентиляции и вспомогательного оборудования. Шкафы представляют собой сварную конструкцию, выполненную из углеродистой стали с полимерным покрытием. С передней стороны шкаф имеет открывающуюся дверь с прозрачным окном.

Выбран компактный распределительный шкаф Rittal AE 1280.500, так как этот шкаф предназначен для размещения оборудования небольших АСР. Характеристики шкафа приведены в таблице 21 [26].

Таблица 21 – Характеристики шкафа Rittal AE 1280.500

Характеристики	Rittal AE 1280.500
Материал	Корпус: листовая сталь Дверь: Листовая сталь, литое уплотнение из полиуретана по периметру
Поверхность	Корпус и крышка: грунтовка, снаружи порошковое покрытие, структурное Монтажная панель: оцинкованная
Степень защиты, IP	66

Продолжение таблицы 21

Размер, мм	
Ширина:	800
Высота:	1200
Глубина:	300

9.2 Описание общего вида щита управления

Щиты систем автоматизации предназначены для размещения средств контроля и управления технологическими процессами, контрольно-измерительных приборов, сигнальных устройств, аппаратуры управления, автоматического регулирования, защиты, блокировки, линий связи между ними (трубной и электрической коммутации) и других устройств в производственных и специальных щитовых помещениях (операторских, диспетчерских, аппаратных и т.д.).

Для эффективной эксплуатации средств автоматизации необходимы комплекты технических средств автоматизации и электрических проводок, которые включены в состав данных систем.

Перед изготовлением щита производится составление комплекта чертежей для монтажа технических средств автоматизации и электрических проводок.

Размещение указанных средств в щите системы автоматизации имеет большое значение для эффективного контроля и управления технологическими процессами, а также обеспечения защиты и блокировки в случае аварийных ситуаций. Следовательно, правильный подход к выбору

систем автоматизации и их соответствие заявленным требованиям играют важную роль в обеспечении безопасности и эффективности производственных процессов.

На данном этапе выполняется составление комплекта чертежей, необходимых для изготовления щита и монтажа технических средств автоматизации и электрических проводок. Этот процесс обеспечивает комплексную поддержку щитовых систем автоматизации и обеспечивает их эффективную эксплуатацию.

В настоящее время разработка систем регулирования становится все более распространенной практикой в различных отраслях промышленности и производства. Для успешной реализации этой практики важно иметь надежную и безопасную инфраструктуру, включающую в себя средства автоматизации и контроля процессов.

Один из элементов инфраструктуры – щит шкафной малогабаритный (ЩШМ) – был разработан с учетом конструктивных особенностей и безопасности прикосновения к токоведущим частям. Операторское помещение может использовать данный щит для монтажа средств автоматизации системы регулирования.

Для обеспечения оперативного контроля за ходом технологического процесса на щите можно разместить контроллер и сборки зажимов. В данном случае используемый щит является одиночным и имеет размеры 1200x800x300 мм.

Чертеж общего вида одиночного щита включает в себя вид спереди, вид на внутренние плоскости и перечень составных частей. Верхнюю часть щита занимает моноблочный логический контроллер ПЛК-73, установленный на горизонтальной панели щита управления.

Правее панели находится бесперебойный источник питания. В середине расположены розетка XS1, автоматический выключатель, защита от перенапряжений, термореле, а также блоки зажимов. Правее расположены 2 аккумулятора, которые соединяются с источником бесперебойного питания

ИБП60Б. Ниже расположены два преобразователя аналоговых сигналов, а также реле на 24 и 220В. В нижней части шкафа расположены блоки зажимов ХТ1.1, ХТ2.1, ХТ2.1.

Общий вид щита представлен на чертеже с шифром ФЮРА.421000.017 ВО.

10 Разработка мнемосхемы схемы проекта

Для обеспечения контроля, управления и диагностики системы, часто используется графическое представление в виде мнемосхемы. Мнемосхемы позволяют упростить представление сложных процессов и систем, и обеспечить эффективное контролирование их работы со стороны управляющего персонала.

В данной работе разработана мнемосхема, представляющая систему АСР перегретого пара в условиях непрерывных возмущений. Эта мнемосхема разработана в программном обеспечении MasterScada 4D и представлена на рисунке 7.

Мнемосхема состоит из блок-схемы, где отображены все компоненты системы и их взаимодействие в наглядном и понятном виде. В левой части мнемосхемы представлено два канала подачи питательной воды и свежего пара, а в правой части - тракт отведения перегретого пара за вторым пакетом пароперегревателя в магистраль. В нижней части мнемосхемы размещены кнопки, предназначенные для открытия и закрытия задвижки питательной воды.

Использование мнемосхемы позволяет эффективно контролировать работу целых участков производственной линии и обеспечивать ее оптимальную работу в условиях непрерывных возмущений.

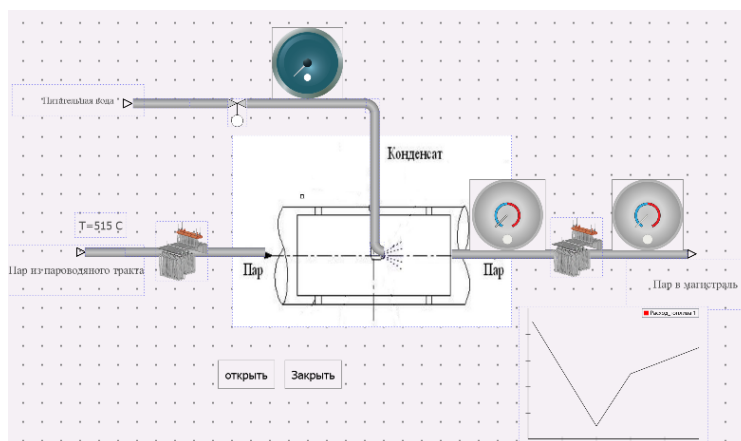


Рисунок 6 – Окно разработки мнемосхемы АСР перегретого пара

В ходе разработки программы учитывались два языка программирования – ST и FBD. На рисунке 8 можно ознакомиться с кодом программы, написанным на языке FBD. Мнемосхема отображает два генератора импульсов для регулируемых параметров, а именно расхода питательной воды и температуры перегретого пара после второго пакета пароперегревателя. Отметим, что каждый из генераторов определяет диапазон значений соответствующего параметра. Дополнительно на мнемосхеме обозначен RS-триггер, который используется для управления задвижкой. В свою очередь, открытие и закрытие задвижки осуществляется при помощи соответствующих кнопок.

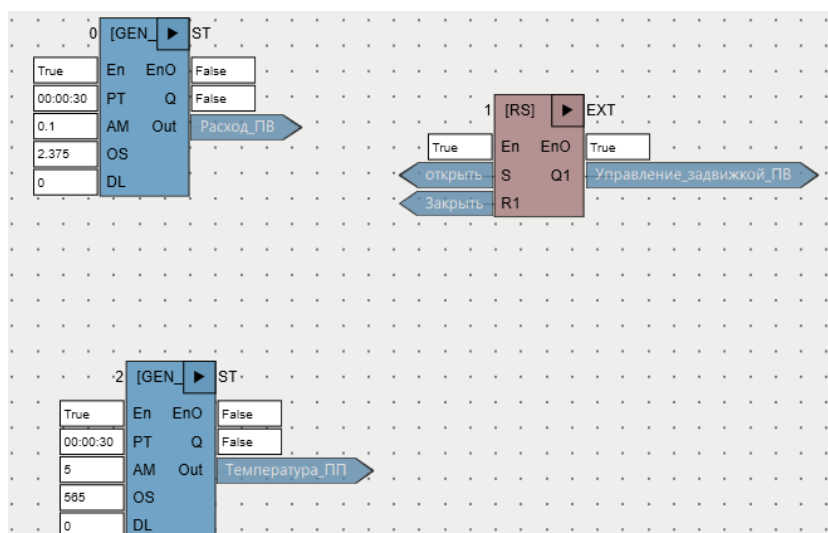


Рисунок 7 – Код программы FBD

В программе ST, представленной на рисунках 9 и 10, можно заметить, что значение TRUE активирует автоматический режим и инициирует начало работы системы без непосредственного участия пользователя. Анализ строк от 5 до 39 демонстрирует процесс изменения температуры при различных положениях задвижки в процессе времени.

```

1| if ( автоматический_режим = TRUE ) THEN
2| задвижка_ПВ := TRUE;
3| END_IF;
4|
5| IF Расход_ПВ1 > 0 then
6| Температура_после_ВПО := 165 * EXP(0.5 * Расход_ПВ1) ;
7| END_IF;
8|
9| if Управление_задвижкой_ПВ = FALSE THEN
10| Расход_ПВ1:= 0;
11| END_IF;
12|
13| IF Управление_задвижкой_ПВ = FALSE THEN
14| Расход_ПВ1:= 2.375;
15| END_IF
16|
17| IF Управление_задвижкой_ПВ = TRUE THEN
18| Расход_ПВ:= Расход_ПВ1;
19| END_IF;
20|
21| IF Управление_задвижкой_ПВ = FALSE THEN
22| Расход_ПВ:= 2.375;
23| END_IF;
24|
25| IF Управление_задвижкой_ПВ = TRUE THEN
26| Параметр_2:= Температура_ПП;
27| END_IF;
28|
29| IF Управление_задвижкой_ПВ = FALSE THEN
30| Параметр_2:= 565;

```

Рисунок 8 – Код программы ST лист 1

```

30| Параметр_2:= 565;
31| END_IF;
32|
33| IF Управление_задвижкой_ПВ = FALSE THEN
34| Температура_после_ВПО:= 540;
35| END_IF;
36|
37| IF Управление_задвижкой_ПВ = FALSE THEN
38| Температура_ПП:= 565;
39| END IF:

```

Рисунок 9 – Код программы ST лист 2

На рисунке 10 продемонстрирован пример работы мнемосхемы.

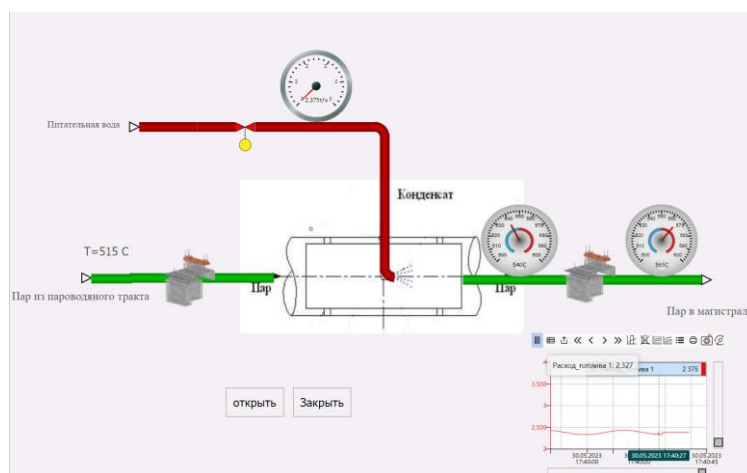


Рисунок 10 – Пример работы мнемосхемы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б93	Микулич Анастасия Вячеславовна

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	И. Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>- накладные расходы – 20%; - норма амортизации – 25%.</i>
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<i>Единый тариф страховых взносов - 30%.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование и формирование бюджета	<i>Формирование плана и графика проекта: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ. Определение сметы затрат проекта.</i>
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	<i>Расчет показателей экономической эффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Микулич Анастасия Вячеславовна		

11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение

Целью написания данного раздела является расчет экономической эффективности разработки автоматизированной системы технического и коммерческого учета потребляемой электроэнергии распределенным объектом.

Для выполнения данной задачи необходимо:

- 1) составить план работ и оценить время их выполнения;
- 2) составить смету затрат на проект;
- 3) составить смету затрат на оборудование и монтажные работы для реализации проекта;
- 4) определить срок окупаемости проекта.

11.1 Планирование работ и оценка времени выполнения

Для организации процесса реализации проекта необходимо планирование занятости участников в проекте, а также сроков выполнения определенных этапов работы. В таблице 22 представлены все виды выполняемых работ и время их выполнения.

Таблица 22 – Перечень работ и оценка их выполнения

Наименование работ	Количество исполнителей	Продолжительность, дней
Получение задания	Инженер	1
	Научный руководитель	1

Продолжение таблицы 22

Обзор мировых работ, связанных с регулированием нагрузки	Инженер	7
Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	23
Разработка функциональной и структурной схем, подбор оборудования	Научный руководитель	2
	Инженер	6
Анализ подобранных материалов		
Разработка функциональной и структурной схем, подбор оборудования	Инженер	14
Проектирование мнемосхемы	Научный руководитель	4
Разработка щита управления САУ	Инженер	10
Проектирование мнемосхемы	Инженер	11
Оформление пояснительной записки ВКР	Инженер	5
Проверка и утверждение выпускной квалификационной работы	Инженер	8
	Научный руководитель	1
Итого	Инженер	85

По данным таблицы 22 построен график проведения работ, представленный в таблице 23.

Диаграмма Ганта – это популярный тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации плана, графика работ по

какому-либо проекту. Является одним из методов планирования проектов. Используется в приложениях по управлению проектами.

Таблица 23 – Диаграмма Ганта

Наименование работы	1	2-8	9-31	32-37	38-51	52-61	62-72	73-77	78-85
Получение задания									
Обзор мировых работ, связанных с регулированием нагрузки									
Подбор и изучение материалов по теме									
Анализ подобранных материалов									
Разработка функциональной и структурной схем, подбор оборудования									
Разработка щита управления САУ									
Проектирование мнемосхемы									
Оформление пояснительной записки ВКР									
Проверка и утверждение выпускной квалификационной работы									

11.2 Смета затрат на проект

Затраты на выполнение проекта рассчитываются в рублях по формуле:

$$K_{\text{проект}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}, \quad (1.1)$$

где $K_{\text{мат}}$ – материальные затраты;

$K_{\text{ам}}$ – амортизация компьютерной техники;

$K_{\text{з/пл}}$ – затраты на заработную плату;

$K_{с.о}$ – затраты на социальные нужды;

$K_{пр}$ – прочие затраты;

$K_{накл}$ – накладные расходы.

11.2.1 Материальные затраты

Под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на канцелярские товары. Величину этих затрат принимаем 1000 руб.

11.2.2 Затраты на амортизацию

Амортизацию оборудования в классическом понимании можно назвать постепенным переносом стоимости основной части финансовой организации и ее активов нематериального значения по уровню их морального и физического износа на итоговую цену выпускаемых товаров.

Амортизация компьютерной техники рассчитывается руб./год в как:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot Ц_{КТ} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \quad (5.2)$$

где $T_{исп.кт}$ – время использования компьютерной техники;

$T_{кал}$ – календарное время;

$Ц_{КТ}$ – цена компьютерной техники;

$T_{сл}$ – срок службы компьютерной техники.

$$K_{ам} = \frac{85}{365} \cdot 45000 \cdot \frac{1}{4} = 2620 \frac{\text{руб.}}{\text{год}}.$$

11.2.3 Затраты на заработную плату

Заработная плата – это вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий

выполняемой работы, а также выплаты компенсационного и стимулирующего характера.

Затраты на заработную плату рассчитываются в рублях как:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж}^{\phi} + ЗП_{нр}^{\phi}, \quad (1.3)$$

где $ЗП_{инж}^{\phi}$ – фактическая заработная плата инженера;

$ЗП_{нр}^{\phi}$ – заработная плата научного руководителя;

Месячный оклад инженера и научного руководителя:

$$ЗП_{инж}^м = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.4)$$

$$ЗП_{нр}^м = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.5)$$

где $ЗП_{инж}^м$ – месячная заработная плата инженера;

$ЗП_{нр}^м$ – месячная заработная плата научного руководителя;

$ЗП_0$ – месячный оклад (инженер 17000 руб., научный руководитель 26300 руб.);

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск, равен 1,1 (10%);

K_2 – районный коэффициент, равен 1,3 (30%).

$$ЗП_{инж}^м = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб};$$

$$ЗП_{нр}^м = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб.}$$

Фактическая заработная плата рассчитывается в рублях:

$$ЗП_{\phi} = \frac{ЗП_{мес}}{21} \cdot n^{\phi}, \quad (1.6)$$

где $ЗП_{мес}$ – месячная заработная плата;

21 – среднее число рабочих дней в месяце;

n^{ϕ} – фактическое число дней в проекте;

Инженер:

$$ЗП_{инж}^{\phi} = \frac{17000}{21} \cdot 85 = 68809 \text{ руб.}$$

Научный руководитель:

$$ЗП_{нр}^{\phi} = \frac{37609}{21} \cdot 8 = 14327 \text{ руб.}$$

$$K_{з/пл} = 68809 + 14327 = 83136 \text{ руб.}$$

11.2.4 Затраты на социальные отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления на социальные нужды – обязательные отчисления по нормам, установленным законодательством государственного социального страхования в Фонд социального страхования РФ, Пенсионный фонд РФ, фонды обязательного медицинского страхования от затрат на оплату труда работников, включаемых в себестоимость продукции (работ, услуг), по элементу «Затраты на оплату труда» (кроме тех видов оплаты, на которые страховые взносы не начисляются).

Затраты на социальные нужды принимаются как 30 % от затрат на заработную плату.

$$K_{соц/н} = K_{з/пл} \cdot 0,3 \quad (1.7)$$

$$K_{соц/н} = 83136 \cdot 0,3 = 24941 \text{ руб.}$$

11.2.5 Прочие затраты

Прочие затраты принимаются как 10 % от суммы материальных затрат, амортизационных отчислений, затрат на заработную плату и затрат на социальные нужды.

$$K_{пр} = (K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{соц/н}) \cdot 0,1, \quad (1.8)$$

$$K_{пр} = (1000 + 2620 + 83136 + 24941) \cdot 0,1 = 11170 \text{ руб.}$$

11.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы – расходы на хозяйственное обслуживание производства и управление предприятием, являющиеся дополнительными к основным затратам и наряду с ними включаемые в издержки производства. Накладные расходы принимаются в размере 20 % от затрат на заработную плату.

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 0,2 \quad (1.9)$$

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 0,2 = 83136 \cdot 0,2 = 16627 \text{ руб.}$$

В таблице 24 представлена смета затрат на проект.

Таблица 24 – Смета затрат на проект

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	1000
Амортизация компьютерной техники	2620
Затраты на заработную плату	83136
Затраты на социальные нужды	24941
Прочие затраты	11170
Накладные расходы	16627
ИТОГО:	139494

11.3 Смета затрат на оборудование и монтажные работы

В таблице 25 представлен перечень используемого оборудования в проекте и его стоимость.

Таблица 25 – Затраты на оборудование

Наименование	Стоимость, руб.	Количество, шт.
Микропроцессорный программируемый контроллер ПЛК ОВЕН 73	30000	1
Датчик давления Метран-3051CD-ДД-5-0,04%- 2068кПа-25МПа-4...20мА	23000	1
Датчик давления Метран-2088G-ДИ-4S-0,075%- 55МПа-4...20мА	60000	1
Датчик температуры ТХА Метран-2700-АО1-250-2-1	18000	2
Блок питания БПС-24К, 2 ТВ 3, 4...20 мА	55000	1
Исполнительный механизм МЭО-1600/160-0,63У-99	58000	1
Пускатель бесконтактный ПБР-3А	4500	1
Кабель КВВГ 4х1 4м	200	1
Кабель КВВГ 2х1 4м	200	2
Кабель КВВГ 10х1 50м	10000	1
Кабель КВВГ 3х1 16м	640	1
Кабель ВВГ-Пнг (А)-LS 3х1 100м	3600	1
ИТОГО:	263340	14

Затраты на монтажные работы, транспортировку и демонтаж оборудования составляют 20 % от суммы затрат на технические средства:

$$K_{\text{монт}} = K_{\text{обор}} \cdot 0,2 \quad (1.10)$$

где $K_{\text{обор}}$ – затраты на оборудование.

$$K_{\text{монт}} = K_{\text{обор}} \cdot 0,2 = 263340 \cdot 0,2 = 52668 \text{ руб.}$$

Общие капитальные затраты:

$$\sum K = K_{\text{проект}} + K_{\text{обор}} + K_{\text{монт}} \quad (1.11)$$

$$\sum K = 139494 + 263340 + 52668 = 455502 \text{ руб.}$$

11.4 Расчет годовых эксплуатационных издержек

$$И_{\text{год}} = И_{\text{ам}} + И_{\text{рем}} + И_{\text{з/пл}} + И_{\text{соц}}, \quad (1.12)$$

где $И_{\text{ам}}$ – затраты на амортизацию; $И_{\text{рем}}$ – затраты на текущий ремонт; $И_{\text{з/пл}}$ – затраты на зарплату обслуживающего персонала; $И_{\text{соц}}$ – затраты на социальные нужды (30% от оплаты труда).

Амортизационные отчисления при сроке службы технических средств $T_{\text{сс}} = 10$ лет определяется по формуле:

$$И_{\text{ам}} = \frac{1}{T_{\text{сс}}} \cdot И_{\text{обор}}, \quad (1.13)$$

$$И_{\text{ам}} = \frac{1}{10} \cdot 263340 = 26334 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт приняты в размере 10 % от затрат на амортизацию:

$$И_{\text{рем}} = 0,1 \cdot И_{\text{ам}}, \quad (1.14)$$

$$И_{\text{рем}} = 0,1 \cdot 26334 = 2633,4 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату в рублях по формуле:

$$И_{з/пл} = ЗП_{\text{опер}} + ЗП_{\text{инж}} + ЗП_{\text{монт}}, \quad (1.15)$$

где $ЗП_{\text{опер}}$ – заработная плата оператора; $ЗП_{\text{инж}}$ – заработная плата инженера КИПиА; $ЗП_{\text{монт}}$ – заработная плата слесаря-монтажника.

Рассчитаем месячный оклад сотрудников по формуле:

$$ЗП^м = ЗП \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.16)$$

где $ЗП$ – месячный оклад, руб; K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск (10 %); K_2 – районный коэффициент (30 %).

$$ЗП_{\text{опер}}^м = 15000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 21450 \text{ руб},$$

$$ЗП_{\text{инж}}^м = 30000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 42900 \text{ руб},$$

$$ЗП_{\text{монт}}^м = 30000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 42900 \text{ руб},$$

Годовая заработная плата обслуживающего персонала будет составлять:

$$И_{з/пл} = 12 \cdot ЗП^м, \quad (1.17)$$

$$И_{\text{опер}} = 12 \cdot 21450 = 257400,$$

$$И_{\text{инж}} = 12 \cdot 42900 = 514800.$$

Работа слесаря-монтажника составляет один месяц.

Тогда, затраты на заработную плату за год будут равны:

$$И_{з/пл} = 257400 + 514800 + 42900 = 815100 \text{ руб}.$$

Отчисления на социальные нужды составляют 30 % от фонда оплаты труда:

$$И_{\text{соц}} = 0,3 \cdot И_{з/пл}, \quad (1.18)$$

$$И_{\text{соц}} = 0,3 \cdot 815100 = 244530 \text{ руб}.$$

Годовые эксплуатационные расходы составляют:

$$И_{\text{год}} = 26334 + 2633,4 + 815100 + 244530 = 1\,088\,597,4 \text{ руб.}$$

11.5 Расчет экономической эффективности

За счет внедрения автоматической системы энергосбережение на предприятии составит 20-25 % от суточного потребления электроэнергии. Предел годовой экономии можно рассчитать по формуле:

$$\Delta \mathcal{E}_3 = 365 \cdot \Delta \mathcal{E} \cdot \tau_3, \quad (1.19)$$

где $\Delta \mathcal{E} = 3000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ – экономия электроэнергии;

$\tau_3 = 4,39 \text{ руб кВт} \cdot \text{ч}$ – тариф на электроэнергию.

$$\Delta \mathcal{E}_3 = 365 \cdot 3000 \cdot 4,39 = 4\,807\,050 \text{ руб.}$$

Годовой эффект будет равен пределу годовой экономии:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 4\,807\,050 \text{ руб.}$$

Рассчитаем срок окупаемости капитальных вложений, используя формулу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{проект}} + K_{\text{обор}} + K_{\text{монт}}}{\mathcal{E}_{\text{год}} - И_{\text{год}}}, \quad (1.20)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{139494 + 263340 + 52668}{4807050 - 1089105} = 0,122 \text{ года} \approx 1,5 \text{ месяца.}$$

Реализация проекта по внедрению автоматической системы регулирования температуры перегретого пара требует больших финансовых вложений на разработку проекта, приобретение оборудования и монтаж системы. При внедрении данной системы снижается нагрузка на производственное оборудование и вследствие этого повышается рабочий ресурс, также снижаются затраты на электроэнергию.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 5Б93		ФИО Микулич Анастасии Вячеславовне	
Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

<i>Автоматическая система регулирования температуры перегретого пара в условиях действия непрерывных возмущений</i>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	Объект исследования: Автоматическая система регулирования температуры перегретого пара в условиях действия непрерывных возмущений. Область применения: Энергетика, котельные станции. Рабочая зона: Операторская. Размеры помещения: 7*6 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер, программируемый логический контроллер. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: контроль и управление характеристик температуры перегретого пара.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ Оборудование производственное. Общие эргономические требования; – ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора; – ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места.
2. Производственная безопасность при эксплуатации: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные факторы: – повышенный уровень шума; – отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; – длительное сосредоточенное наблюдение; – монотонность труда, вызывающая монотонию. Опасные факторы: – производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; – производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.

	Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: беруши, наушники, специальная одежда, изоляция проводов.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону: работа парового котла не несет вреда селитебной зоне; Воздействие на литосферу: – загрязнение частицами отходов; Воздействие на гидросферу: – загрязнение сточными водами; Воздействие на атмосферу: – выбросы газов, содержащих в себе CO₂, NO_x, SO₂ при работе оборудования.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: – возгорание парового котла; – перегрузка сетей, которая ведет к сильному нагреву токоведущих элементов и возгоранию изоляции; – техногенные аварии (отказ систем безопасности; тепловой взрыв). Наиболее типичная ЧС: – тепловой взрыв с выбросом массовых веществ (оксидов азота, серы, углерода и твердых веществ).
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Микулич Анастасия Вячеславовна		

12 Социальная ответственность

Введение

В выпускной квалификационной работе была спроектирована автоматическая система регулирования температуры перегретого пара парогенератора ТПП-210. Эксплуатация подразумевает уменьшение количество персонала и понижение стоимости тепловой энергии. Данная система должна быть установлена в котельной. Потенциальным пользователем разрабатываемого решения является энергетическая организация АО «Томская Генерация», г.Томск. Рабочая зона: операторская. Размеры помещения: 42 м². Наименование и количество оборудования рабочей зоны: программируемый логический контроллер «Овен» ПЛК-73 (1 шт.), персональный компьютер (1 шт.). Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: регулирование температуры перегретого пара перед и после второй ступени пароперегревателя путем контроля расхода и давления свежего пара.

12.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

12.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно [27], конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнений работ в пределах зоны досягаемости моторного поля. Также при проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать половую принадлежность работника. Согласно ст. 91 ТК РФ [28] нормальная продолжительность рабочего времени для оператора АСУ не может превышать 40 часов в неделю.

Согласно [28], есть несколько видов компенсаций для работников, занятых на работах с вредными и/или опасными условиями труда:

- минимальная продолжительность ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска работникам составляет 7 календарных дней;

- оплата труда работников, занятых на работах с вредными и/или опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Так как предполагается проведение работ сидя, то необходимо отметить некоторые показатели, которые учитываются устанавливается в повышенном размере: минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и/или опасными условиями при такой работе.

12.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Важнейшим принципом в области охраны труда является приоритет жизни и здоровья работника перед производственной деятельностью предприятия. Также существуют общие нормативные требования по охране труда, которые должны соблюдаться всеми работодателями [28]. Кресло оператора АСУ должно быть выполнено согласно требуемых норм. Требования вынесены в ГОСТ 21889-76 “Система “Человек-машина” [29].

Основные эргономические требования к креслу человека-оператора: кресло должно обеспечивать человеку-оператору соответствующую характеру и условиям труда физиологически рациональную рабочую позу; кресло должно обеспечивать длительное поддержание основной рабочей позы в процессе трудовой деятельности; при невозможности покинуть рабочее место длительное время конструкция кресла должна обеспечивать условия для отдыха человека-оператора в кресле; кресло должно создавать условия для поддержания корпуса человека в физиологически рациональном положении с сохранением естественных изгибов позвоночника; конструкция кресла не должна затруднять рабочих движений.

При расположении различного технического оборудования на рабочем месте необходимо согласовать с ГОСТ 22269-76 «Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места» [30]. Рабочее помещение

должно соответствовать всем нормам освещения, содержать обеденное место и быть оснащенным средствами гигиенического ухода.

12.2 Производственная безопасность

Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

Во время выполнения работ могут возникнуть опасные и вредные факторы, которые закреплены в ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ) [31]. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». В таблице 26 представлены опасные и вредные факторы, влияющие на работу инженера.

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора АСУ

Факторы	Нормативные документы
Повышенный уровень шума на рабочем месте	ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» [32].
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [33].
Длительное сосредоточенное наблюдение	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [34].

Продолжение таблицы 26

Монотонность труда, вызывающая монотонию	Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (приложение 16, пункт 4. Методика оценки напряженности трудового процесса) [35].
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [36].
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [37].

12.2.1 Повышенный уровень шума

Источником повышенного уровня шума является исполнительный механизм МЭО-1600. Соответственно повышенный уровень шума может привести к головной боли, поражению органов слуха и нервной системы.

Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах регламентирован документом. Согласно п.6 «Нормы допустимого шума», СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003, в таблице 27 указаны допустимые уровни шума для помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами (подразумевается операторская) [38].

Таблица 27 – Предельно допустимые уровни звука

Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА	Мак. Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Операторская	102	90	82	77	73	70	68	66	64	75	90

Для защиты от шума используется: применение шумобезопасной техники, применение средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029 [39], применение средств индивидуальной защиты по ГОСТ Р 12.3.051-2017 [40].

12.2.2 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Недостаточное освещение на рабочем месте может привести к ухудшению зрения, утомляемости глаз, головной боли, а также снижению производительности и эффективности работы. Согласно СП 52.13330.2016 [41] светильники должны обеспечивать нормальные условия освещенности, учитывая специфику работы и требования видимости со стороны работника. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 желательно использовать комбинированную систему освещения, включающую люминесцентные лампы [34]. В таблице 28 приведены основные нормативные показатели освещения помещения.

Таблица 28 – Нормативные показатели освещения помещения

Помещение	Освещение рабочих поверхностей, лк		Коэффициент пульсации освещенности, % не более
	При комбинированном освещении	При общем освещении	
Операторская	750	300	10

12.2.3 Длительное сосредоточенное наблюдение

Источником фактора является длительное наблюдение за параметрами температуры на основе меняющейся информации в режиме реального времени, выводимой на мониторе. Перенапряжение зрительного анализатора может привести к ухудшению зрения и другим заболеваниям, поэтому необходимо принимать меры для защиты глаз. Зрительная гимнастика и контроль расстояния между глазами и экраном, которое должно быть не менее 600-700 мм согласно ГОСТ Р 50948-2001, могут помочь уменьшить риск возникновения проблем со зрением [42].

12.2.4 Монотонность труда, вызывающая монотонию

Источником фактора является низкое число выполняемых операций по регулированию температуры за малый промежуток времени. Согласно Р 2.2.2006-05, длительная повторяющаяся работа способствует снижению тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, скелетной мускулатуры [35]. Для устранения накопленной усталости и нагрузки на организм человека необходимо выполнять комплекс физических упражнений на координацию движений, концентрацию внимания, комплекс упражнений на глаз, использовать методику психической саморегуляции.

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

На рабочем месте источником высоких температур является тепловой объект - пароперегреватель, который постоянно повышает температуру пара до предельно допустимых значений. Для разрабатываемой системы наиболее вероятным видом ожога является термический ожог. Общие требования по предотвращению получения ожогов описываются в [43]. Термические ожоги можно предотвратить, надев средства индивидуальной защиты, используя тактику предотвращения пожара, а также имея процедуры и планы действий в чрезвычайных ситуациях, связанные с обнаружением и защитой от пожара.

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

Источниками поражения электрическим током человека являются все устройства, подключенные к сети питания 220, 380 В. В результате поражения электрическим током могут возникнуть ожоги, судороги, потерю сознания. Поэтому необходимо соблюдать правила эксплуатации электрооборудования, такие как: использование защитного заземления и зануления, средств индивидуальной защиты, контроль изоляции проводов и технического состояния приборов. При выполнении работ необходимо придерживаться правил, прописанных в ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» [44]. В таблице 29 приведены предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

Таблица 29 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	U, В	I, mA
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

12.3 Экологическая безопасность при эксплуатации

Экологическая безопасность также включает в себя соблюдение норм и правил по охране окружающей среды, утилизацию отходов и сокращение выбросов вредных веществ. В таблице 30 представлены источники неблагоприятного воздействия и соответствующие природоохранные мероприятия.

Таблица 30 – Источники неблагоприятного воздействия и соответствующие природоохранные мероприятия

Элемент окружающей природной среды	Источник загрязнения	Соответствующее природоохранное мероприятие
Литосфера	Сжигание топлива	Комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов
Гидросфера	Повышенное использование питательной воды на впрыск	Регулирование расхода впрыска воды в зависимости от температуры
	Химическое загрязнение водостоков	Установка сооружения для очистки сточных вод
Атмосфера	Выбросы в атмосферу, вследствие сгорания топлива (увеличение концентрации NO _x)	– Регулирование температуры в топке котла; – Контроль расхода воздуха в топку котла; – Улавливание сернистых соединений; – Применение альтернативных видов топлива; – Установка сооружений для очистки дымовых газов.

Анализ влияния производственного процесса на окружающую среду

12.3.1 Воздействие на литосферу

После сжигания топлива образуется зола и шлак, которые засоряют почву. Для снижения возможного риска загрязнения почвы необходимо использовать емкости для сбора и последующей утилизации топлива. В таблице 31 приведены предельно допустимые концентрации золы и шлака в почве на основании п.14 [34].

Таблица 31 – Предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве

№ п/п	Наименование вещества	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³	Лимитирующий показатель вреда	Класс опасности
		Концентрация, предотвращающая раздражающее действие		
262	Зола сланцевая	0,3	рез.	3
469	Шлак		рез.	3

12.3.2 Воздействие на гидросферу

Котлы используют воду из близлежащих водоемов для нагрева топлива. Перед тем как сбросить воду обратно в водоем происходит охлаждение и очищение вредных веществ, таких как карбонат кальция, гидроокись магния, грубодисперсные вещества, соединения железа (Fe) и алюминия (Al). В [45] приложении N5 прописаны максимальные допустимые значения и концентрации (МДК) загрязняющих веществ в сточных водах. Например, для соединений Fe и Al МДК составляет 5 мг/дм³. Для очистки сточных вод применяют механическую очистку, физико-химическую очистку, химическую очистку и биохимическую очистку. Для снижения повышенного расхода питательной воды на подогрев топлива необходимо регулировать температуру топлива подогревом электронагревателем.

12.3.3 Воздействие на атмосферу

Особую опасность для окружающей среды представляют теплоисточники, которые не имеют средств очистки дымовых газов, содержащих в себе CO₂, NO_x, SO₂. Возможно заражение воздуха прилегающей территории, уничтожение растительности, химическое загрязнение водостоков, загрязнение сточными водами, загрязнение почвенного покрова. В таблице 32 приведены предельно допустимая концентрация каждого вещества (вредного выброса), согласно ГОСТ Р55173- 2012 [46].

Таблица 32 – Состав и предельно допустимая концентрация вредных выбросов

Наименование показателя	ПДК, мг/м ³
CO ₂	375
NO _x	300
SO ₂	1200

12.3.4 Мероприятия по защите окружающей среды

Регулирование температуры является важным фактором, так как температура имеет наибольшее влияние на образование оксида азота. Улавливание сернистых соединений в выбросах является сложным процессом, который может быть реализован с помощью различных процессов, таких как абсорбционные и адсорбционные процессы. Для этого можно использовать известняк или известь в качестве поглотителя. Для уменьшения выбросов токсичных веществ рекомендованы: природоохранные мероприятия, экологический мониторинг, использование новейших научных разработок.

12.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации

Для защиты населения и производственного персонала в случае ЧС используются различные методы, включая проведение эвакуационных мероприятий, укрытие в защитных сооружениях и использование средств индивидуальной защиты. В России ЧС регулируются Федеральным законом "О чрезвычайной ситуации и обеспечении пожарной безопасности".

12.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Опасными местами считаются помещения топочной камеры и трубные магистрали, а возможными причинами пожара могут быть короткое замыкание, перегрузка сетей, несоблюдение техники безопасности и

самовозгорание. Для предотвращения пожаров необходимо требования пожарной безопасности согласно ГОСТ 12.1.004-91 [47], оборудовать помещение огнетушителями, ящиками с песком, стендом с противопожарным инвентарем и средствами связи.

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

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» определена категория пожара – С, так как топливом является природный газ. Необходимое количество и типы огнетушителей для данного объекта рассчитано по суммарной площади согласно [48] и приведены в таблице 33.

Таблица 33 – Нормы оснащения помещения огнетушителями

Класс пожара	Огнетушители			
	Пенные и водные	Порошковые	Хладоновые	Углекислотные
С	-	3	-	-

12.5 Выводы по разделу

Раздел «Социальная ответственность» направлен на обеспечение комфортных рабочих мест, соблюдение норм вредных воздействий, способы предупреждения возникновения ЧС и порядок действий при их возникновении. Помещение по электробезопасности, согласно ПУЭ, относится к 1 категории по электробезопасности [49].

Согласно [50] анализ показал, что оператор АСР должен иметь III группу по электробезопасности. Допуск персонала с III группой осуществляется на работу с сетями до и выше 1000В, дает право самостоятельного обслуживания,

осмотра, подключения и отключения оборудования. Тяжесть труда, согласно [8] 16.

По степени пожароопасности помещения относятся к категории «ВЗ» согласно СП 12.13130.2009 [51]. Следовательно, существует необходимость тщательного подбора персонала, хорошо знающие оборудование и правила мер безопасности.

Согласно [52], данный объект относится к объектам II категории, оказывающих умеренное негативное воздействие на окружающую среду.

Заключение

Основной задачей выпускной квалификационной работы являлось создание автоматической системы регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя на базе программируемого логического контроллера. В рамках работы был разработан комплект конструкторской документации и произведен выбор соответствующего оборудования для АСР на основе которого составлена заказная спецификация. Помимо этого, была создана мнемосхема, которая позволит управлять технологическим процессом в программном обеспечении Master Scada 4D.

Разработанная система имеет в своем составе новейшие средства автоматизации. За счет этого, система значительно превосходит аналогичные разработки.

Список используемых источников

- 1 Андык, В.С Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС / В.С Андык – Томск : Издательство Томского Политехнического университета, 2016. – 182 с.
- 2 Волошенко, А.В Принципиальные схемы паровых котлов и топливоподач / А.В Волошенко, В.В Медведев, И.П Озерова. – Томск: Издательство Томского Политехнического Университета, 2011. – 13-20 с.
- 3 Волошенко, А.В Проектирование автоматических систем контроля и регулирования / А.В Волошенко, Д.Б Горбунов – Томск : Издательство Томского Политехнического университета, 2011. – 28 с.
- 4 Термоэлектрические преобразователи Метран. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://metran.ru/catalog/datchiki_temperatury/metran-2700/ свободный. – Загл. с экрана.
- 5 Волошенко, А.В Проектирование автоматических систем контроля и регулирования / А.В Волошенко, Д.Б Горбунов – Томск : Издательство Томского Политехнического университета, 2011. – 49 с.
- 6 Узлы и детали к датчикам температуры Метран. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mtn.pro-solution.ru/wp-content/uploads/2018/11/armatura.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
- 7 Преобразователь давления измерительный 2088 Метран. Каталог продукции 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://metr-k.ru/files/products/rosemount/rosemount_2088/Catalog_2088_2019.pdf свободный. – Загл. с экрана.

- 8 Преобразователь давления измерительный 3051 Метран. Каталог продукции 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://new.metr-k.ru/files/products/rosemount/rosemount-3051/Catalog_3051_2019.pdf свободный. – Загл. с экрана.
- 9 Блоки питания БПС-24-4к, БПС24-2к, БП36-2к. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/blok-pitaniya-mps-24-4k-mps24-2k-bp36-2k/?ysclid=li41o5hlmv943176121> свободный. – Загл. с экрана.
- 10 Пускатели бесконтактные реверсивные ПБР-2М и ПБР-3А. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zma-21.ru/produksiya/pribornaya-produksiya/puskateli-pbr-2m-3a.php?ysclid=li41r2r6tf197482913> свободный. – Загл. с экрана.
- 11 Механизм исполнительный электрический однооборотный рычажный типа МЭО-1600. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chep.nt-rt.ru/images/manuals/meo1600.pdf?ysclid=li41thf81i2698944> свободный. – Загл. с экрана.
- 12 ПЛК73 контроллер с НМІ для локальных систем в щитовом корпусе с AI/DI/DO/AO Овен. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen-russia.ru/product/plk73/?ysclid=li41xtpbue110484717> свободный. – Загл. с экрана.
- 13 ИБП60Б источник питания с резервированием Овен. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/ibp60b?ysclid=li42453jux11153183> свободный. – Загл. с экрана.
- 14 Автоматический выключатель 16052DEK DEKraft Russia. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dekraft-russia.com/differencialnye-avtomaty-difavtomat/dekraft-dif-103-1pn-16a-c-45-ka-30-ma--ac-->

- [16052dek?ysclid=li425k6i7i6107790](#) свободный. – Загл. с экрана.
- 15 Защита от перенапряжений PLT-SEC-T3-230-FM 2905229 Модуль Phoenix Contact. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://olnisa.ru/sklad/modul/2905229-modul-phoenix-contact/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=%D0%A2%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F&utm_content=cid|76035882|gid|4961529978|aid|14037131906|adp|no|dvc|desktop|pid|2645258|rid|2645258|did|2645258|pos|premium1|adn|search|crid|0|&utm_term=&yclid=3423335371962056703 свободный. – Загл. с экрана.
- 16 Концевой выключатель Rittal SZ600мм. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rittal.ru/catalog/product/2500470/> свободный. – Загл. с экрана.
- 17 Розетка модульная DEKraft RM-102. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dek.ru/catalog/rozetki-modulnye-rm-102> свободный. – Загл. с экрана.
- 18 Светильник стационарный Schneider Electric NSYLAMLD. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://api.systeme.ru/catalog/view/NSYLAMLD?ysclid=li42f7y2j2533910015> свободный. – Загл. с экрана.
- 19 Вентилятор Rittal 3238.124. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rittal.com/ru-ru/products/PG0168KLIMA1/PGR1952KLIMA1/PRO0299?variantId=3238124> свободный. – Загл. с экрана.
- 20 Термореле 1NO МТК-СТО Овен. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://meyertec.owen.ru/product/mtk_ct0 свободный. – Загл. с экрана.
- 21 ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации

- (ЕСКД). Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
- 22 РМ4-6-84 «Проектирование электрических и трубных проводок систем автоматизации. Часть I. Электрические проводки».
- 23 Кабель КВВГ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://k-
ps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyaczej-
\(0,66kv\)/kvvg/?ysclid=li42pghxls888655279](https://k-
ps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyaczej-
(0,66kv)/kvvg/?ysclid=li42pghxls888655279) свободный. – Загл. с
экрана.
- 24 Кабель силовой огнестойкий ВВГнг-FRLS Гермес. Каталог
продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://td-
hermes.ru/kabel-silovoj/pvc/med/vvgng-a-
frls?yclid=18085950838346088447](https://td-
hermes.ru/kabel-silovoj/pvc/med/vvgng-a-
frls?yclid=18085950838346088447) свободный. – Загл. с экрана.
- 25 Коробка соединительная КС-10 У2 IP54 пластиковый ввод
Гофромастик (ЗЭТАРУС). Каталог продукции 2023. [Электронный
ресурс]. – Режим доступа: [https://nzeta.ru/catalog/korobki-
klemmnye/korobki-soedinitelnye-ks/korobki-s-nabornymi-zazhimami-ks-
10-ks-20/korobka-soedinitelnaya-ks-10-u2-ip54-plastikovyy-vvod-zeta/](https://nzeta.ru/catalog/korobki-
klemmnye/korobki-soedinitelnye-ks/korobki-s-nabornymi-zazhimami-ks-
10-ks-20/korobka-soedinitelnaya-ks-10-u2-ip54-plastikovyy-vvod-zeta/)
свободный. – Загл. с экрана.
- 26 Компактный распределительный шкаф Rittal AE 1280.500. Каталог
продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://rittal.ru/catalog/product/1280500/?ysclid=li42y3d7k3517002725>
свободный. – Загл. с экрана.
- 27 ГОСТ 12.2.032.78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее
место при выполнении работ сидя. Общие эргономические
требования».
- 28 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
- 29 ГОСТ 21889-76 «Система "Человек-машина». Рабочее место
оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места.
- 30 ГОСТ 22269-76 «Рабочее место оператора. Взаимное расположение
элементов рабочего места»

- 31 ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Опасные и вредные производственные факторы.
- 32 ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда
(ССБТ). Шум. Общие требования безопасности».
- 33 СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».
- 34 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к
обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека
факторов среды обитания».
- 35 Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической
оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и
классификация условий труда (прил. 16, п. 4. Методика оценки
напряженности трудового процесса).
- 36 ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда.
Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
- 37 ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно
допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 38 СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция.
- 39 ГОСТ 12.1.029. Система стандартов безопасности труда. Средства и
методы защиты от шума. Классификация.
- 40 ГОСТ Р 12.3.051-2017. Система стандартов безопасности труда.
Строительство. Конструкции защитно-улавливающих сеток.
Технические условия.
- 41 СП 52.13330.2016 Свод правил «Естественное и искусственное
освещение». Актуализированная редакция.
- 42 ГОСТ Р 50948-2001. Государственный стандарт Российской
Федерации. Общие эргономические требования и требования
безопасности.
- 43 Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20
декабря 2012 г. № 1278н «Об утверждении стандарта скорой
медицинской помощи при ожогах, гипотермии».

- 44 ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».
- 45 Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 (ред. от 30.11.2021) «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
- 46 ГОСТ Р 55173-2012. Установки котельные. Общие технические требования.
- 47 ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».
- 48 Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 года N 2398, «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».
- 49 Правила устройства электроустановок (ПУЭ), приказ от 8.07.2002 г. N 204.
- 50 Приказ Минтруда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 года N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».
- 51 СП (своды правил) 2.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
- 52 Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 года N 1479, «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».