

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА В ТОПКЕ ПАРОВОГО КОТЛА ЕП-640-13,8-545 БТ

УДК 681.51:621.182.23

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Моор Евгений Николаевич		

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 ТПУ	Кашук Ирина Вадимовна	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2022 г.

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	
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

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
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

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

Школа Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специализации ООП
Ю.К. Атрошенко
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б8В	Моор Евгению Николаевичу

Тема работы:

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА В ТОПКЕ ПАРОВОГО КОТЛА ЕП-640-13,8-545 БТ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 132-8/с от 12.05.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2022 года
--	------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом автоматизации является паровой пылеугольный котел типа ЕП-640-13,8-545 БТ с естественной циркуляцией и промежуточным перегревом пара. Основные характеристики: – паропроизводительность – 640т/ч; – температура острого пара – 545 °С; – давление острого пара – 13,8 МПа; прочие характеристики определить по справочным данным. Проектируемая система должна обеспечивать регулирование расхода воздуха в соответствии с требованиями качества для заданного режима работы оборудования.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Введение 1. Анализ объекта автоматизации; 2. Выбор структуры автоматической системы регулирования; 3. Разработка функциональной схемы АСР расхода общего воздуха парового котла; 4. Выбор технических средств автоматизации и контроля АСР расхода общего воздуха парового котла; 5. Разработка принципиальной электрической схемы; 6. Разработка монтажной схемы системы регулирования; 7. Разработка общего вида щита управления; 8. Расчет параметров настройки ПИ-регулятора; 9. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение; 10. Социальная ответственность; Заключение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схема структурная 2. Схема функциональная 3. Схема электрических соединений 4. Перечень элементов схемы электрических соединений 5. Схема монтажная внешних проводок 6. ВО Общий вид щита управления
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Доцент ОСГН ШБИП, к.т.н., Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Старший преподаватель ООД ШБИП Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2022 г.
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Ю.К. Атрошенко	к.т.н.		04.02.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Моор Евгений Николаевич		04.02.22

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 93 с., 11 рис., 36 табл., 22 источника, 12 листов графического материала.

Ключевые слова: оптимизация процесса горения, расход общего воздуха, автоматическая система регулирования, программируемый логический контроллер, паровой котёл, повышение кпд, минимизация потерь.

Объектом автоматизации является паровой котёл Еп-640-13,8-545БТ.

Цель работы – разработка автоматической системы регулирования оптимизации процесса горения топлива в топке парового котла Еп-640-13,8-545БТ.

В процессе выполнения работы разработаны структурная, функциональная и монтажная схемы системы автоматического регулирования расхода общего воздуха. Также разработаны и оформлены электрическая принципиальная схема и чертеж общего вида щита управления, составлены заказная спецификация приборов и средств автоматизации, перечень элементов электрической схемы. Выполнен расчет ПИ-регулятора. В результате выполнения настоящей работы разработан комплект конструкторской документации на систему автоматического регулирования расхода общего воздуха.

Оглавление

Введение	9
1 Анализ объекта автоматизации	10
2 Выбор структуры автоматической системы регулирования	12
3 Разработка функциональной схемы АСР расхода общего воздуха парового котла.....	17
4 Выбор технических средств автоматизации и контроля АСР расхода общего воздуха парового котла	19
4.1 Программируемый логический контроллер	19
4.2 Средства измерения расхода.....	29
4.3 Средство измерения содержания кислорода.....	30
4.4 Средство измерения давления	30
4.5 Конденсационный сосуд СК-40-13-Б.....	31
4.6 Диафрагма камерная ДВС 32-200	31
5 Разработка принципиальной электрической схемы	32
6 Разработка монтажной схемы системы регулирования	35
7 Разработка общего вида щита управления	37
8 Расчет параметров настройки ПИ-регулятора	38
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	52
10 Социальная ответственность	76
Заключение	90
Список использованных источников	91
Графический материал	на отдельных листах
ФЮРА.421000.005 С1 Схема структурная	
ФЮРА.421000.005 С2 Схема функциональная	
ФЮРА.421000.005 СО Спецификация приборов и средств автоматизации	
ФЮРА.421000.005 Э4 Схема электрических соединений	

ФЮРА.421000.005 ПЭ4 Перечень элементов схемы электрических соединений

ФЮРА.421000.005 С5 Схема монтажная внешних проводок

ФЮРА.421000.005 ВО Общий вид щита управления

Введение

В современном мире актуальна проблема оптимального использования энергоресурсов, так как с каждым годом их запас уменьшается.

В связи с этим, необходимо принимать меры для уменьшения потерь топливно-энергетических ресурсов за счет улучшения технико-экономических показателей работы предприятий.

Теплоэнергетический сектор сегодня является одной из основных отраслей с высоким потреблением топливных ресурсов. Повышение эффективности работы оборудования котельных и тепловых электрических станций является одной из важнейших задач, решаемых при их эксплуатации. Немаловажную роль в решении поставленных задач играет оптимизация процесса горения, целью которой является минимизация потерь тепла с недожогом и, как следствие, получение максимально возможного КПД для заданного режима работы оборудования.

Целью настоящей работы является разработка автоматической системы регулирования расхода общего воздуха пылеугольного котла типа Еп-640-13,8-545БТ.

1 Анализ объекта автоматизации

Котлоагрегат Еп-640-13,8-545БТ – одnobарабанный паровой котёл с естественной циркуляцией и промежуточным перегревом пара.

Производительность равна 640 т/ч, рабочее давление пара на выходе из котла 13,8 МПа. Температура свежего пара и промежуточного перегрева 545 °С. В качестве основного топлива используются бурые угли Окино-Ключевского месторождения.

Принципиальная схема котлоагрегата с естественной циркуляцией изображена на рисунке 1 [1].

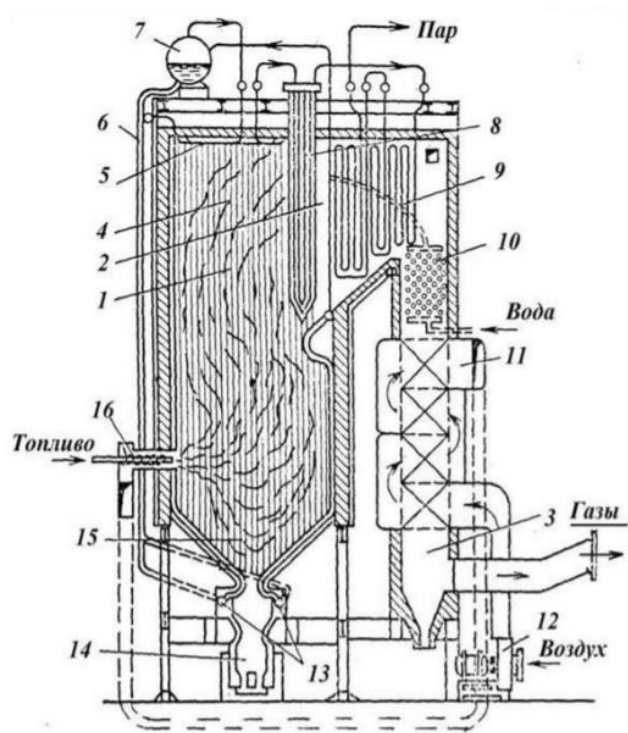


Рисунок 1 – Схема парового котла с естественной циркуляцией:
1 – топочная камера; 2 – горизонтальный газоход; 3 – конвективная шахта;
4 – топочные экраны; 5 – потолочные экраны; 6 – спускные трубы;
7 – барабан; 8 – радиационно-конвективный пароперегреватель;
9 – конвективный пароперегреватель; 10 – водяной экономайзер;
11 – воздухоподогреватель; 12 – дутьевой вентилятор; 13 – нижние коллекторы экранов; 14 – шлаковый комод; 15 – холодная коронка;
16 – горелки

Компоновка котла выполнена по П-образной схеме. Основными элементами котла Еп-640-13,8-545БТ являются: топочный блок котла, восемь растопочных мазутных горелок и шестнадцать прямоточных пылеугольных горелок.

Сжигание топлива в топке котла осуществляется с помощью восьми растопочных мазутных горелок, расположенных тангенциально в один ярус на фронтальной и задней стенах топки, и шестнадцати прямоточных пылеугольных горелок, расположенных тангенциально в два яруса на фронтальной и задней стенах топки. Образующиеся горячие дымовые газы направляются вверх топочной камеры.

Технические характеристики котла приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики котла Еп-640-13,8-545БТ [2]

Параметры	Численное значение
Паропроизводительность, т/ч	640
Температура острого пара, °С	545
Давление острого пара, МПа	13,8
Расход промежуточно пара, т/ч	560
Давление промежуточного пара на выходе, МПа	2,5
Температура промежуточно пара на входе, °С	330
Температура промежуточно пара на выходе, °С	545
Температура питательной воды, °С	230
Теплонапряжение сечения топки, МВт/м ²	3,9
Температура на выходе из топки, °С	1140
Температура уходящих газов, °С	135

2 Выбор структуры автоматической системы регулирования

Для регулирования расхода воздуха в зависимости от ряда факторов применяются следующие схемы:

- топливо-воздух;
- тепло-воздух с последовательным воздействием на воздух;
- тепло-воздух с параллельным воздействием на воздух;
- пар-воздух.

Схема «топливо-воздух» не может быть применена в рамках настоящей работы, так как используется для жидкого и газообразного топлива, а «пар-воздух» – из-за особенностей компоновки ТЭС.

Схема «тепло-воздух» включает в себя импульс по «теплу», который используется для косвенного определения расхода топлива и является основным возмущением в переходных режимах работы парогенератора. Импульс по теплу формируется сигналами по скорости изменения давления в барабане и расходу пара от котла. Скорость изменения давления в барабане определяется с помощью преобразователя давления и дифференциатора, расход пара – расходомером переменного перепада давления.

Регулирование расхода воздуха в установившемся режиме работы котлоагрегата осуществляется по содержанию кислорода в дымовых газах, определяемому с помощью газоанализатора.

Схема системы с последовательным воздействием на воздух приведена на рисунке 2 [3].

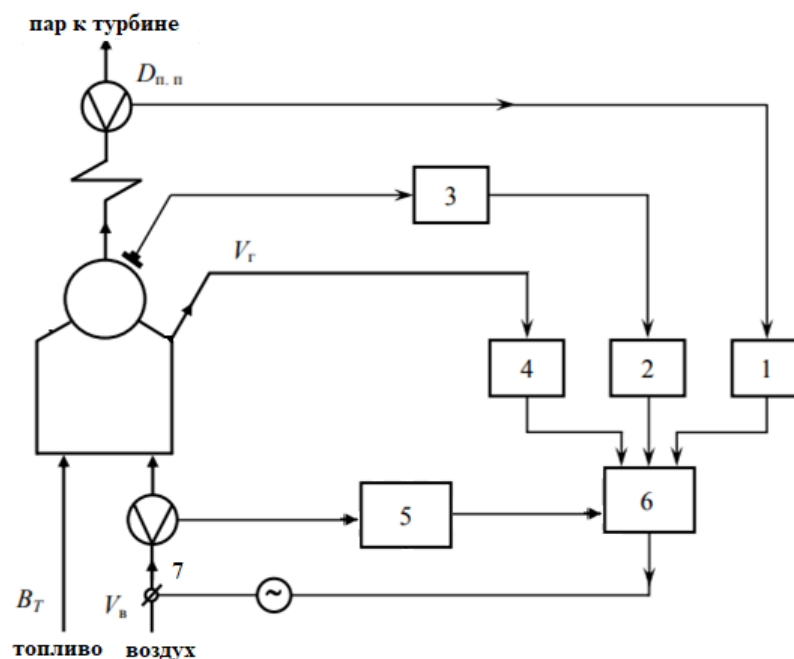


Рисунок 2 – Схема «тепло-воздух» с последовательным воздействием на воздух: 1 – датчик расхода пара; 2 – дифференциатор; 3 – датчик давления пара в барабане; 4 – датчик расхода воздуха; 5 – датчик содержания кислорода в дымовых газах; 6 – регулятор воздуха; 7 – регулирующий орган

В описываемой системе импульс «по теплу» формируется на входе регулирующего устройства 5 регулятора воздуха в виде суммы двух сигналов. Один сигнал поступает от датчика расхода пара 1, а второй от дифференциатора 2, на вход которого, в свою очередь, поступает импульс от датчика давления пара в барабане 3. Расход воздуха V_v , измеряемый датчиком 4, с помощью регулирующего органа 6 приводится в соответствии с импульсом «по теплу», который является сигналом задания для регулятора воздуха.

Схема системы с параллельным воздействием на воздух приведена на рисунке 3 [3].

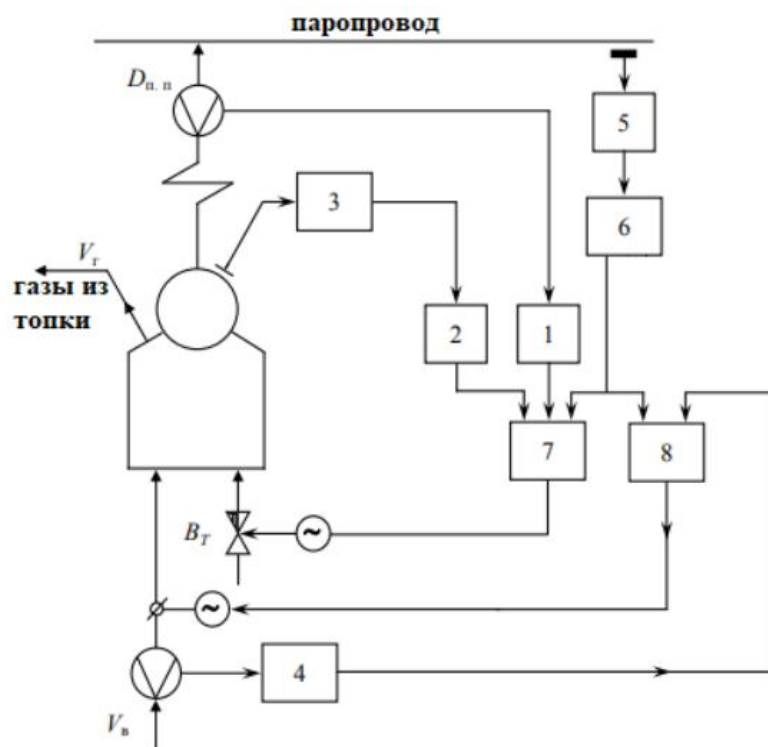


Рисунок 3 – Схема регулирования «тепло-воздух» с параллельным воздействием на воздух:

- 1 – датчик расхода пара; 2 – дифференциатор; 3 – датчик давления пара в барабане; 4 – датчик расхода воздуха; 5 – датчик давления пара; 6 – корректирующий регулятор; 7 – регулятор тепловой нагрузки; 8 – регулятор воздуха

Принцип работы системы регулирования экономичности процесса горения по схеме «тепло-воздух» с параллельным воздействием на воздух заключается в следующем. Импульс по «теплу», поступающий на регулирующее устройство 7 регулятора тепловой нагрузки, формируется обычным образом с помощью датчика расхода пара 1, датчика давления в барабане 3 и дифференциатора 2. Корректирующий регулятор 6, получая сигнал по давлению пара от датчика 5, вырабатывает сигнал задания для регуляторов топлива и воздуха. Регулирующее устройство 8 регулятора воздуха воздействует с помощью исполнительного механизма на регулирующий орган подачи воздуха. Для стабилизации расхода воздуха на вход регулятора воздуха в качестве отрицательной обратной связи поступает импульс по расходу воздуха от датчика 4. В стационарном режиме работы парогенератора импульс от корректирующего регулятора равен импульсу по

«теплу» и, таким образом, расход воздуха соответствует нагрузке парогенератора.

Работа регулятора воздуха и регулятора тепловой нагрузки взаимосвязана, поэтому при выходе из строя последнего, первый не сможет корректно работать, что отрицательно сказывается на общей надежности системы.

Изменение импульса по теплу обладает малой инерционностью и реагирует как на внутренние, так и на внешние возмущения.

Структурная схема автоматической системы регулирования расхода общего воздуха парового котла показана на рисунке 4.

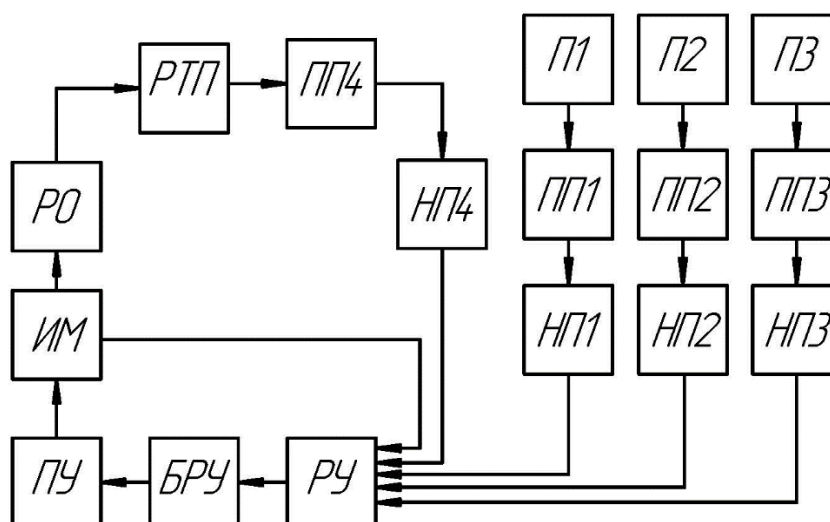


Рисунок 4 – Схема автоматического регулирования расхода общего воздуха:

БРУ – блок ручного управления; ДП – датчик положения;

ИМ – исполнительный механизм; НП1..НП4 – нормирующий

преобразователь; П1 – измеряемые параметр 1 (расход перегретого пара);

П2 – измеряемые параметр 2 (содержание кислорода)

ПЗ – измеряемые параметр 3 (давление в барабане котла); ПУ – пусковое устройство; ПП1..ПП4 – первичный преобразователь; РО – регулирующий

орган; РУ – регулирующее устройство; РТП – регулирующий технологический процесс (расход общего воздуха)

Для измерения расхода общего воздуха и свежего пара, соответственно используются датчики расхода ПП4 и ПП1. Для измерения давления в барабане котла используется датчик давления ПП3, а для измерения содержания кислорода в дымовых газах используется газоанализатор ПП2. Для контроля положения вала исполнительного механизма используется датчик положения ДП. Унифицированный сигнал поступает на контроллер РУ, микропроцессор контроллера использует эти значения для вычисления управляющих выходных сигналов.

Выходной сигнал подается на пусковое устройство (ПУ). ПУ передает сигнал на исполнительный механизм. Вал ИМ вращается и меняет положение регулирующего органа РО. Регулирующим органом является направляющий аппарат дутьевого вентилятора.

3 Разработка функциональной схемы АСР расхода общего воздуха парового котла

Функциональная схема является основным техническим документом, в котором требуется отразить функционально-блочную структуру узлов контроля, технологический процесс, расположенные на объекте приборы и средства автоматизации.

Получение информации о состоянии технологического процесса и оборудования осуществляется посредством технического контроля, при проведении которого определяется соответствие оборудования установленным техническим требованиям.

В рамках выпускной квалификационной работы разрабатывается АСР расхода общего воздуха парового котла. В этом случае контролируются следующие технологические параметры: скорость изменения давления в барабане котла, расход острого пара на участке парового тракта между выходом пара из котла и главной паровой задвижкой. Точки отбора измерительной информации также расположена на участках газозвдушного тракта: участок, проходящий через воздухоподогреватель, а также участок на выходе из топки котла.

Функциональная схема АСР расхода общего воздуха парового котла представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.005 С2.

Измерение давления в барабане котла осуществляется датчиком давления 1а. Измерение расхода общего воздуха осуществляется с помощью промышленного расходомера 2а. Измерение расхода перегретого пара выполняется методом переменного перепада давления, в состав которого входят сужающее устройство 3а, сосуд конденсационный 3б и преобразователь разности давлений 3в. Унифицированный сигнал от датчиков поступает на вход контроллера.

Измерение содержания кислорода в дымовых газах осуществляется газоанализатором 4а.

Микропроцессор контроллера использует значения этих параметров для вычисления управляющего выходного сигнала. Выходной сигнал подается на пусковое устройство 5б исполнительного механизма 5в.

4 Выбор технических средств автоматизации и контроля АСР расхода общего воздуха парового котла

4.1 Программируемый логический контроллер

Для реализации алгоритмов управления и упрощения системы управления используем программируемый контроллер.

В зависимости расположения модулей ввода-вывода промышленных контроллеров различают: моноблочные ПЛК, модульные ПЛК, распределенные ПЛК.

Согласно ГОСТ Р 58604-2019 к контроллерам, используемым на тепловых электрических станциях, предъявляются следующие требования [4]:

- контроллеры должны оперативно и без потерь обрабатывать внутренние и внешние события и обмениваться информацией и командами с другими элементами системы;
- в составе устройства должна быть внутренняя память;
- программное обеспечение ПЛК, должно соответствовать ГОСТ 24.104 и новому ГОСТ Р 8.654;
- контроллеры должны быть оснащены высокопроизводительными операционными системами.
- контроллеры должны иметь необходимое количество аналоговых и дискретных вводов/выводов.

На основании вышеприведенных требований рассмотрены два контроллера различных фирм зарубежного и отечественного производителя.

4.1.1 Программируемый контроллер фирмы Siemens

Контроллер модульной конструкции SIMATIC S7-300 для систем различной сложности. Эффективному применению контроллера способствует наличие широкой гаммы центральных процессоров, модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов и модулей блоков [5].

Ниже приведены результаты выбора модулей программируемого контроллера SIMATIC S7-300.

4.1.1.1 Модуль центрального процессора CPU 312 6ES7 312-1AE14-0AB0

Модуль предназначен для построения систем управления низкой степени сложности. Есть возможность подключения до 6 модулей S7-300 на систему локального ввода-вывода. Имеет встроенный интерфейс MPI [6]. Технические данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические данные модуля центрального процессора CPU 312

Параметры	Характеристики
Питание	
Номинальное значение напряжения питания	24 В
Память	
Встроенная память для выполнения программы и хранения данных	32 Кбайт
Емкость энергозависимой памяти для сохранения блоков данных	32 Кбайт
Габариты и масса	
Габариты (ШхВхГ) в мм	40x125x130
Масса	270

4.1.1.2 Модуль питания PS 307

Модуль предназначен для формирования напряжения 24 В для обеспечения питания модулей контроллера. Технические данные приведены в таблице 3 [6].

Таблица 3 – Технические данные модуля питания PS 307

Параметры	Характеристики
Значение напряжения на входе 60Гц	230 В переменного тока
Выходные данные	
Номинальное значение выходного напряжения	24 В постоянного тока
Допустимый диапазон	24 В $\pm$ 3 %

4.1.1.3 Модуль ввода аналоговых сигналов SM 331-7HF01-0AB0

Модуль предназначен для подключения к контроллеру аналоговых датчиков. Выполняет преобразования аналоговых сигналов при помощи встроенных аппаратных средств [6]. Технические данные приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические данные модуля ввода аналоговых сигналов SM 331-7HF01-0AB0

Параметры	Характеристики
Конструктивные особенности	
Габариты (ШхВхГ) в мм.	40x125x117
Масса	0,23 кг
Характеристика модуля	
Общее количество входов	8
Количество изолированных групп x количество каналов в группе	4x2
Характеристика модуля	
Общее количество входов	8
Количество изолированных групп x количество каналов в группе	4x2

Продолжение таблицы 4

Параметры	Характеристики
Подключение внешних цепей через	40-полюсный фронтальный соединитель
Напряжение, токи, потенциалы	
Напряжение питания входной электроники модуля	24 В
Выходной ток одного канала для цепи питания датчиков	30 мА

4.1.1.4 Модуль вывода аналоговых сигналов SM 332-5HD01-0AB0

Модуль преобразует цифровые сигналы контроллера в требуемые унифицированные аналоговые сигналы [6]. Технические данные представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические данные модуля вывода аналоговых сигналов SM 332-5HD01-0AB0

Параметры	Характеристики
Конструктивные особенности	
Габариты (ШхВхГ) в мм.	40x125x117
Масса	0,220 кг
Подключение внешних цепей через	20-полюсный фронтальный соединитель
Характеристики модуля	
Общее количество выходов	4
Количество изолированных групп x количество каналов в группе	1x4

Продолжение таблицы 5

Параметры	Характеристики
Напряжение, токи, потенциалы	
Напряжение питания нагрузки	24 В
Данные для выбора исполнительных устройств	
Выходные сигналы	От 0 до 20 мА; от 4 до 20 мА
Условия эксплуатации	
Диапазон температур при горизонтальной установке	От 0 до +60 °С
Диапазон температур при вертикальной установке	От 0 до +40 °С

4.1.1.5 Модуль ввода-вывода дискретных сигналов SM 327-1BH00-0AB0

Модуль предназначен для преобразования дискретных сигналов подключенных устройств в логический вид для обработки центральным процессором и наоборот [6]. Технические данные представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические данные модуля ввода-вывода дискретных сигналов SM 327-1BH00-0AB0

Параметры	Характеристики
Конструктивные особенности	
Габариты (ШхВхГ) в мм.	40x125x117
Масса	0,22 кг
Подключение внешних цепей через	20-полюсный фронтальный соединитель

Продолжение таблицы 6

Параметры	Характеристики
Дискретные входы и выходы	
Количество входов	8; 8 встроенных, 8 параметрируемых по отдельности
Количество выходов	8 параметрируемых по отдельности
Напряжение, токи, потенциалы	
Номинальное значение напряжение внешних цепей	24 В
Данные для выбора датчиков	
Номинальное входное напряжение	24 В
Условия эксплуатации	
Диапазон температур при горизонтальной установке	От 0 до +60°C
Диапазон температур при вертикальной установке	От 0 до +40°C

4.1.2 Программируемый логический контроллер фирмы Элеси ЭЛСИ-ТМК

Модульный программируемый логический контроллер ЭЛСИ-ТМК для систем малого и среднего масштаба. Имеет возможность подключения непрерывных сигналов и применяется для систем телемеханики и автоматизации технологических объектов [7].

Ниже приведены результаты выбора модулей программируемого контроллера ЭЛСИ-ТМК.

4.1.2.1 Процессорный модуль ТС 711 А8

Процессорные модули ТС предназначены для логической обработки данных и выдачи сигналов управления в соответствии с прикладной программой, а также обмена данными между модулями [7]. Технические данные приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические данные процессорного модуля ТС 711 А8

Параметры	Характеристики
Процессор	
Тип процессора	Sitara (ARM Cortex-F8)
Тактовая частота, МГц	600
Память	
Объем оперативной памяти RAM, Мб	512
Объем энергозависимой памяти (ЭНП), Мб	512
Поддержка модулей ввода/вывода	
Количество поддерживаемых модулей	10
Режимы работы	
Переключатель режимов работы	3-х позиционный
Режимы работы	Основной, резервный, сервисный

4.1.2.2 Модуль дискретного ввода TD 721 16I 024DC

Модуль для преобразования входных дискретных сигналов и обеспечения сопряжения контроллера с различными датчиками, устройствами и исполнительными механизмами [7]. Технические данные представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические данные модуля ввода дискретных сигналов TD 721 16I 024DC

Параметры	Характеристики
Дискретные входы	
Общее количество входов, шт	16
Тип контакта	«сухой»
Эксплуатационные и конструктивные параметры	
Диапазон рабочих температур, °С	От 0 до +60
Параметры	Характеристики
Масса	0,8 кг
Размеры, мм	25x193x143

4.1.2.3 Модуль дискретного вывода TD 716 32O 024DC

Модуль для преобразования логических команд контроллера в выходные дискретные сигналы [7]. Технические данные приведены таблице 9.

Таблица 9 – Технические данные модуля вывода дискретных сигналов TD 716 32O 024DC

Параметры	Характеристики
Дискретные выходы, шт	32
Электрические параметры	
Потребляемая мощность, Вт	6
Эксплуатационные и конструктивные параметры	
Рабочая температура, °С	От -25 до +60
Масса, кг	0,8

4.1.2.4 Модуль аналогового ввода ТА 715 24IDC

Модуль для измерения, нормализации и обработки сигналов постоянного тока или напряжения постоянного тока в составе контроллера ЭЛСИ-ТМК [7]. Технические данные приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические данные модуля аналогового ввода ТА 715 24IDC

Параметры	Характеристики
Аналоговые входы, шт	24
Схема подключения датчиков	2-х проводная
Электрические параметры	
Потребляемая мощность, Вт	6
Эксплуатационные и конструктивные параметры	
Диапазон рабочих температур, °C	От 0 до +60
Масса	0,8 кг
Размеры, мм	25x193x142

4.1.2.5 Модуль аналогового вывода ТА 714 8O DC

Модуль для формирования сигналов постоянного тока или напряжения постоянного тока в составе контроллера ЭЛСИ-ТМК [7]. Технические данные приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические данные модуля аналогового вывода ТА 714 8O DC

Параметры	Характеристики
Аналоговые выходы	
Выходы, шт	8
Время преобразования, мс	От 20 до 2000
Схема подключения датчиков	2-х проводная

Продолжение таблицы 11

Параметры	Характеристики
Диапазон рабочих температур, °С	От 0 до+60
Размеры ШхВхГ, мм, не более	50х193х136

По результатам сравнения контроллеров, для реализации системы выбран микропроцессорный контроллер производства АО “Элеси”, который производится на территории России и хорошо зарекомендовал себя на рынке, и обладает следующими особенностями:

- резервирование питания и каналов связи;
 - полное дублирование корзин контроллера;
 - развитая система самодиагностики и самокалибровки;
 - открытая архитектура, поддержка стандартных протоколов и интерфейсов
- Расширенная номенклатура функциональных модулей;
- «горячая» замена модулей.

4.2 Средства измерения расхода

4.2.1 Датчик дифференциального давления Метран 150CDR от ПГ «Метран»

Метод переменного перепада давления заключается в протекании жидкого или газообразного вещества через сужающее устройство вследствие перехода части потенциальной энергии давления в кинетическую энергию средняя скорость потока в суженном сечении повышается. В результате этого статическое давление потока после сужающего устройства становится меньше, чем перед ним. Разность этих давлений зависит от расхода протекающего вещества и может служить мерой расхода.

Основные характеристики преобразователя:

- измерение разности давления нейтральных к нержавеющей стали сред (воздух, пар, различные жидкости);
- преобразование перепада давления в унифицированный сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА и HART-протокол;
- верхний предел измеряемого перепада давления (ВПИ) – ряд значений от ± 250 до ± 10 МПа;
- максимальное статическое давление до 40 МПа.

Цена: 25000 рублей [9].

Выбран датчик Метран 150CDR из-за более выгодной цены и наличия унифицированного выходного сигнала. Для него выберем диафрагму ДВС 32–200 и сосуд уравнивающий конденсационный СК-40-13-Б.

4.2.1.2 Промышленный расходомер VA 570

Расходомер газов VA 570 используют термоанемометрический принцип измерения. Благодаря этому не требуется проводить дополнительное измерение температуры и давления.

Расходомер используется для промышленных сред. Широкий динамический диапазон 1...1000 позволяет проводить измерение как при очень низких, так и при очень высоких скоростях потока газов (до 224 м/с).

Цена: 40000 рублей [10].

4.3 Средство измерения содержания кислорода

Анализатор дымовых газов ФГУП СПО «Аналитприбор» АКВТ-01 ИБЯЛ413415003-01 предназначен для измерения концентрации кислорода в дымовых газах в системах оптимизации и контроля процессов горения.

- диапазон измерения от 0 до 20 % об. O₂;
- температура пробы от 20 до 850 °С.

Цена: 208000 рублей [11].

4.4 Средство измерения давления

Датчик давления Метран 150TG от ПГ «Метран» предназначен для измерения и непрерывного преобразования в унифицированный аналоговый токовый сигнал величины избыточного давления. Основные характеристики:

- диапазон измерения от 0 до 25 МПа;
- выходной аналоговый сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА;
- напряжение питания постоянного тока от 10 до 30 В;
- масса, не более 3,2 кг;
- преобразователь рассчитан на круглосуточную работу;
- средний срок службы 20 лет.

Цена: 29000 рублей [12].

4.5 Конденсационный сосуд СК-40-13-Б

Сосуд конденсационный предназначен для поддержания постоянства и равенства уровней конденсата в соединительных линиях, передающих перепад давлений от диафрагмы к датчикам разности давлений, при измерении расхода пара.

Основные характеристики:

- условное давление 40 МПа;
- пробное давление 56 МПа [13].

Цена: 2000 рублей.

4.6 Диафрагма камерная ДВС 32-200

Камерная диафрагма предназначена для создания перепада давления при измерении расхода жидкостей, газов, водяного пара по методу переменного перепада давления.

Основные характеристики:

- длина цилиндрической части отверстия от 1,06 до 3,76 мм;
- условный диаметр 200 мм [14].

Цена: 5000 рублей.

Решения по выбору технических средств автоматизации приведены в заказной спецификации, представленной на листе с шифром ФЮРА.421000.005 СО.

5 Разработка принципиальной электрической схемы

Данная схема определяет полный состав приборов, аппаратов и устройств, связи между устройствами. На основе этой схемы происходит разработка монтажных таблиц щитов и схем внешних соединений [15].

На листе 1 с шифром ФЮРА.421000.005 Э4 представлена электрическая схема подсистемы электрического питания и микроклимата щита управления.

Подсистема электрического питания включает себя:

- автоматические выключатели (QF1..QF5), предназначенные для защиты разделительных и групповых цепей;
- щитовая розетка (XS1);
- блоки зажимов (XT01, XT02, XT03), предназначенные для соединения кабелей;
- устройство защиты от перенапряжений (G1), предназначенное для защиты устройств от перенапряжений при протекании через сеть импульсов тока;
- модуль питания G2, предназначенный для обеспечения устройств напряжением 24В.

Подсистема электрического питания обеспечивает питание всех элементов щита управления и имеет защиту от перенапряжений.

Подсистема микроклимата включает в себя:

- концевой выключатель (SQ1), предназначенный для замыкания и размыкания рабочей цепи;
- осветительный прибор (EL1), предназначенный для освещения;
- реле контроля температуры (KK1), предназначенное для контроля температуры в шкафу управления.

Подсистема микроклимата щита управления поддерживает оптимальную температуру шкафа, что является одной из основ обеспечения безаварийной работы.

На листе 2-3 с шифром ФЮРА.421000.005 Э4 представлена электрическая схема подсистемы ввода-вывода аналоговых сигналов.

Подсистема ввода аналоговых сигналов включает в себя:

- модуль ввода аналоговых сигналов программируемого логического контроллера ЭЛСИ-ТМК (А3);
- преобразователи аналоговых сигналов (UY1... UY5), пассивные разъединители, предназначенные для разделения аналоговых сигналов;
- блоки зажимов (2ХТ1).

Подсистема вывода аналоговых сигналов включает в себя:

- модуль вывода аналоговых сигналов программируемого логического контроллера ЭЛСИ-ТМК (А4);
- блоки зажимов (2ХТ2).

Подсистема аналогового ввода-вывод обеспечивает безопасное подключение аналоговых сигналов к сигнальному модулю контроллера.

На листе 3 с шифром ФЮРА.421000.005 Э4 представлена электрическая схема подсистемы ввода-вывода дискретных сигналов.

Подсистема ввода дискретных сигналов включает в себя:

- модуль ввода дискретных сигналов программируемого логического контроллера ЭЛСИ-ТМК (А5);
- релейный модуль, предназначенный для повышения нагрузочной способности управляющих выходов слаботочного, низковольтного оборудования посредством релейных «сухих» контактов;

- блоки зажимов.

Подсистема вывода дискретных сигналов включает в себя:

- модуль ввода дискретных сигналов программируемого логического контроллера ЭЛСИ-ТМК (А6);
- релейный модуль, предназначенный для повышения нагрузочной способности управляющих выходов слаботочного, низковольтного оборудования посредством релейных «сухих» контактов;

– блоки зажимов.

Подсистема ввода-вывода дискретных сигналов обеспечивает безопасное подключение дискретных сигналов к модулю контроллера.

6 Разработка монтажной схемы системы регулирования

Схема соединений внешних проводок – это комбинированная схема, на которой показывают электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании, вне щитов и на щитах, а также подключения проводок к приборам и щитам. На схеме должны быть изображены изделие, его входные и выходные элементы (разъемы, зажимы и т.п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа, указаны данные о подключении изделия [15].

Данные о проводах и кабелях (марку, сечение и др.) указывают около линий, которые изображают провода и кабели, в этом случае допускается не присваивать обозначения проводам и кабелям, а при изображении их в виде условных обозначений, дают расшифровку на поле схемы.

Для соединения и разветвления электрических кабелей на схемах соединений показывают электрические клеммные коробки, а при прокладке проводов в защитных трубах – протяжные коробки.

Монтажная схема АСР расхода общего воздуха парового котла представлена на листах с шифром ФЮРА.421000.005 С5.

В нижней левой части монтажной схемы расположен силовой щит. Также, в нижней части расположен щит управления и его клеммные блоки. В средней части показаны внешние соединения датчиков Метран-150, расходомера, газоанализатора АКВТ-01, исполнительного механизма, пускателя со щитом управления. Для соединений применены изолированные и экранированные провода. На монтажной схеме используются следующие виды кабелей:

- 1) КВВГ – контрольный кабель с изоляцией из ПВХ пластиката с оболочкой из поливинилхлоридного пластиката без защитного покрова;
- 2) КВВГЭнг – контрольный экранированный кабель, с медной жилой, изоляцией из ПВХ, оболочкой из ПВХ пониженной горючести.

3) КВВГнг – контрольный кабель, с медной жилой, изоляцией из ПВХ, оболочкой из ПВХ пониженной горючести.

Для соединения и разветвления кабелей используются соединительные коробки (КС-10, КС-20).

7 Разработка общего вида щита управления

Щит управления систем контроля и регулирования является конструктивным элементом, предназначенным для размещения приборов и аппаратуры системы. В щите рационально распределяют приборы, регуляторы, средства сигнализации и дистанционного управления, а также элементы коммутации, проводки, средства защиты и блокировки, а также другие вспомогательные устройства [15].

Общий вид щита управления представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.005 ВО.

Внутри шкафа управления размещена система контроля и регулирования, а также вспомогательная аппаратура.

В верхней части шкафа расположен осветительный прибор EL1 и концевой выключатель SQ1. Во верхнем ряду расположен контроллер ЭЛСИ-ТМК. Во втором ряду расположено реле контроля температуры KK1, автоматические выключатели QF1..5, штекерный модуль для защиты от перенапряжений Z1, щитовая розетка XS1. Третий ряд включает в себя источник бесперебойного питания G1 и аккумуляторный модуль G2. Немного ниже можно наблюдать частотные, измерительные преобразователи и релейные модули. В нижней части шкафа вертикально в несколько рядов расположены групповые оборки зажимов.

Для размещения оборудования выбран системный шкаф VXSE 5850.600 производителя Rittal. Размеры шкафа 600x1600x400 мм. Оборудование размещено на монтажных шинах с перфорацией NS 35/7,5 производителя Phoenix Contact. Для прокладки сигнальных и силовых проводов используются перфорированные короба 40x40 производителя Efapel.

8 Расчет параметров настройки ПИ-регулятора

Автоматическая система регулирования подачи общего воздуха должна обеспечить [3]:

- устойчивую работу устройства управления и ограниченную частоту его включения (не более шести включений в минуту);
- поддержание при заданной постоянной нагрузке котла содержание избыточного кислорода в дымовых газах с максимальным отклонением менее $\pm 0,5\%$ (при постоянной времени кислородомера не более 1,5 мин);
- протекание переходных процессов, вызываемых скачкообразным изменением на 10% номинальной нагрузки, с максимальным отклонением содержания кислорода в дымовых газах 1% O_2 (при постоянной времени кислородомера не более 1.5 мин).

Для АСР расхода воздуха критерии качества переходного процесса выбираются из требований АСР уровня воды в барабане [3]:

- перерегулирование от 20 до 25 %;
- степень затухания от 90 до 95 %.

Согласно техническому заданию обеспечить степень затухания переходных процессов не ниже 0,75.

Расчет оптимальных параметров настройки регулятора произведен методом расширенных амплитудно-фазовых частотных характеристик (РАФЧХ). Суть метода заключается в том, что РАФЧХ звена находится путем подстановки в передаточную функцию оператора $p = (i - m) \cdot \omega$, где m – степень колебательности. Поиск оптимальных параметров настройки регулятора производится по границе заданного запаса устойчивости системы до экстремума принятого критерия качества.

В результате расчетов получены оптимальные параметры настройки регулирующего устройства.

$$K_p = 0,397;$$

$$T_{\text{и}} = 0,86 \text{ с.}$$

8.1 Расчет статической характеристики датчиков

8.1.1 Расчет коэффициента передачи измерительного преобразователя давления

Ранее выбран измерительный преобразователь давления Метран 150TG. В таблице 12 приведены статические характеристики измерительного преобразователя давления в барабане парогенератора Метран 150TG.

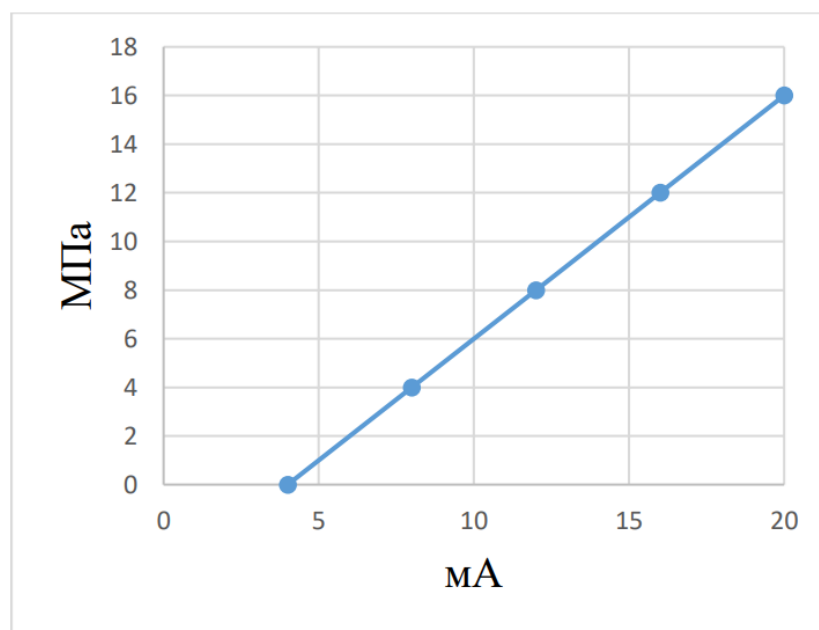


Рисунок 5 – Статическая характеристика измерительного преобразователя типа Метран 150TG

Таблица 12 – Статические характеристики измерительного преобразователя давления

Давление, МПа	0	4	8	12	16
Ток, мА	4	8	12	16	20

По таблице 12 строится зависимость тока от давления, из которой находится искомое значение КРБ (мА/МПа). Коэффициент передачи измерительного преобразователя давления в барабане рассчитывается по формуле:

$$K_{pb} = \frac{\Delta I}{\Delta P} = \frac{16}{16} = 1 \frac{\text{мА}}{\text{МПа}}, \quad (1)$$

где ΔI – изменение значения выходного сигнала датчика уровня;

ΔP – соответствующий ему перепад давления.

8.1.2 Расчет коэффициента передачи измерительного преобразователя расхода пара

Выбран измерительный преобразователь расхода пара Метран 150CD. В таблице 13 приведены статические характеристики измерительного преобразователя давления в барабане парогенератора Метран 150CD.

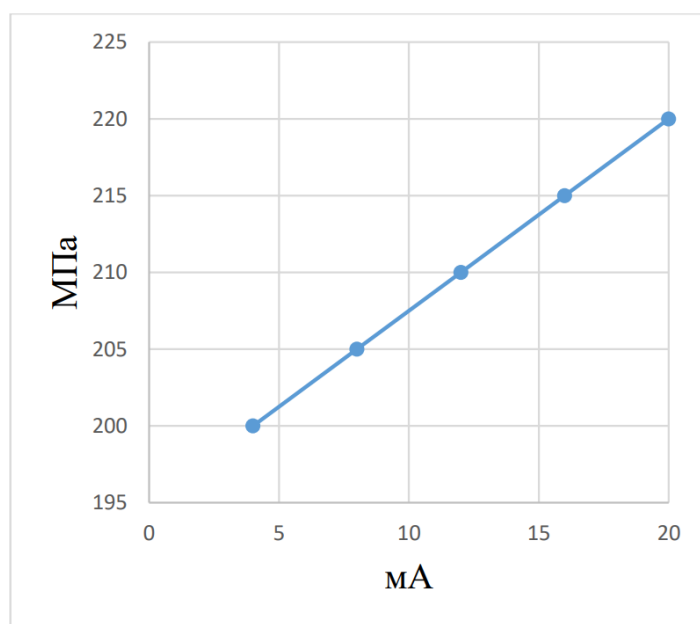


Рисунок 6 – Статическая характеристика измерительного преобразователя Метран 150CD

Таблица 13 – Статические характеристики измерительного преобразователя расхода пара

Расход, т/ч	200	205	210	215	220
Ток, мА	4	8	12	16	20

По таблице 13 строится зависимость тока от расхода, из которой находится искомое значение коэффициента передачи измерительного преобразователя расхода пара K_D (мА/ (т/ч)).

$$K_D = \frac{\Delta I}{\Delta D} = \frac{16}{20} = 0,8 \frac{\text{мА}}{\left(\frac{\text{т}}{\text{ч}}\right)}, \quad (2)$$

где ΔI – изменение значения выходного сигнала датчика расхода пара;

ΔD – соответствующий ему расход пара.

8.1.3 Расчет коэффициента передачи измерительного преобразователя расхода воздуха

Наиболее распространен способ измерения расхода воздуха по перепаду давлений на воздухоподогревателе его первой ступени.

Выбран измерительный преобразователь расхода пара Метран 150CD. В таблице 14 приведены статические характеристики измерительного преобразователя давления Метран 150CDR.

Таблица 14 – Статическая характеристика измерительного преобразователя расхода воздуха

Перепад давления, Па	80	90	100	110	120
Ток, мА	4	8	12	16	20

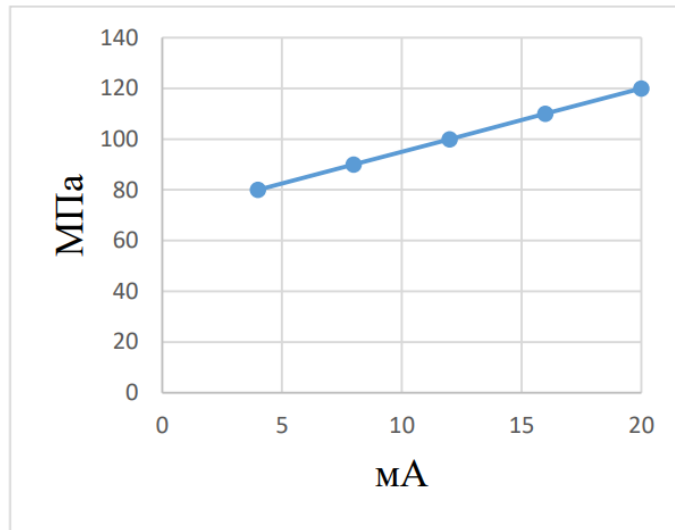


Рисунок 7 – Статическая характеристика измерительного преобразователя
Метран 150CDR

По таблице 14 строится зависимость тока от расхода воздуха, из которой находится искомое значение коэффициента передачи измерительного преобразователя расхода воздуха K_v (мА/ (Па)).

$$K_v = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{16}{40} = 0,4 \frac{\text{мА}}{\text{Па}}, \quad (3)$$

где ΔI – изменение значения выходного сигнала датчика расхода воздуха;

ΔD – соответствующий ему расход воздуха.

8.1.4 Расчет коэффициента передачи измерительного преобразователя кислородомера

Передаточную функцию кислородомера $W_{O_2}(P)$ можно принять в виде последовательного соединения апериодического звена и звена транспортного запаздывания.

$$W_{O_2}(P) = \frac{1}{T_{O_2}P + 1} \cdot e^{-p\tau}, \quad (4)$$

где $T_{O_2} \approx 70\text{с}$;

$\tau \approx 17\text{с}$.

8.1.5 Расчет коэффициента передачи регулирующего органа

На барабанных котлах чаще всего используют осевые направляющие дутьевых вентиляторов. Их расходную характеристику, как правило, определяют экспериментально. На рисунке А.4 приведен вид расходной характеристики осевого направляющего аппарата вентилятора.

Кривая 1 – расходная характеристика направляющего аппарата.

Кривая 2 – расходная характеристика направляющего аппарата при определении расхода воздуха на местных сопротивлениях.

Как видно из рисунка 8, кривые 1 и 2 нелинейные. Коэффициент передачи регулирующего органа K_{po} находится проведением касательной к рабочей точке характеристики и расчетом ее наклона к оси φ .

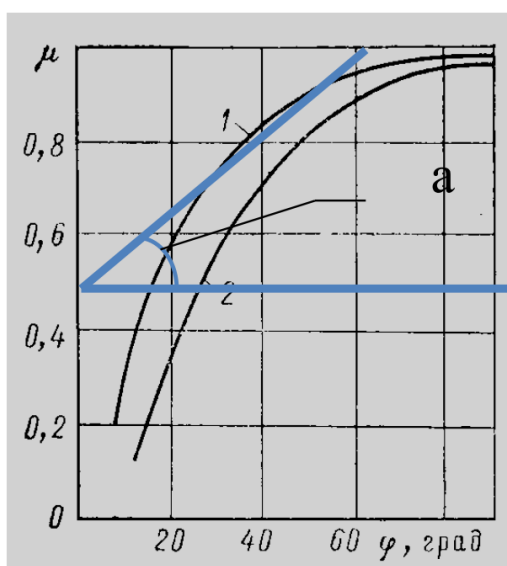


Рисунок 8 – Расходные характеристики осевого направляющего аппарата

$$K_{po} = \alpha = 0,7, \quad (5)$$

где α – угол наклона касательной к оси φ .

8.2 Расчет динамических характеристик объекта регулирования

АСР состоит из внутреннего, предназначенного для поддержания соотношения топлива-воздух, и внешнего контура, служащего для коррекции соотношения топлива-воздух по содержанию кислорода в дымовых газах. Передаточную функцию регулирующего органа отнесем к объектам регулирования. Структурная расчетная схема АСР расхода воздуха изображена на рисунке 9.

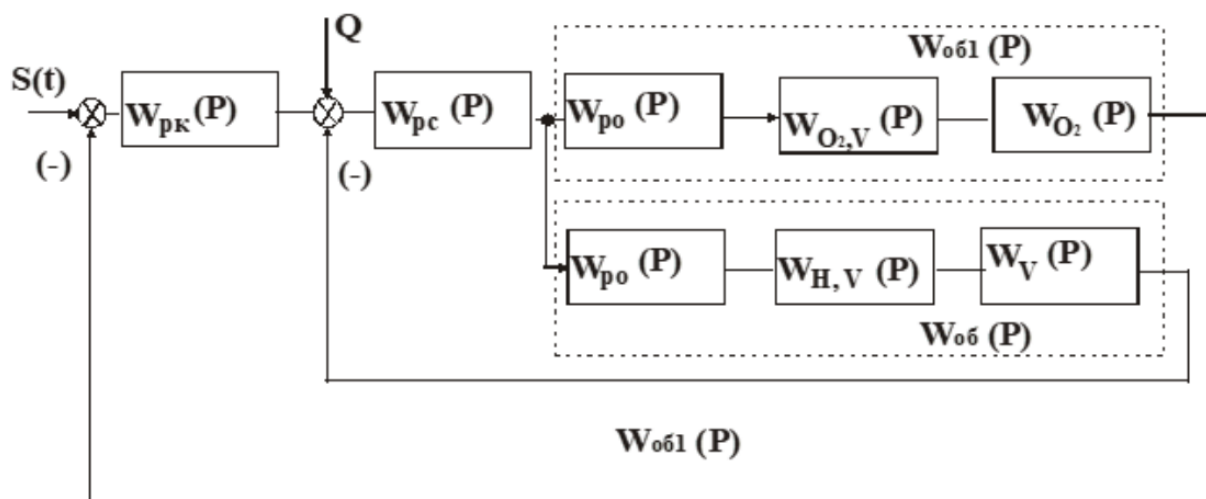


Рисунок 9 – Расчетная структурная схема АСР подачи общего воздуха

При последующих расчетах приняты следующие допущения:

1) в динамическом отношении регулирующий орган представляет собой усилительное звено

$$W_{po}(P) = K_{po}. \quad (6)$$

2) передаточная функция измерительного преобразователя расхода воздуха представляет собой усилительное звено

$$W_v(P) = K_v. \quad (7)$$

Внутренний контур образован: стабилизирующим регулятором $W_{p.c}(P)$, регулирующим органом $W_{p.o}(P)$, объектом регулирования $W_{HV}(P)$, измерительным преобразователем расхода воздуха $WV(P)$.

Внешний контур образован: корректирующим регулятором $W_{p.k}(P)$, регулирующим органом $W_{p.o}(P)$, объектом регулирования участком по содержанию кислорода в дымовых газах при возмущении расходом воздуха $W_{O_2,V}(P)$, измерительным преобразователем кислородомером $W_{O_2}(P)$.

8.2.1 Участок воздушного тракта от напора дутьевых вентиляторов до места измерения расхода воздуха

Динамические свойства участка с достаточной для практических расчетов точностью могут быть представлены передаточной функцией последовательного соединения аperiодического звена первого порядка с запаздывающим звеном

$$W_{HV}(p) = \frac{k_{HV} \cdot e^{-p\tau_{HV}}}{T_{HV}p + 1}, \quad (8)$$

$$\text{где } k_{HV} = \frac{P_H}{V_H}; \quad (9)$$

$$T_{HV} = \frac{\Phi_6}{V_H}; \quad (10)$$

$$\tau_{HV} = \frac{L}{W_{B\Pi}}; \quad (11)$$

V_H – расход воздуха при номинальной нагрузке котла, $\text{м}^3/\text{с}$;

P_H – расход воздуха при номинальной нагрузке котла, Па;

Φ_6 – объем воздухоподогревателя между местами отбора сигнала по перепаду давлений, м^3 ;

L – расстояние по воздушному пути между местами отбора сигнала по перепаду давлений, м;

$W_{B\Pi}$ – скорость воздуха при номинальной нагрузке котла, $\text{м}/\text{с}$.

Определим передаточную функцию последовательного соединения аperiodического звена первого порядка с запаздывающим звеном:

$$W_{HV}(p) = \frac{k_{HV} \cdot e^{-p\tau} HV}{T_{HV}P + 1} = \frac{\frac{160}{4620} \cdot e^{-p\frac{6,2}{4}} HV}{\frac{300}{10,3}P + 1} = \frac{0,03 \cdot e^{-p1,55} HV}{30P + 1}.$$

8.2.2 Участок «содержание кислорода в дымовых газах – расход воздуха»

Динамические свойства участка котла по каналу O_2 – расход воздуха (без учета датчика O_2) также могут быть представлены передаточной функцией последовательного соединения аperiodического звена первого порядка с запаздывающим звеном

$$W_{O_2V}(p) = \frac{k_{O_2V} \cdot e^{-p\tau} O_2V}{T_{O_2V}P + 1}, \quad (12)$$

$$\text{где } k_{O_2V} = \frac{O_{2H}}{V_H} = \frac{21 \cdot (\alpha_H - 1)}{\alpha_H \cdot V_H}; \quad (13)$$

$$T_{O_2V} = \frac{O_{2H}}{V_H} = \frac{(\alpha_H - 1) \cdot \Phi_\Gamma}{\alpha_H \cdot V_H}; \quad (14)$$

$$\tau_{O_2V} = \frac{L_B}{W_{B.H.}} + \frac{L_\Gamma}{W_{\Gamma.H.}}; \quad (15)$$

α_H – коэффициент избытка воздуха при номинальной нагрузке котла;

Φ_Γ – газовый объем котла между серединой горелок и местом отбора сигнала по O_2 , м³ ;

L_B – длина пути воздуха от напора вентиляторов до горелок, м;

L_Γ – расстояние между серединой горелок и местом отбора сигнала по O_2 , м;

$W_{B.H.}$, $W_{\Gamma.H.}$ – средние скорости воздуха и дымовых газов при номинальной нагрузке котла, м/с.

Определим передаточную функцию последовательного соединения аperiodического звена первого порядка с запаздывающим звеном:

$$W_{O_2V}(p) = \frac{\frac{21 \cdot (1,26 - 1)}{1,26 \cdot 160} \cdot e^{-8,5p}}{\frac{(1,26 - 1)}{1,26 \cdot 160} p + 1} = \frac{0,03 \cdot e^{-8,5p}}{0,1p + 1}.$$

8.2.3 Расчет параметров передаточной функции объекта регулирования внутреннего контура

Согласно рисунку 9 передаточная функция объекта регулирования запишется как

$$W_{O_2V}(p) = K_{po} \cdot W_{HV}(P) \cdot K_v, \quad (16)$$

где K_{po} , K_v – коэффициенты передачи регулирующего органа и измерительного преобразователя воздуха;

$W_{HV}(P)$ – передаточная функция участка от дутьевых вентиляторов до места измерения расхода воздуха.

Следовательно, передаточную функцию объекта регулирования можно записать как

$$W_{об}(P) = \frac{K_{po} \cdot K_{hv} \cdot K_v \cdot e^{\tau_{hv} P}}{T_{hv} P + 1} = \frac{0,4 \cdot 0,03 \cdot 0,7 \cdot e^{-8,5p}}{0,1p + 1} = \frac{0,0084 \cdot e^{-8,5p}}{0,1p + 1}.$$

В качестве метода расчета стабилизирующего регулятора принять метод РАФЧХ. Заменяем оператор $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$, в результате получаем выражение для РАФЧХ объекта регулирования:

$$W_{об}(P) = \frac{0,0084 \cdot e^{-8,5(-m\omega + i\omega)}}{0,1(-m\omega + i\omega) + 1}.$$

Используя программу Mathcad, рассчитываем расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты до $\omega = 5 \text{ с}^{-1}$.

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$Re_{об}(m, \omega) = Re(W_{об}(m, i\omega)). \quad (17)$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$Im_{об}(m, \omega) = Im(W_{об}(m, i\omega)). \quad (18)$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ):

$$A_{o6}(m, \omega) = \sqrt{Re_{o6}(m, \omega)^2 + Im_{o6}(m, \omega)^2}. \quad (19)$$

Расширенная фазо-частотная характеристика (РФЧХ):

$$\varphi_{o6}(m, \omega) = \arctg\left(\frac{Im_{o6}(m, \omega)}{Re_{o6}(m, \omega)}\right). \quad (20)$$

Расчётные формулы корневого метода для ПИ-регулятора имеют вид:

$$\frac{K_p}{T_n} = \frac{T_{hv} \cdot \omega \cdot r_{hv}(m^2 + 1)}{K_{hv} \cdot \tau_{hv}^2 \cdot e^{m \cdot \omega \cdot \tau_{hv}}} [\omega \cdot \tau_{hv} \cdot \cos(\omega \tau_{hv}) - \left(m \cdot \omega \cdot \tau_{hv} - \frac{\tau_{hv}}{T_{hv}}\right) \cdot \sin(\omega \tau_{hv})]; \quad (21)$$

$$K_p = \frac{T_{hv}}{K_{hv} \cdot \tau_{hv} \cdot e^{m \cdot \omega \cdot \tau_{hv}}} \left[\left(2m \cdot \omega \cdot \tau_{hv} - \frac{\tau_{hv}}{T_{hv}}\right) \cdot \cos(\omega \tau_{hv}) + \left(\omega \tau_{hv} - m^2 \cdot \omega \cdot \tau_{hv} + m \frac{\tau_{hv}}{T_{hv}}\right) \cdot \sin(\omega \tau_{hv}) \right], \quad (22)$$

где m - заданный показатель колебательности переходного процесса в АСР.

Если принять $m=0,366$ и подставить известные коэффициенты, то получится

$$\begin{aligned} \frac{K_p}{T_n} &= \frac{30 \cdot \omega \cdot 1,55(0,366^2 + 1)}{0,03 \cdot 1,55 \cdot e^{0,366 \cdot \omega \cdot 1,55}} [\omega \cdot 1,55 \cdot \cos(1,55\omega) - \\ &\quad - \left(0,366 \cdot \omega \cdot 1,55 - \frac{1,55}{30}\right) \cdot \sin(1,55\omega)]. \\ K_p &= \frac{30}{0,03 \cdot 1,55^2 \cdot e^{0,366 \cdot \omega \cdot 1,55}} \left[\left(0,732 \cdot \omega \cdot 1,55 - \frac{1,55}{30}\right) \cdot \cos(1,55\omega) \right. \\ &\quad \left. + \left(1,55\omega - 0,366^2 \cdot \omega \cdot 1,55 + 0,366 \frac{1,55}{30}\right) \cdot \sin(1,55\omega) \right]. \end{aligned}$$

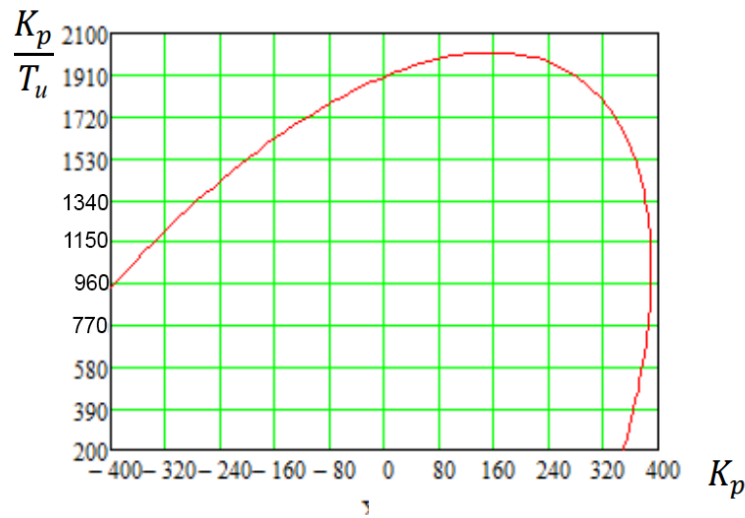


Рисунок 10 – Область параметров настройки ПИ-регулятора

На рисунке 10 представлена область параметров настройки ПИ регулятора. Частота $\omega = 3,814$ является резонансной, так как при её значении наблюдается максимум отношения $\frac{K_p}{T_i}$, то есть минимум первого интегрального критерия.

$$K_p = 157,74;$$

$$T_i = \frac{K_p}{\frac{K_p}{T_i}} = \frac{157,14}{2011,83} = 0,08 \text{ с.}$$

Передаточная функция стабилизирующего регулятора:

$$W_{pc}(P) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i P}\right) = 157,74 \cdot \left(1 + \frac{1}{0,08 \cdot P}\right).$$

8.2.4 Расчет параметров настройки корректирующего регулятора

Путем структурных преобразований находим передаточную функцию эквивалентного объекта

$$W_{об1}(P) = \frac{W_{pc}(P) \cdot W_{O2v}(P) \cdot W_{O2}(P) \cdot K_{po}}{1 + W_{pc}(P) \cdot W_{об}(P)}. \quad (23)$$

Следовательно, передаточную функцию эквивалентного объекта можно записать как

$$W_{об1}(P) = \frac{157,74 \cdot \left(1 + \frac{1}{0,08 \cdot P}\right) \cdot \frac{0,03 \cdot e^{-8,5p}}{0,1P + 1} \cdot \frac{e^{-17p}}{70p + 1} \cdot 0,7}{1 + 157,74 \cdot \left(1 + \frac{1}{0,08 \cdot P}\right) \cdot \frac{0,0084 \cdot e^{-8,5p}}{0,1P + 1}}.$$

Используя программу Mathcad, рассчитываем расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты до $\omega=0,5 \text{ с}^{-1}$ по формулам (17-20).

На рисунке 11 представлена область параметров настройки ПИ регулятора. Частота $\omega = 0,35$ является резонансной, так как при её значении наблюдается максимум отношения $\frac{K_p}{T_{и}}$, то есть минимум первого интегрального критерия.

$$K_p = 0,397;$$

$$T_{и} = \frac{K_p}{\frac{K_p}{T_{и}}} = \frac{0,397}{0,46392} = 0,86 \text{ с}.$$

Передаточная функция стабилизирующего регулятора:

$$W_{pc}(P) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{и}P}\right) = 0,397 \cdot \left(1 + \frac{1}{0,86 \cdot P}\right).$$

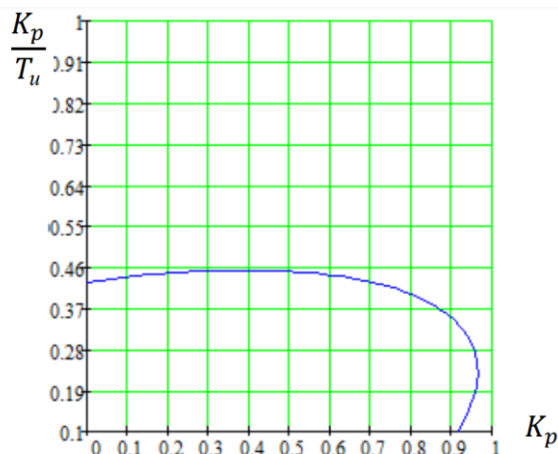


Рисунок 11 – Область параметров настройки ПИ-регулятор

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б8В	Моор Евгению Николаевичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30,2%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Описание потенциальных потребителей результатов исследования SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.

Перечень графического материала:

1. Матрица SWOT 2. Диаграмма Ганта.
--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		28.02.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Моор Евгений Николаевич		28.02.22

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Целью данного раздела является оценка коммерческой ценности разработанной автоматической системы регулирования расхода общего воздуха парового котла Гусиноозерской ГРЭС с точки зрения финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением ряда задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы (проекта).
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы(проекта).
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

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

9.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Разрабатываемая система регулирования оптимизации процесса горения в топке парового котла, предназначена для станций, вырабатывающих тепловую и (или) электрическую энергию с применением парового котла ЕП-640-13,8-545БТ.

Потребность в эффективной системе регулирования расхода общего воздуха парогенератора испытывают все типы станций, производящих электрическую и тепловую энергию.

Таблица 15 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б ₁	Б ₂	Б ₃	К ₁	К ₂	К ₃
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Динамическая точность	0,2	2	4	4	0,4	0,8	0,8
2. Простота эксплуатации	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
3. Надежность	0,15	3	5	4	0,45	0,75	0,6
4. Качество регулирования	0,2	2	5	5	0,4	1	1
5. Простота наладки	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
3. Стоимость обслуживания	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого	1	26	34	32	3,0	4,3	4,1

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i,$$

где К – конкурентоспособность проекта;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл показателя.

Пример расчета для конкурента 1:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i = 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 2 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,02 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 = 3,0.$$

Анализируя полученные результаты, делаем вывод, что разработки под номерами 2 и 3 являются наиболее конкурентоспособными и выгодными.

Такие разработки проще в наладке и эксплуатации, обеспечивают большее качество регулирования и динамическую точность в отличие от варианта под номером 1.

В данной работе используется разработка под номером 2. Далее будем рассматривать только ее.

9.1.2 SWOT-анализ

SWOT анализ – это метод оценки ситуации и будущих перспектив проекта, основная задача которого: определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. На основании анализа делаются вывод: правильно развивается проект, какие риски нужно предусмотреть, что следует делать, каковы перспективы проекта [16].

Осуществим SWOT анализ, данный анализ позволяет определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды, а также на основании данного анализа можно определить, как правильно развивается проект, какие перспективы у данного проекта, на какие риски стоит обратить внимание при осуществлении данного проекта. В таблице 16 приведена Матрица SWOT.

Таблица 16 – Матрица SWOT

	Сильные стороны С1. Доступная стоимость; С2. Экономия топлива; С3. Данная система является экономически выгодной, ресурсоэффективной; С4. Простота и удобство эксплуатации; С5. Высокая надежность оборудования.	Слабые стороны Сл1. Сложность монтажа оборудования; Сл2. Вероятность сбоя программного обеспечения. Сл3. Использование зарубежных компонентов.
Возможности В1. Возможность внедрения на другие станции, как следствие, появление большого спроса на продукцию. В2. Высокий спрос инвесторов к новым разработкам.	1) Доступная стоимость и простота дают возможность внедрения на другие станции. 2) При достаточном финансировании инвесторов система развивается и становится более ресурсоэффективной и повышается надежность системы.	1) Инвесторы могут компенсировать траты на зарубежные компоненты. 2) Внедрение на другие станции влечет за собой привлечение новых специалистов, которые смогут усовершенствовать ПО.
Угрозы У1. Повышения цен на компоненты системы; У2. Появление новых более конкурентных систем.	1) Необходимо повышать надежность и тем самым быть конкурентным для новых систем. 2) Необходимо использовать компоненты отечественного производства для снижения стоимости самой системы, но не в ущерб ресурсу работы.	1) Из-за сложности монтажа и появления конкурентов, данная система может быстро стать невостребованной. 2) Из-за нестабильного курса рубля может повыситься стоимость на зарубежные компоненты системы.

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 17–20.

Таблица 17 - Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	-	-	+	+

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	+
	B2	+	-	-

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	+	-	+
	У2	-	-	+	+	+

Таблица 20 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	-
	У2	+	-	-

По результатам анализа сделаны выводы по разработке данной системы, к сильным сторонам относятся: невысокая стоимость, высокая

функциональность и надёжность оборудования. Данный проект содержит современные и отлично зарекомендовавшие себя проектные решения, которые будут актуальны на протяжении долгого времени. Что касается слабых сторон, связаны они в первую очередь со сложностью монтажа, а также система каждый год все больше исследуется, разрабатываются новые экспериментальные подходы и методики, которые могут стать дешевле и более надёжны и как следствие быть конкурентом для данной системы.

9.2 Планирование научно-исследовательских работ

9.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Руководитель НР
	2	Календарное планирование выполнения НИР	Исполнитель, руководитель НР
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Исполнитель
	4	Выбор методов исследования	Исполнитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Исполнитель, Руководитель НР
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Исполнитель
	7	Проведение эксперимента	Исполнитель

Продолжение таблицы 21

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Исполнитель
	9	Оценка правильности полученных результатов	Исполнитель, руководитель НР
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Исполнитель

9.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

В данном разделе определена трудоемкость работ руководителя темы и исполнителя. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностных характер.

Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (24)$$

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы i -ой работы (пессимистическая оценка), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями [16].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (25)$$

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

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

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

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого воспользуемся формулой [16]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (26)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле [16]:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48, \quad (27)$$

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

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

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

Количество календарных дней в 2022 году составило 365 дней, количество выходных и праздничных дней – 118 дней.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 22.

Таблица 22 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительност ь работ в рабочих днях T_{pi}	Длительнос ть работ в календарны х днях T_{ki}
	t_{min} , чел- дни		t_{max} , чел- дни		$t_{ож\ i}$, чел-дни			
	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения НИР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планировани е эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5

Продолжение таблицы 22

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел- дни		t_{max} , чел- дни		$t_{ож\ i}$, чел-дни			
	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель	Руководитель	Исполнитель		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	10, 2	69	68,5	102

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта, который приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4												
2	Календарное планирование выполнения НИР	Исп1 Исп2	4												
3	Обзор научной литературы	Исп2	11												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6												
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7												
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9												
7	Проведение эксперимента	Исп2	25												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5												

Продолжение таблицы 23

№	Вид работ	Исп	Т _{кi'} кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

 – Исп. 1 (руководитель),  – Исп. 2 (исполнитель)

9.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

9.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты – это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Таблица 24 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	4	1200
Картридж для лазерного принтера	3490	1	3490
Итого			4690

9.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался персональный компьютер.

Таблица 25 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования, шт.	Срок полезного использования, лет	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
Персональный компьютер	1	3	50000	50000
Итого				50000

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (28)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (29)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для персонального компьютера, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 50000}{12} = 1375 \text{ руб.}$$

9.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $З_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{он} \cdot T_p, \quad (30)$$

где $З_{он}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{он} = \frac{З_m \cdot M}{F_\partial} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (31)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя исполнителя):

$$Z_{\partial n} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\partial}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (32)$$

Должностной оклад работника за месяц для руководителя и исполнителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{np}} + k_{\partial}) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (33)$$

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{np}} + k_{\partial}) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (34)$$

где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равен 0,3;

k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

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

Таблица 26 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные дни, праздничные дни)	52/14	104/14
Потери рабочего времени (отпуск, болезнь)	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 27 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{мс}, руб$	$k_{пр}$	k_{∂}	k_p	$З_{м}, руб$	$З_{он}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	13,5	28988,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	68,5	119402,4
Итого:								148391

Дополнительная заработная плата для руководителя и исполнителя определяется по формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 28988,6 = 4348,3 \text{ руб.} \quad (35)$$

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 119402,4 = 17910,4 \text{ руб.}, \quad (36)$$

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

9.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды для руководителя и исполнителя определяется по формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (28988,6 + 4348,3) = 10001,1 \text{ руб.} \quad (37)$$

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (119402,4 + 17910,4) = 41193,8 \text{ руб.}, \quad (38)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование).

Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

9.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 28 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
50000	4690	148391	22258,7	51194,9	276534

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (39)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости по форме, приведенной в таблице 29. Также, в таблице представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 29 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	4690	3517,5	12194	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	50000	55000	103500	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	148391	148391	148391	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22258,7	22258,7	22258,7	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	51194,9	51194,9	51194,9	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	49776,6	49776,6	49776,6	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		326310,6	330138,7	387315,2	Сумма ст. 1- 6

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный

показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (40)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 326310,6$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 330138,7$ руб, $\Phi_{\text{исп.3}} = 387315,2$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{326310,6}{387315,2} = 0,84;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{330138,7}{387315,2} = 0,85;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{387315,2}{387315,2} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра и приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,80;$$

$$I_{p3} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 = 4,05.$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}. \quad (41)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,84} = 5,54, \quad I_{исп.2} = \frac{3,8}{0,85} = 4,47, \quad I_{исп.3} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта. Результат приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	0,85	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,54	4,47	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и исполнителя был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей.

Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 326310,6 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,84, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,54, по сравнению с 4,47 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 5Б8В		ФИО Моор Евгению Николаевичу	
Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение (НОЦ)	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Тема ВКР:

Автоматическая система регулирования оптимизации процесса горения топлива в топке парового котла ЕП-640-13,8-545 БТ	
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 расхода общего воздуха парового котла ЕП-645-13,8-545 БТ. Область применения Гусиноозерская ГРЭС. Рабочая зона: производственное помещение. Размеры помещения: 81х36 м. – Количество и наименование оборудования рабочей зоны: Мельничные вентиляторы ВМ-18А, по два с каждой стороны. – Вдоль фронта котла расположены четыре молотковые мельницы типа ММТ 2000/2590/735 и две воздуходувки типа ТВ-80-1,6. – Для проведения ремонтных работ котельное отделение оборудовано двумя мостовым краном грузоподъемностью 50/10 т/с. Ремонтная площадка расположена со стороны постоянного и временного торцов главного корпуса I-ой очереди. Рабочие процессы: регулирование расхода общего воздуха.
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.	– Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ; – ГОСТ 22614-77 «Система "человек-машина". Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования»; – ГОСТ 22615-77 «Система "человек-машина". Выключатели и переключатели типа "Тумблер»; – ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009 «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 2. Дисплеи»; – ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание 7.
2. Производственная безопасность при разработке при эксплуатации): – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов.	Вредные факторы: – отклонение показателей микроклимата; – недостаточная освещённость рабочей зоны; – повышенный уровень шума – повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. Опасные факторы: – возможность поражения электрическим током.

3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	Воздействие на литосферу: осаждение на поверхности твердых частиц и жидких растворов продуктов выбросов в атмосферу. Воздействие на гидросферу: повышенное использование питательной воды на впрыск. Воздействие на атмосферу: повышенная концентрация NO в выбросах.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	Возможные ЧС: техногенные ЧС (пожары, взрывы, угроза взрывов). Наиболее типичная ЧС: пожар.
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
5Б8В	Моор Евгений Николаевич		

10 Социальная ответственность

Введение

В данной выпускной квалификационной работе была разработана автоматическая система регулирования расхода общего воздуха парогенератора Еп-640-13,8-545БТ, находящегося в эксплуатации на Гусиноозерской ГРЭС.

Система автоматического регулирования расхода общего воздуха предназначена для поддержания наиболее экономичного режима сжигания топлива в топке парогенератора. При эксплуатации данной системы регулирования уменьшится количество требуемого персонала и произойдет понижение стоимости отпускаемой тепловой и электрической энергии.

Актуальность раздела обусловлена необходимостью обеспечения мер безопасности производственного персонала, в виду того, что отрасли промышленности всегда связаны с риском для жизни сотрудников.

Рабочим процессом является автоматическая система регулирования оптимизации расхода общего воздуха.

Рабочая зона представляет собой помещение 81х36 метров, которое включает в себя следующие оборудование: мельничные вентиляторы ВМ-18А, по два с каждой стороны. Вдоль фронта котла расположены четыре молотковые мельницы типа ММТ 2000/2590/735 и две воздуходувки типа ТВ-80-1,6.

Для проведения ремонтных работ котельное отделение оборудовано двумя мостовым краном грузоподъемностью 50/10 т/с. Ремонтная площадка расположена со стороны постоянного и временного торцов главного корпуса I-ой очереди.

10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К категории опасных производственных объектов относится площадка главного корпуса ГРЭС, где и находится разработанная система.

III класса опасности - для опасных производственных объектов, осуществляющих теплоснабжение населения и социально значимых категорий потребителей, определяемых в соответствии с законодательством Российской Федерации в сфере теплоснабжения, а также иных опасных производственных объектов, на которых применяется оборудование, работающее под избыточным давлением 1,6 мегапаскаля и более (за исключением оборудования автозаправочных станций, предназначенных для заправки транспортных средств природным газом) или при температуре рабочей среды 250 градусов Цельсия и более [17].

По результатам специальной оценки условий труда рабочее место оператора может относиться к вредным условиям труда. Трудовой кодекс устанавливает несколько видов гарантий и компенсаций для работников, занятых на вредных и/или опасных работах:

- доплата за работу во вредных/опасных условиях – минимум 4% от тарифной ставки (оклада), действующей для работ с нормальными условиями труда;

- сокращенная продолжительность работы (рабочая неделя – не более 36 часов, рабочий день (смена) – максимум 8 часов при 36-часовой рабочей неделе, максимум 6 часов при 30-часовой рабочей неделе) для работников, занятых на работах с подклассом вредности 3.3 и 3.4 и на опасных работах;

- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск сроком не меньше 7 календарных дней для работников, занятых на работах с подклассом вредности 3.2, 3.3 и 3.4 или на опасных работах;

- выдача молока и других равноценных пищевых продуктов либо лечебно-профилактического питания по установленным нормам;

– выдача специальной одежды, обуви, других средств индивидуальной защиты, а также смывающих и обезвреживающих средств [18].

Лица, принимаемые на работу по обслуживанию тепломеханического оборудования, должны пройти предварительный медицинский осмотр и в дальнейшем проходить его периодически в сроки, установленные для персонала энергопредприятий [19].

У лиц, обслуживающих оборудование основных цехов электростанций и тепловых сетей, и лиц, допущенных к выполнению специальных работ, должна быть сделана об этом запись в удостоверении о проверке знаний [19].

Весь персонал должен быть обеспечен по действующим нормам спецодеждой, спецобувью и индивидуальными средствами защиты в соответствии с характером выполняемых работ и обязан пользоваться ими во время работы.

Персонал должен работать в спецодежде, застегнутой на все пуговицы. На одежде не должно быть развешиваемых частей, которые могут быть захвачены движущимися (вращающимися) частями механизмов. Засучивать рукава спецодежды и подворачивать голенища сапог запрещается.

Персонал, обслуживающий оборудование в газоопасных местах, а также соприкасающийся с вредными веществами, должен знать:

- перечень газоопасных мест в цехе (районе);
- отравляющее действие вредных веществ и признаки отравления ими;
- правила производства работ и пребывания в газоопасных местах;
- правила пользования средствами защиты органов дыхания;
- пожароопасные вещества и способы их тушения;
- правила эвакуации лиц, пострадавших от вредных веществ, из газоопасных мест и способы оказания им доврачебной помощи.

Основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны оператора:

- возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования;

– обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием;

– предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов, а также условия для экстренного ухода человека-оператора с рабочего места;

– взаимное расположение пульта управления, кресла, органов управления и средств отображения информации должно производиться в соответствии с антропометрическими показателями, структурой деятельности, психофизиологическими и биомеханическими характеристиками человека-оператора.

10.2 Производственная безопасность

В таблице 32 представлен перечень вредных и опасных факторов, которые могут возникать при разработке, изготовлении и эксплуатации автоматической системы регулирования.

Таблица 32 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора АСУ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [4].
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [4].
Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. [4]
Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. [4]
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов – ГОСТ 12.1.038-82 [4].

10.2.1 Отсутствие или недостаток необходимого освещения

Правильное освещение сохранит зрение персонала. Поэтому соблюдение норм освещенности, ведет к снижению утомляемости на рабочем месте. Низкий уровень освещения может вызвать у человека снижение работоспособности и ухудшение состояния здоровья.

К наиболее типичным профессиональным заболеваниям при недостаточной освещенности можно отнести:

- близорукость;
- световое голодание.

При низком уровне освещения стоит заменить или добавить источники освещения. Освещённость рабочей зоны при VI разряде зрительной работы должна быть 200 лк согласно СанПиН 1.2.3685-21 [20].

10.2.2 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат влияет на теплообмен человеческого организма. Основная роль в теплообменных процессах у человека принадлежит физиологическим механизмам регуляции теплоотдачи через поверхностные ткани, которая может осуществляться конвекцией, излучением, испарением. В обычных микроклиматических условиях человек 30 % всего тепла отдает путем конвекции, 45 % - теплоизлучением и 25 % - испарением пота. Для нормального протекания физиологических процессов в организме человека необходимо, чтобы выделяемое организмом тепло отводилось в окружающую среду. Соответствие между количеством этого тепла и охлаждающей способностью среды характеризует ее как комфортную. В условиях комфорта у человека не возникает беспокоящих его тепловых ощущений - холода или перегрева. Величина тепловыделения организмом человека зависит от степени физического напряжения в определенных микроклиматических условиях и составляет от 80 Дж/с (состояние покоя) до 500 Дж/с (тяжелая работа).

К наиболее типичным профессиональным заболеваниям при отклонении показателей микроклимата можно отнести:

- простудные заболевания;
- перегрев организма;
- нарушение терморегуляции организма.

Работа оператора в данном объекте относится к классу лёгких работ. Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте должны соответствовать величинам, приведённым в таблице 33. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочем месте должны соответствовать значениям, приведённым в СанПиН 1.2.3685-21 в таблице 32 [20].

Таблица 33 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С
Холодный	Iб (140 - 174)	21-23	20-24
Тёплый	Iб (140 - 174)	22-24	21-25
Период года	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
Холодный	60-40	0,1	
Тёплый	60-40	0,1	

Таблица 34 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин	
Холодный	Iб (140 - 174)	19-20,9	23,1-24	
Тёплый	Iб (140 - 174)	20-21,9	24,1-28	
Период года	Скорость движения воздуха, м/с		Относительная влажность воздуха, %	Температура поверхностей, °С
	Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин		
Холодный	0,1	0,2	18-25	15-75
Тёплый	0,1	0,3	19-29	15-75

Для того чтобы создать комфортные условия для работы персонала необходимо установить системы кондиционирования, отопления, вентиляции, увлажнения.

10.2.3 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Сжигание в котлах газа может сопровождаться поступлением в воздух рабочей зоны оксида углерода, никеля, ванадия, диоксида серы, оксида азота,

углеводородов, аммиака, сероводорода, триоксикрезилфосфата и других химических веществ. В случае неисправностей в газопроводах газ может поступать в цеха. Решающий фактором улучшения условий труда – оборудование рабочих мест эффективными системами общей и местной вентиляции.

Вредность запыленности и загазованности рабочего места обусловлена способностью вызывать профессиональные заболевания. Наиболее тяжелые заболевания возникают при попадании пыли в легкие. Эти виды заболеваний носят общее название пневмокониозов. Химические факторы загрязнения воздуха способны воздействовать на организм через дыхательную систему, желудочно-кишечный тракт или кожные покровы, ткани и слизистые оболочки. Вредные вещества, проникшие в организм человека, могут вызывать острые или хронические отравления.

ПДК в воздухе помещения рабочей зоны: оксид углерода – $20,0 \text{ мг/м}^3$, диоксид серы – 10 мг/м^3 , оксид азота – $5,0 \text{ мг/м}^3$ [20].

Снижение влияния факторов можно осуществить при мониторинге технологического оборудования на наличие утечек для их незамедлительного устранения. Широкое распространение в системах контроля загазованности и запыленности получили датчики, определяющие концентрацию вредных веществ в помещении. При этом, такие датчики оснащаются средствами сигнализации для оповещения персонала.

Для уменьшения запыленности и загазованности в помещении устанавливается вытяжная система. Приточно-вытяжная вентиляция во всех помещениях работает постоянно, кроме летнего периода времени, что связано с остановкой котельной.

10.2.4 Повышенный уровень шума

В производственных условиях источниками шума являются работающие станки и механизмы, ручные механизированные инструменты и

т.д. В условиях сильного шума возникает опасность снижения и потери слуха, которая во много обусловленная индивидуальными особенностями человека [20]. Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности представлены в таблице 35.

Для снижения воздействия шумовой завесы предлагается установка шумоподавляющих установок и панелей совместно с обеспечением сотрудников СИЗ органов слуха.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противοшумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощения шума.

Таблица 35 – Предельно допустимые уровни звука на рабочем месте оператора АСУ

Категория напряженности трудо- вого процесса	Категория тяжести трудового процесса
	легкая физическая нагрузка
Напряженность легкой степени	80

11.2.5 Поражение электрическим током

Поражение электрическим током может произойти при взаимодействии с неисправными устройствами, которые подключены к сети питания 220, 380 В.

Часто основным симптомом поражения является ожог кожи, однако не все серьезные поражения могут быть визуально заметными. Пострадавшего обследуют на предмет нарушений сердечного ритма, переломов, вывихов, повреждений спинного мозга и других травм. Пострадавшему проводят

мониторинг нарушений сердечного ритма, обрабатывают ожоги, в случае обширных внутренних ожоговых повреждений назначают внутривенные вливания и другие виды лечения.

Для обеспечения электробезопасности необходимо соблюдение все норм и правил эксплуатации электрического оборудования, таких как:

- использование защитного заземления и зануления;
- использование средств индивидуальной защиты;
- контроль изоляции проводов, а также технического состояния приборов;
- Соблюдение организационных мер обеспечения безопасности [21].

10.3 Экологическая безопасность

1) Защита атмосферы

В процессе эксплуатации парового котла происходят выбросы дымовых газов и золы, а также углекислого газа и водяного пара.

Существует несколько методов очистки дымовых газов, а также активно применяется комбинирование различных методов. Для очистки дымовых газов от золы и твердых частиц используют фильтрование. Для очистки дымовых газов от оксидов серы используется мокрая сероочистка, сухая очистка, мокросухая чистка.

2) Защита гидросферы

Для производства пара паровой котел использует воду из близлежащих водоемов. Перед тем как сбросить воду обратно в водоем ее остужают и очищают. Для очистки сточных вод используют механическую очистку, физико-химическую очистку, химическую очистку, биохимическую.

3) Защита литосферы

Твердые частицы, содержащиеся в дымовых газах, осаждаются на поверхности земли и загрязняют почву. Еще одним источником загрязнения являются зола и шлак, образующиеся в процессе сгорания топлива, которые

далее складываются в золошлакоотвалах. Золошлакоотвалы загрязняют не только поверхность почвы. Твердые частицы через почву попадают в грунтовые воды, а также попадают в атмосферу.

Для предотвращения такого опасного источника загрязнения необходима своевременная утилизация золошлаковых отходов.

10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможными ЧС на объекте являются: взрыв и пожар. Короткое замыкание и взрыв могут привести к возникновению пожара на объекте.

Для предотвращения пожаров на объекте следует:

- проводить инструктаж с сотрудниками и проверять их знания по борьбе с пожаром;

- установить порядок регулярной проверки состояния пожарной безопасности предприятия, исправности технических средств тушения пожара, систем водоснабжения, оповещения, связи и других систем противопожарной защиты. Принимать необходимые меры к устранению обнаруженных недостатков, которые могут привести к пожару;

- создать пожарно-техническую комиссию и добровольные пожарные формирования [22].

Порядок действия в результате возникновения пожара:

- а) при возникновении пожара на объекте первый заметивший очаг пожара должен немедленно сообщить начальнику смены энергообъекта или руководству энергопредприятия, а при наличии связи - в пожарную охрану и приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения;

- б) начальник смены энергообъекта обязан немедленно сообщить о пожаре в пожарную охрану, руководству энергопредприятия и диспетчеру энергосистемы;

- в) до прибытия подразделений ГПС МВД России руководителем тушения пожара является начальник смены энергообъекта;

г) отключение оборудования в зоне пожара производится дежурным персоналом энергопредприятия по распоряжению начальника смены энергообъекта;

д) после прибытия на место пожара первого подразделения ГПС МВД России руководителем тушения пожара является старший начальник этого подразделения;

е) решение о подаче огнетушащих средств принимается руководителем тушения пожара после проведения инструктажа и выполнения необходимых мер безопасности;

ж) руководитель тушения пожара имеет право приступить к тушению энергооборудования под напряжением только после получения письменного допуска на тушение от начальника смены энергообъекта.

Рассмотрим категорию помещения – Г, а именно котельную. Необходимое количество огнетушителей определяется согласно суммарной площади помещения.

Классы возможных пожаров:

В – горение жидкостей и плавящихся материалов;

С – горение газов.

Таблица 36 – Нормы оснащения помещения огнетушителями

Класс пожара	Огнетушители			
	Пенные и водные огнетушители	Порошковые огнетушители	Хладоновые огнетушители	Углекислотные
В	2	-	-	-
С	-	4	-	-

Выводы по разделу

В разделе Социальная ответственность были рассмотрены и проанализированы вопросы, обуславливающие социальную ответственность для разработанной автоматической системы регулирования. Как итог работы по разделу «Социальная ответственность» были изучены: негативные воздействия на окружающую среду; выявлены и описаны вредные и опасные факторы, возникающие на производстве; указаны методики и средства борьбы с этими факторами; описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению, а также описаны требования по поведению персонала при ЧС.

Стоит упомянуть, что все вышеперечисленные меры безопасности имеют практическую значимость и на данный момент успешно реализуются, поэтому полностью выполняется условие соответствия фактических значений потенциально возможных факторов нормативным значениям.

Категория помещения по электробезопасности: жаркие помещения.

Оператор АСУ должен иметь III группу по электробезопасности. Допуск персонала с III группой подразделяется на работу с сетями до и выше 1000 В, а также дает право единоличного обслуживания, осмотра, подключения и отключения электроустановок от сети.

Тяжесть труда, согласно СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» относится к категории 1б.

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» помещение относится к Г категории.

По воздействию на окружающую среду объект исследования относится ко 2 категории.

Заключение

В рамках выпускной квалификационной работы разработан комплект проектной документации на автоматическую систему регулирования расхода общего воздуха.

В процессе выполнения работы произведен анализ объекта автоматизации, а также разработаны структурная, функциональная и монтажная схемы системы регулирования.

Также разработаны и оформлены электрическая схема соединений и чертеж общего вида щита управления, составлены заказная спецификация приборов и средств автоматизации, перечень элементов электрической схемы и составных частей щита управления.

Данная работа содержит подробные расчеты оптимальных параметров настройки ПИ-регулятора и оптимальных прямых оценок качества.

Список использованных источников

1. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций. – Москва: Энергоатомиздат, 1986. – 344 с.
2. Бойко Е.А. Котельные установки и парогенераторы (конструкционные характеристики энергетических котельных агрегатов): Справочное пособие для курсового и дипломного проектирования студентов – «Промышленная теплоэнергетика» / Сост. Е.А.Бойко, Т.И.Охорзина; КГТУ. Красноярск, 2003. 223 с.
3. Андык В.С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС : учебник / В.С. Андык ; Томский политехнический университет. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 408 с.
4. ТЕХЭСПЕРТ. ГОСТ Р 58604-2019. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Тепловые электрические станции. Автоматизированные системы управления технологическими процесса. Условия создания. Нормы и требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200169004>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Siemens S7-300 Программируемый контроллер. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Программируемы контроллеры S7-300. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Программируемый логический контроллер ЭЛСИ-ТМК. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elesy.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
8. ЭЛЕМЕР [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.elemer.ru/catalog/datchiki-davleniya-i-manometry/datchiki->

davleniya/air-20-m2-mb, свободный. – Загл. с экрана.

9. ЭлефантКИП [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://elefantkip.ru/datchiki/preobrazovateli-davleniya/pd200-dd-model-155-datchik-differentsialnogo-davleniya-obshchepromyshlenny/?gclid=CjwKCAiAmrOBbHA0EiwArn3mfKKR5yv-f_oeOZvdALQh4tG7lIBhudfbMH-cCWyp0rKc1kBcYBa-SxoCwyoQAvD_BwE, свободный. – Загл. с экрана.

10. Промышленный расходомер газов VA 570. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://izmerkoni.ru/catalog/rasxod/rasxodomeryi/va-570.html>, свободный. – Загл. с экрана.

11. ООО «КИПКомплект» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kipkomplekt.ru/text/akvt-01.php>, свободный. – Загл. с экрана.

12. Датчики давления Метран-150. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/documents/automation/каталог-датчики-давления-метран-150-раздел-каталога-метран-ru-4848826.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

13. Сосуды СК, СУ, СР - раздел каталога. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.emerson.com/documents/automation/catalog-metran-ru-61792.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

14. Каталог: измерительные диафрагмы. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/documents/automation/диафрагмы-для-расходомеров-раздел-каталога-ru-ru-4850034.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

15. Основная схемотехническая проектная и конструкторская документация при разработке АСУ ТП / Кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – 101 с.

16. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

17. 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9046058?marker=7E20KB>, свободный.

18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://stud.lms.tpu.ru/pluginfile.php/1245916/mod_resource/content/1/trudkod.pdf, свободный.

19. Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200035102>, свободный.

20. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>, свободный.

21. Поражения электрическим током [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313>, свободный.

22. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий 2021 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200007590#7D20K3>, свободный.