

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматическая система управления процессом сжигания композиционного топлива

УДК 621.182.23-61-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Грудачев Игорь Алексеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШЭ	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Антонова Александра Михайловна	к.т.н., доцент		

Томск – 2020 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные</i>	
P1	Применять математические, естественнонаучные, инженерные, гуманитарные, социально-экономические знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>теплоэнергетических и теплотехнических установок</i> , автоматизированных систем управления, средств автоматизации и контроля.
P2	Формулировать задачи в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P3	Проектировать <i>теплоэнергетические и теплотехнические системы</i> , автоматизированных систем управления <i>и их компоненты</i> .
P4	Планировать и проводить испытания и экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>систем теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления, их <i>оборудования</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> , автоматизированных систем управления
P6	Применять практические знания принципов и технологий <i>теплоэнергетической и теплотехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<i>Универсальные</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Учитывать социальные, правовые и культурные аспекты, вопросы охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности при осуществлении комплексной инженерной деятельности в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i>
P12	Непрерывно самообучаться и совершенствовать свои компетенции в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i> .

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель профиля
Озерова И.П.

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Грудачеву Игорю Алексеевичу

Тема работы:

Автоматическая система управления процессом сжигания композиционного топлива	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№135-41/с от 14.05.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом проектирования является водогрейный котельный агрегат Viessmann Vitoplex 100 мощностью 620 кВт. Основное топливо – композиционное топливо. При разработке автоматической системы предусмотреть использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и управления системы топливоподачи.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1 Научно-исследовательская работа.2 Проектирование АСР температуры уходящих газов при сжигании композиционного топлива.3 Разработка щита управления.4 Расчет параметров настройки регулятора.5 Разработка мнемосхемы проекта.6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.7 Социальная ответственность.

Перечень графического материала	1 Схемы структурная. 2 Схема функциональная. 3 Электрическая схема соединений щита управления. 4 Схема монтажная. 5 Общий вид щита управления.
---------------------------------	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.02.2020
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШЭ	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Грудачев Игорь Алексеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 100 с., 21 рис., 16 табл., 59 источников.

Ключевые слова: котлоагрегат, композиционное топливо, система топливоподачи, микропроцессорные технические средства автоматизации, автоматическая система регулирования.

Объектом автоматизации является водогрейный котел Viessmann VITOPLEX 100.

Цель работы – разработка автоматической системы регулирования температуры уходящих газов водогрейного котла при процессе сжигания композиционного топлива на основе микропроцессорных средств автоматизации.

В процессе выполнения работы проводился, анализ объекта автоматизации, составление структурной схемы автоматической системы регулирования температуры уходящих газов, проектирование функциональной схемы, электрической схемы соединений и монтажной схемы, а также разработка чертежа общего вида щита автоматизации, выбор приборов и технических средств автоматизации с последующим составлением заказной спецификации, разработка мнемосхемы проекта.

В результате исследования разработана автоматическая система регулирования температуры уходящих газов водогрейного котла при процессе сжигания композиционного топлива на основе микропроцессорных средств автоматизации.

Основным преимуществом разработанной системы является наличие программно-оперативного комплекса на базе SCADA-системы, который повышает качество регулирования и быстродействия системы, а также позволяет вовремя отреагировать на любую сложную ситуацию в процессе эксплуатации системы.

Содержание

Введение.....	8
1 Научно-исследовательская работа	10
2 Разработка АСР температуры уходящих газов при сжигании композиционного топлива.....	18
2.1 Выбор структуры автоматической системы регулирования	20
2.2 Разработка функциональной схемы АСР	21
2.3 Выбор технических средств и составление спецификации.....	22
2.3.1 Выбор датчиков температуры	22
2.3.2 Выбор преобразователя давления	27
2.3.3 Выбор технических средств измерения расхода	28
2.3.4 Выбор исполнительного механизма	30
2.3.5 Выбор блока управления исполнительным механизмом	31
2.3.6 Выбор регулирующего устройства	31
3 Проектирование электрической схемы соединений АСР.....	33
4 Проектирование монтажной схемы АСР.....	34
5 Разработка чертежа общего вида щита управления	37
6 Расчет параметров настройки регулятора	38
6.1 Идентификация объекта управления	38
6.2 Расчет параметров настройки регулятора	41
7 Разработка мнемосхемы проекта.....	49
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	55
8.1 Оценка коммерческого потенциала исследования.....	55
8.2 Планирование работ и оценка времени выполнения	56
8.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	61
8.3.1 Расчет материальных затрат	61
8.3.2 Расчет затрат на заработную плату	61
8.3.3 Расчет затрат на социальный налог	63
8.3.4 Расчет затрат на электроэнергию	63
8.3.5 Расчет амортизационных расходов.....	64

8.3.6	Расчет прочих расходов	65
8.3.7	Расчет накладных расходов	65
8.4	Смета затрат на оборудование и монтажные работы.....	66
8.5	Определение экономической эффективности проекта	68
9	Социальная ответственность	71
9.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	72
9.2	Производственная безопасность	74
9.3	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	76
9.3.1	Повышенный уровень электромагнитных излучений	76
9.3.2	Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	78
9.3.3	Отклонение параметров микроклимата.....	79
9.3.4	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	80
9.3.5	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	82
9.4	Экологическая безопасность.....	83
9.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	84
9.6	Заключение по разделу социальная ответственность	87
	Заключение	88
	Список использованных источников	89
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	96
Графический материал:	на отдельных листах	
ФЮРА.421000.003 С1	Схема структурная	
ФЮРА.421000.003 С2	Схема функциональная	
ФЮРА.421000.003 СО1	Заказная спецификация	
ФЮРА.421000.003 Э4	Схема электрическая соединений	
ФЮРА.421000.003 С4	Схема монтажная	
ФЮРА.421000.003 ВО	Общий вид щита автоматизации	

Введение

Ежегодно происходит увеличение объемов нефтепродуктов в различных системах, что приводит к накоплению в виде отработанных нефтешламов и других нефтесодержащих жидкостей [1-3]. Накопленные нефтяные отходы могут нанести большой ущерб окружающей среде [4-5]. Поэтому возникает вопрос актуальности снижения воздействия отходов на окружающую среду, а также создание новых научных подходов для развития энергоэффективных технологий. Изучение энергоэффективных технологий поможет существенно снизить влияние тепловых электрических станций на окружающую среду. Под влиянием на окружающую среду понимается не только загрязнение оксидами серы и азота или летучей золы, но усиление эффекта глобального потепления.

В настоящее время большой интерес вызывает композиционное жидкое топливо для сжигания на тепловых электрических станциях без значительных конструктивных изменений [6-8].

Основным преимуществом использования композиционного жидкого топлива является благоприятные изменения экологических, энергетических и техникоэкономических показателей по сравнению с традиционным топливом. Такие заключения можно сделать из анализа результатов исследований, полученных за последние 15–20 лет мировым научным сообществом [9-14].

Благодаря композиционному жидкому топливу на тепловые электрические станции будут вовлекаться большие объемы отработанных нефтепродуктов, это в свою очередь способствует утилизации угле- и нефтепереработки [13], снизит влияние антропогенных выбросов в атмосферу [15-17] и обеспечит высокую пожаровзрывобезопасность всей тепловой электростанции в целом. Исследование процессов зажигания и горения композиционных жидких топлив позволит создать фундаментальные и практические научные основы для развития энергоэффективных технологий преобразования энергии на тепловых электрических станциях.

Цель данной работы – разработка автоматической системы регулирования температуры уходящих газов при сжигании композиционного топлива.

1 Научно-исследовательская работа

Для моделирования процессов горения и зажигания топлива был использован коммерческий программный пакет ANSYS. Были использованы следующие компоненты программного комплекса: ANSYS Workbench, Fluid Flow (Fluent). Fluid Flow (Fluent) представляет собой определенный инструмент содержащий в себе широкий набор верифицированных моделей, обеспечивающих быстрое получение результатов для самых различных задач.

При выполнении данной работы были использованы следующие модели:

- energy model;
- viscous model;
- species model;
- multiphase;
- NO_x;
- SO_x.

При создании модели использовались стандартные функции блока Fluent, включающие в себя: Energy model, Viscous model, Species model. Данный перечень используемых моделей позволяет реализовать процессы зажигания и горения топлива, теплопереноса внутри области решения, а также выход оксидов серы и азота, реализуемый посредством встроенных в Species transport model функций NO_x и SO_x. Элементный состав топлива задавался при помощи встроенной в Species transport model функции Coal calculator.

Для решения сформулированной задачи, требовалась модернизация топки котла, в которой располагалось бы топливо. На рисунке 1.1 представлена геометрическая форма камеры сгорания, при помощи которой была реализована импульсная подача топлива в топку. Сжигание топлива осуществлялось при температурном режиме 900 К, т.к. данная температура достаточна для воспламенения.

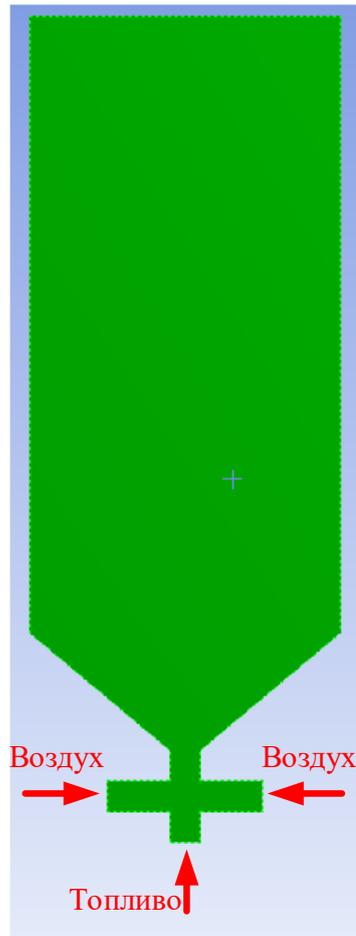


Рисунок 1.1 – Область решения задачи

На рисунке 1.2 представлены местоположения точек для регистрации параметров в камере сгорания. Номера кривых на рисунках соответствуют номерам точек, представленных на рис. 1.2.

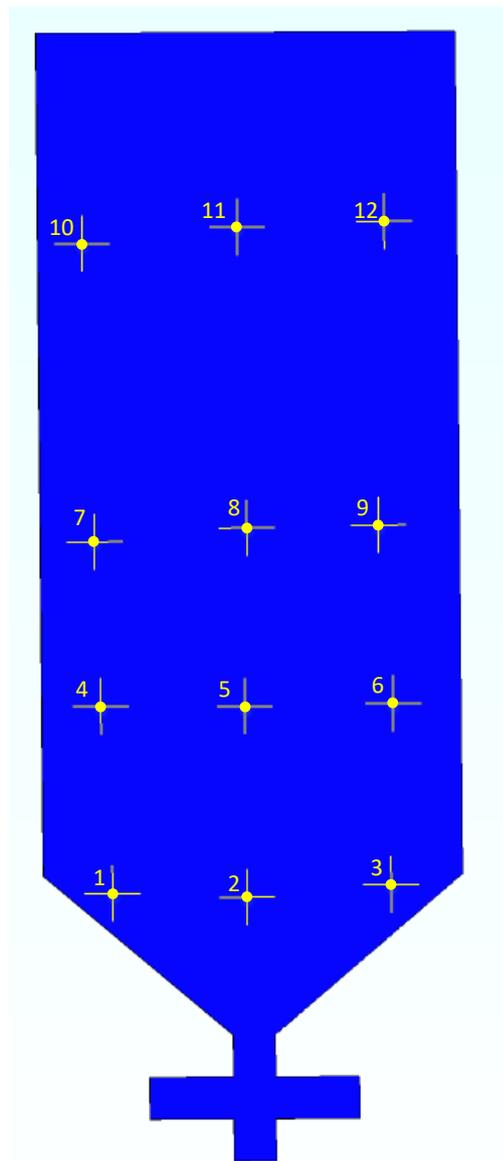


Рисунок 1.2 – Расположение точек для регистрации параметров в камере сгорания

Сравнение результатов до модификации камеры сгорания и после осуществлялось при идентичных параметрах: расход воздуха, расход топлива, температура в камере сгорания.

Рассмотрим процесс горения до модификации котла.

На рис. 1.3 показано распределение температуры в камере сгорания в разные моменты времени.

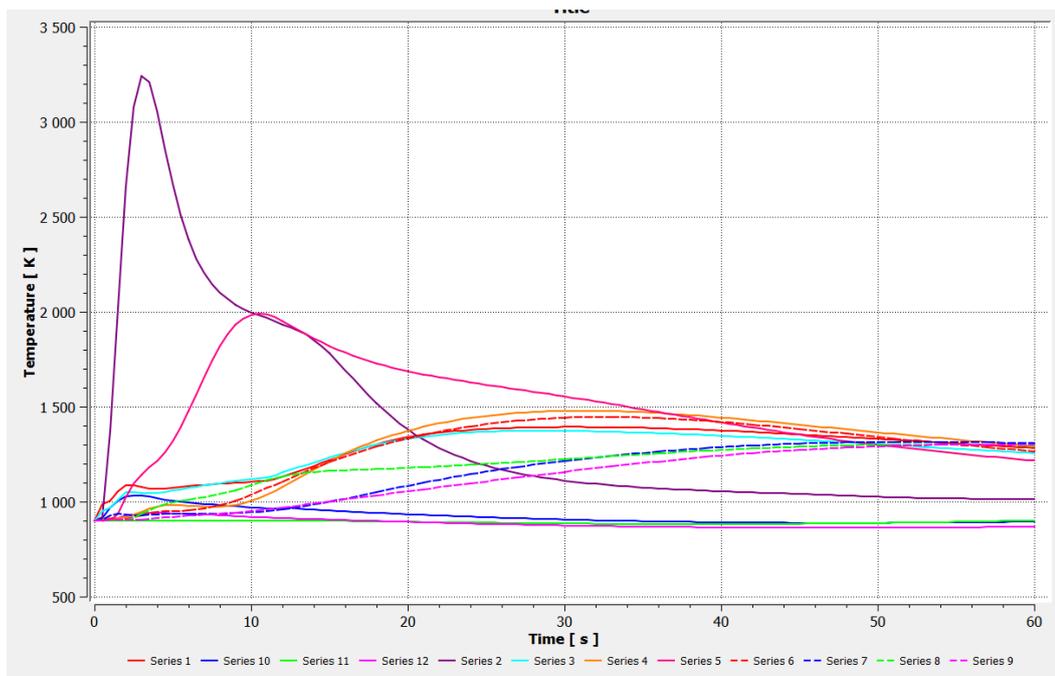


Рисунок 1.3 – Температура в камере сгорания

На рис. 1.4 показано распределение концентрации угарного газа в камере сгорания в разные моменты времени.

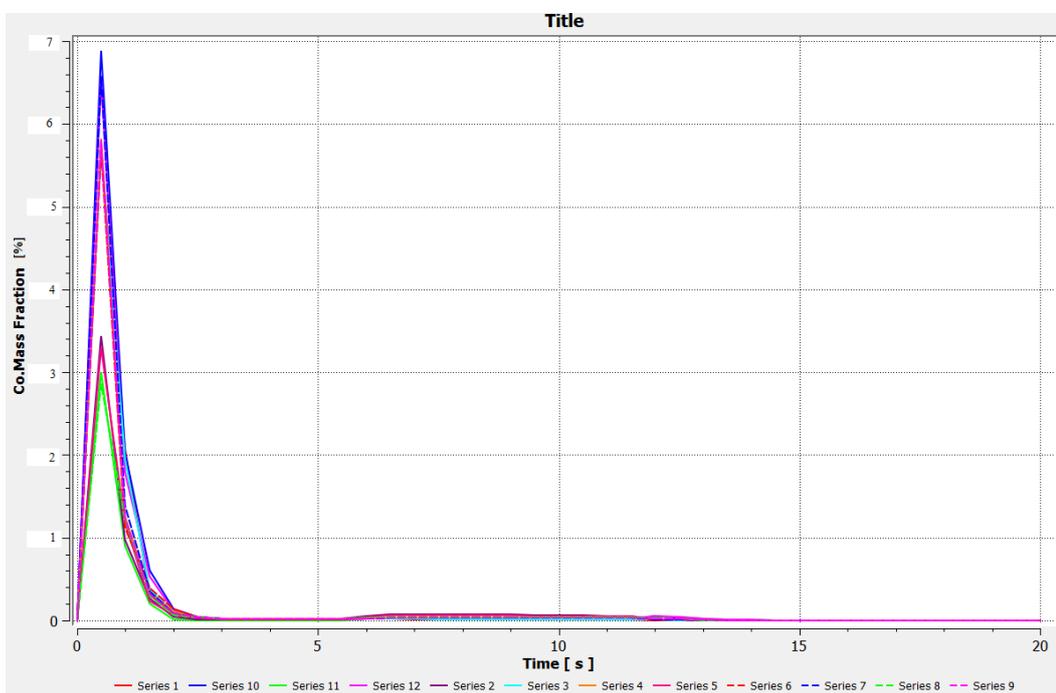


Рисунок 1.4 – Концентрация углекислого газа CO

Изменение концентраций оксидов азота NO_x и серы SO_x в ходе процесса сжигания топлива для камеры сгорания до модификации показано на рис. 1.5 и 1.6.

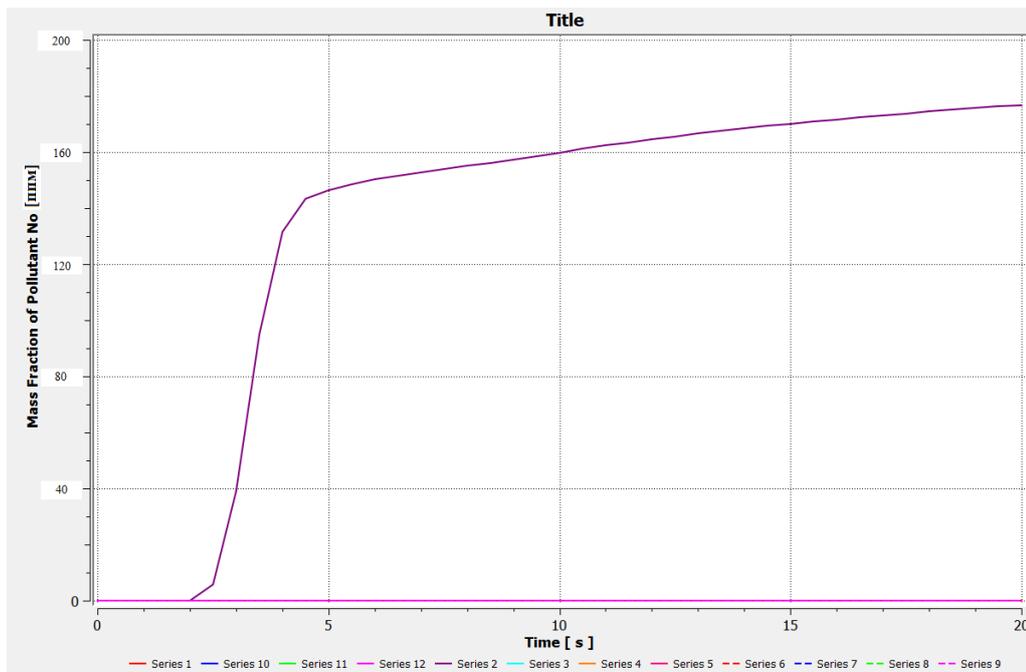


Рисунок 1.5 – Концентрация оксида азота NOx

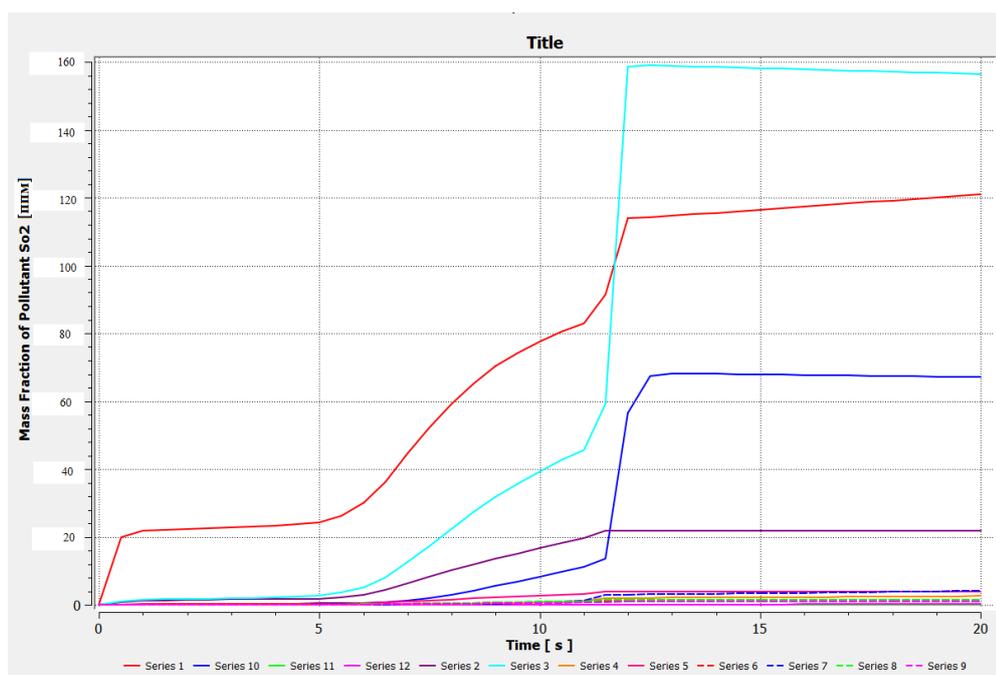


Рисунок 1.6 – Концентрация оксида серы SOx

Далее рассмотрим процесс горения после модификации котла.

На рис. 1.7 показано распределение температуры в камере сгорания в разные моменты времени.

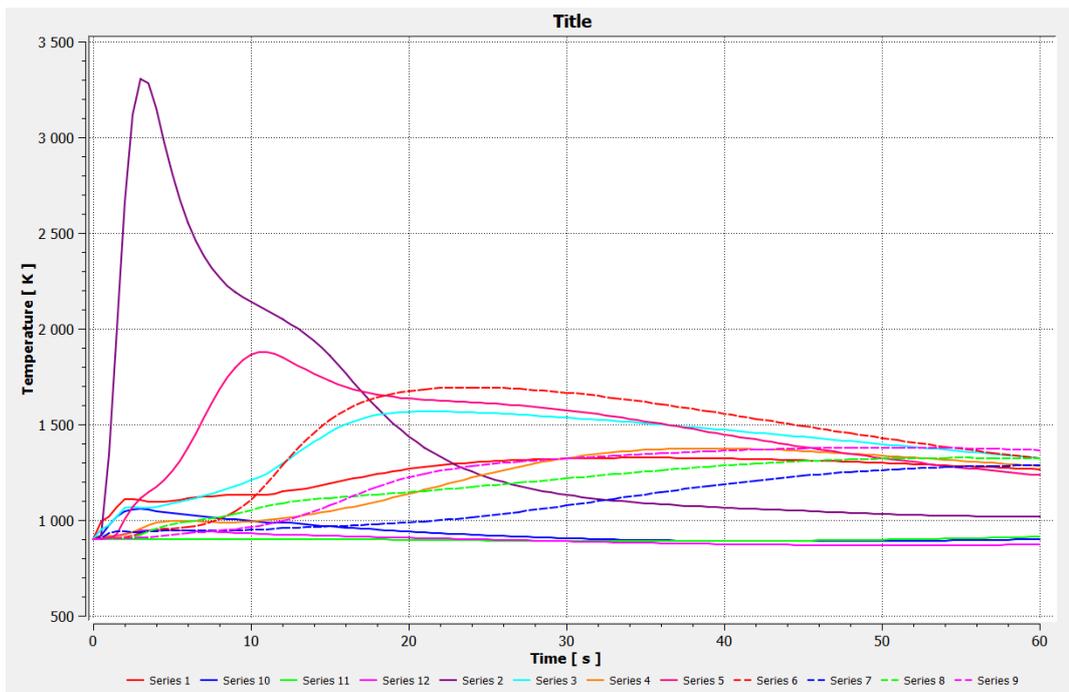


Рисунок 1.7 – Температура в камере сгорания

На рис. 1.8 показано распределение концентрации угарного газа в камере сгорания в разные моменты времени.

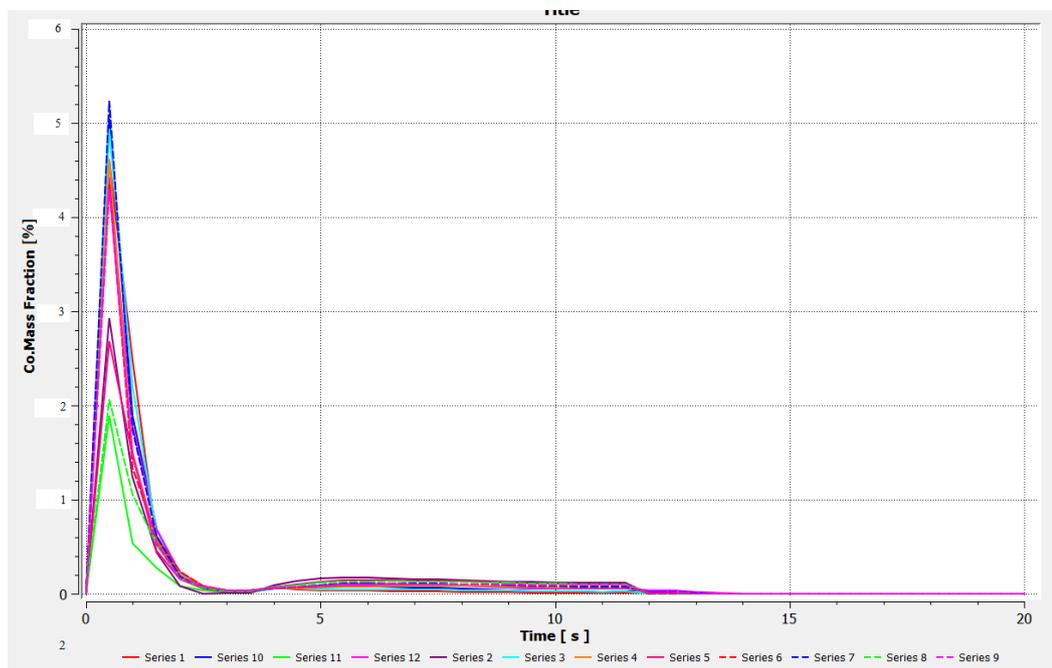


Рисунок 1.8 – Концентрация углекислого газа CO

Изменение концентраций NO_x и SO_x в ходе процесса сжигания топлива для камеры сгорания до модификации показано на рис. 1.9 и 1.10.

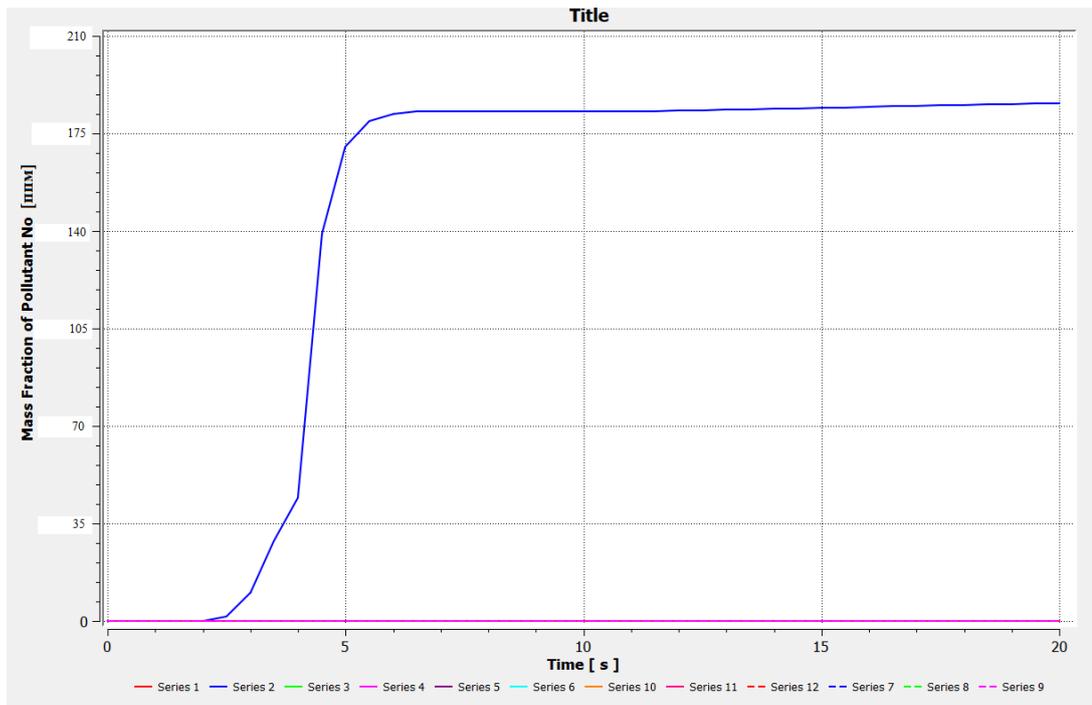


Рисунок 1.9 – Концентрация оксида азота NOx

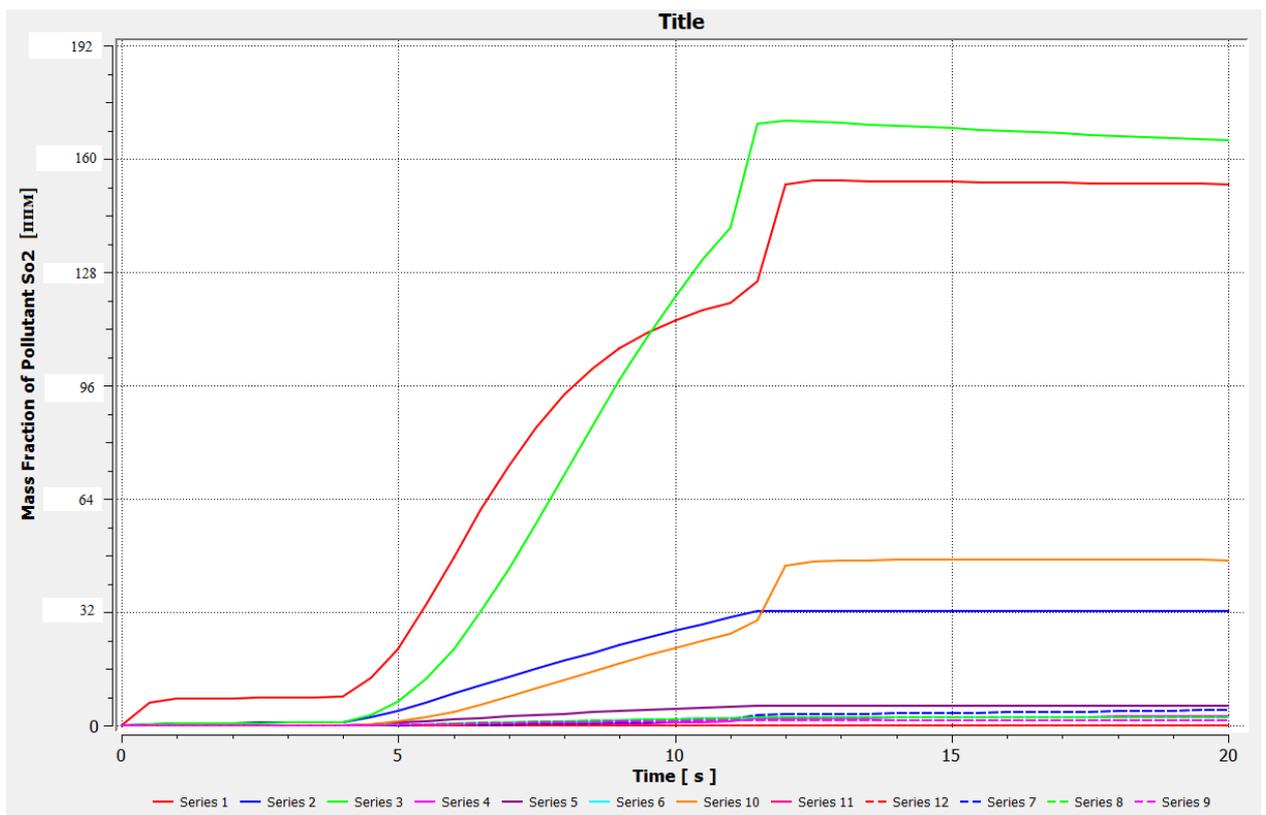


Рисунок 1.10 – Концентрация оксида серы SOx

Анализ результатов показывает, что после модификации котельного агрегата концентрация углекислого газа CO снизилась приблизительно на 25 %, что показывает лучшую полноту и эффективность сжигания топлива.

Увеличение выбросов оксидов серы SO_x и азота NO_x при более полном сгорании связана с более полным выгоранием зольного остатка. Снижение влажности топлива также вызывает повышение выбросов оксидов серы и азота. Вода выступает в качестве абсорбента и позволяет растворять газообразные примеси в жидкости.

В ходе работы была создана и опробована модель сжигания топлива в камере сгорания котла. Главным преимуществом разработанной модели является то, что она позволяет рассмотреть процесс горения топлива в топке котла, при различных начальных температурах в котельном агрегате. Так же данная модель позволяет оценить поведение котельного агрегата, при растопочном режиме работы и при выходе на стационар. Кроме того, в данной модели можно легко менять состав исследуемого топлива, что также облегчает исследование процессов зажигания и горения композиционных топлив.

2 Разработка АСР температуры уходящих газов при сжигании композиционного топлива

В качестве объекта автоматизации выбрана система подачи композиционного топлива в котельный агрегат VITOPLEX 100 немецкой компании Viessmann. Данная установка предназначена для нагрева воды, которая используется для водоснабжения и отопления [18].

Водогрейный котел VITOPLEX 100 предназначен для нагрева воды с номинальной температурой 95 °С. Он используется для водоснабжения горячей водой как объектов промышленного назначения, так и бытового.

На рисунке 2.1 представлены параметры котла VITOPLEX 100.

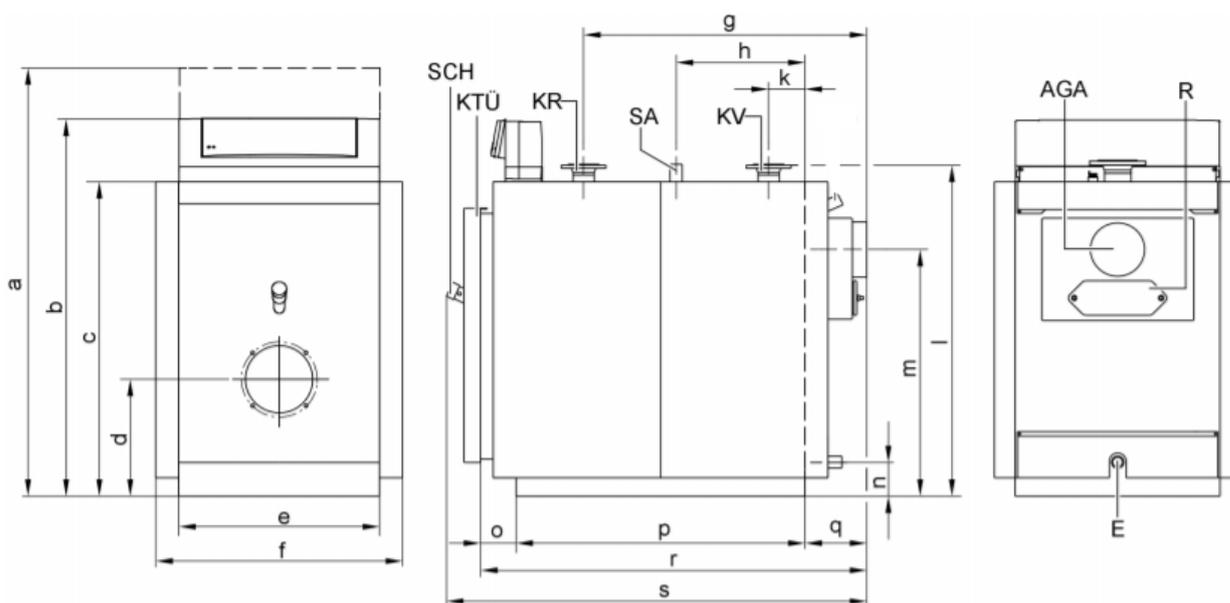


Рисунок 2.1 – Параметры котла VITOPLEX 100:

AGA – выход уходящих газов; E – вентиль опорожнения; KR – обратная магистраль котла; KTÜ – дверь котла; KV – патрубок подающей магистрали; R – отверстие для чистки; SA – патрубок аварийной линии; SCH – смотровое отверстие; a – 1760 мм; b – 1585 мм; c – 1356 мм; d – 495 мм; e – 865 мм; f – 1015 мм; g – 1152 мм; h – 662 мм; k – 172 мм; l – 1440 мм; m – 1058 мм; n – 125 мм; o – 130 мм; p – 1476 мм; q – 224 мм; r – 1830 мм; s – 1940 мм

Принцип работы котла заключается в нагревании до 110 °С теплоносителя и передача этого тепла системе обогрева здания. Вода

превращается в пар при температуре 95 °С, чтобы предотвратить закипание в котле, нужно поддерживать повышенное давление до 0,5 МПа.

Повышенное давление понижает вероятность возникновения пристеночного закипания, а значит образование накипи будет меньше.

Теплоноситель сжигается в топке и, полученная энергия в процессе сжигания, передается воде, которая циркулирует по отопительным трубам. Конструкция спроектирована так, чтобы обеспечивалось максимальное сгорание топлива и оптимальная теплопередача.

Технические характеристики приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики котла VITOPLEX 100

Техническая характеристика	Значение
Тепловая мощность, кВт	620 кВт
Температура уходящих газов, °С	140...215
Температура воды, °С	70...95
Вид топлива	Мазут
Диаметр камеры сгорания, мм	640
Длина камеры сгорания, мм	1405
Давление рабочей среды, МПа	0,1...0,5
Температура в топке котла, °С	1900

Задача регулирования технологического процесса котельного агрегата сводится, в основном, к необходимости поддержания материального и энергетического баланса, при котором он будет работать в постоянном (стационарном) режиме.

Одна из основных задач, связанных с автоматизацией котлоагрегата – автоматическое регулирование экономичности процесса горения. На

экономичность работы котлоагрегата в наибольшей степени влияет режим работы топки, т. е. организация процесса горения топлива. Топливо должно сгорать полностью, а потери, которые появляются при его передаче поверхностям нагрева, должны быть минимальными, поэтому перед задачей регулирования экономичности ставится цель поддержание максимального значения КПД котлоагрегата [20].

2.1 Выбор структуры автоматической системы регулирования

В данной работе регулирование процесса горения осуществляется по схеме «топливо-уходящие газы», поскольку данная система является наиболее простой. Основной задачей при реализации данной схемы является поддержание требуемого расхода топлива для нормального протекания процесса горения и поддержания установленной температуры уходящих газов.

К автоматической системе регулирования предъявляются следующие технические требования:

- система должна выполнять сбор данных о текущем состоянии работы системы, об отклонении регулирования от необходимых значений;
- система должна иметь современные технические средства автоматизации;
- технические средства, которые применяются в системе, должны выполнять все заданные функции и при этом должна учитываться экономичность такой системы.

Расходомер F и датчик температуры T_1 предоставляет контроллеру ПЛК данные о расходе топлива и о температуре уходящих газов. Контроллер передает данные на автоматизированное рабочее место АРМ, а также вырабатывает управляющее воздействие и передает его на пусковое устройство ПУ, усиливающее сигнал для передачи на исполнительный механизм ИМ, который в свою очередь регулирует регулируемый орган PO_2 , а PO_1 управляется непосредственно с контроллера. В топке котла находится датчик температуры T_2 для измерения температуры сгорания и датчик

давления Р для измерения давления внутри топки котла, которые также подключены к ПЛК.

Структурная схема автоматической системы регулирования температуры уходящих газов при сжигании композиционного топлива представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.003 С1.

2.2 Разработка функциональной схемы АСР

Разработку функциональной схемы начинают с анализа объекта управления. После чего делается вывод о назначении, принципе работы объекта, а также должны быть определены входные и выходные данные.

Основные задачи при разработке функциональной схемы:

– сбор информации о состоянии работы системы и ее последующая обработка;

– передача в удобной форме информации персоналу.

Строится функциональная схема в виде условных обозначений.

Внутри контуров условных обозначений технологического оборудования или рядом с ними приводятся поясняющие надписи.

Была разработана функциональная схема АСР температуры уходящих газов при сжигании композиционного топлива. Схема представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.003 С2.

На первом этапе разработки функциональной схемы были определены измерительные каналы (1–4, 7) и каналы управления (5, 6). Сигнал о давлении внутри топки котла поступает в контроллер по каналу 3, о величине расхода топлива по каналу 4. Для передачи информации о значениях температуры в тракте дымоудаления используется унифицированный токовый сигнал, поступающий в контроллер от термопреобразователей сопротивления по каналу 2. Канал 7 передает на контроллер информацию о работе регулирующего органа на топливопроводе. Контроллер формирует регулирующий сигнал, который поступает на пусковое устройство 5в которое приводит в действие привод исполнительного механизма 5а. По каналу 1

формируется сигнал для передачи от термоэлектрических преобразователей, чувствительные элементы которых находятся в топке котла.

На следующем этапе разрабатывается нижняя часть функциональной схемы. Здесь изображаются приборы установленные по месту, щит управления, в котором установлен контроллер, и АРМ оператора.

2.3 Выбор технических средств и составление спецификации

При разработке АСР температуры уходящих газов при сжигании композиционного топлива предпочтение отдавалось отечественным техническим средствам автоматизации. При этом учитывались такие параметры как взаимозаменяемость, сочетаемость приборов, наличие унифицированных сигналов и легкость компоновки на щитовых конструкциях, а также немаловажным критерием является цена. Для удобного сочетания друг с другом предпочтение отдавалось унифицированным системам и однотипным техническим средствам.

При подборе первичных измерительных преобразователей учитывают условия в точке установки прибора должны соответствовать условиям его эксплуатации.

2.3.1 Выбор датчиков температуры

В данной работе измеряется температура в топке котла и температура дымовых газов в тракте дымоудаления.

Для измерения температуры в топке печи, подбираются датчики с диапазоном измерения, позволяющим замерить температуру 1900 °С. Для измерения такой высокой температуры подходят два типа устройств:

Термоэлектрический преобразователь.

Такой тип устройства обладает широким диапазоном температур, простотой изготовления, надежностью и прочностью конструкции.

Пирометр.

Данный тип устройств обладает также широким диапазоном температур, простотой изготовления, мобильностью и надежностью.

Рассмотрим следующие устройства для измерения температуры:

- термоэлектрический преобразователь TBP-0687;
- инфракрасный пирометр ENDURANCE EF;
- инфракрасный пирометр Thermalert 4.0 G5-70-ТК.

Преобразователь TBP-0687 предназначен для измерения температуры в высокотемпературных печах. Представляет собой спай из двух материалов, вольфрам и рений. Рабочий диапазон от 0 °С до 2000 °С (2500 °С кратковременно), обозначение НСХ преобразования – А1, класс допуска 2, показатель тепловой инерции не более 30 с [20].

Инфракрасный пирометр ENDURANCE EF1MНТК предназначен для дистанционных измерений температуры. Имеющийся лазерный прицел точно наводит на объект измерения. Электронный блок оборудован водяным охлаждением. Корпус пирометра выполнен из нержавеющей стали с защитой IP65. Пирометры применяются установки вблизи источников тепла и в агрессивных средах.

Оптическая головка с оптоволоконным кабелем в гибкой оболочке из нержавеющей стали может быть расположена в непосредственной близости от объекта измерений. Пирометр с оптоволоконным кабелем совершенно невосприимчив к воздействию высокой температуры, к электромагнитным и радиочастотным помехам RFI и EMI [21].

Характеристики:

- оптоволоконный соединительный кабель;
- 1 и 2-спектральный диапазон;
- диапазон измерений температуры от 1200 до 3200 °С;
- оптическое разрешение до 100:1;
- время отклика 10 мс;
- лазерный прицел;

- степень защита корпуса IP65 (NEMA-4);
- интерфейсы: Ethernet, Profinet и EtherNet / IP;
- программируемый выход для управления;
- одновременные аналоговые и цифровые выходы;
- гарантийный срок на пирометр составляет 4 года.

Инфракрасные пирометры серии Thermalert 4.0 включают в себя 13 модификаций с различными спектральными диапазонами, в том числе специализированные для измерений температуры металлов, стекла, пластмасс, бумаги и пищевых продуктов.

Thermalert G5-70-ТК – это умный, интегральный пирометр, который применяется в АСУ завода для контроля и измерений параметров технологических процессов [22].

Характеристики:

- диапазон рабочих температур от -40 °С до +2250 °С;
- время отклика: значение до 30 мс;
- гальваническая развязка выходных цепей;
- компенсация температуры окружающей среды в режиме реального времени;
- коммуникация по RS-485;
- рабочая температура окружающей среды -20 °С ... +85 °С;
- диапазон температур 450 °С ... 2250 °С;
- точность измерений $\pm 1\%$ показаний;
- фокусное расстояние 1250 мм.

Из трех перечисленных преобразователей соответствует требованиям термоэлектрический преобразователь ТВР-0687, так как является простым, дешевым и надежным средством измерения температуры.

Для измерения температуры дымовых газов, подбирается термопреобразователь с диапазоном измерения, позволяющим замерить

температуру до 215 °С. Для измерения такой высокой температуры подходят следующие устройства:

Термопреобразователь сопротивления.

У данного типа очень высокая точность измерения и практически линейная характеристика.

Термоэлектрический преобразователь.

Преимущества ТЭП было описано ранее.

В таблице 2.2 определимся с типом термопреобразователя сопротивления.

Таблица 2..2 – Типы термопреобразователя сопротивления

Условное обозначение ТС	Класс допуска	Диапазон измерений, °С
ТСП	В	-50...+200
		-50...+500
ТСМ	В	-50...+150
	С	-50...+180

Из таблицы видно, что для температуры 215 °С подходит только платиновый преобразователь.

Рассмотрим платиновый термопреобразователь сопротивления Метран ТСП-255 [23].

Характеристики:

- измеряемая среда – жидкость, газ;
- номинальная статическая характеристика преобразования – 50П
- диапазон измерения температуры – -50...500 °С;
- рабочее давление – 32 МПа;
- температура окружающей среды – -45...70 °С;
- материал защитной арматуры – сталь 12Х18Н10Т, сталь 10Х17Н13М2Т;
- степень защиты – IP65;

– класс допуска – В.

Определимся с типом термоэлектрического преобразователя. Рассмотрим фрагмент таблицы (таблица 2.3) из каталога отечественного производителя «Метран».

Таблица 2.3 – НСХ чувствительного элемента

НСХ чувствительного элемента	
К	рекомендуется применять до 1000 °С
N	рекомендуется применять до 1200 °С
S	рекомендуется применять до 1300 °С
В	рекомендуется применять до 1600 °С

Рассмотрим термоэлектрический преобразователь с НСХ ТХК Метран-251 [24]:

Характеристики:

- измеряемая среда – жидкость, газ;
- диапазон измерения температуры – -40...+800 °С;
- рабочее давление – 60 МПа;
- температура окружающей среды – -45...+70 °С;
- длина погружной части – 100 мм;
- диаметр погружной части – 8 мм;
- количество рабочих спаев – 2;
- исполнение рабочего спая термопары – изолированный, не изолированный;
- материал защитной арматуры – сталь 12Х18Н10Т, сталь ХН78Т, сталь 10Х17Н13М2Т;
- присоединение М20х1,5;
- степень защиты – IP65.

Для измерения температуры дымовых газов требованиями соответствует термопреобразователь сопротивления Метран ТСП-255, так как

он имеет наименьшую погрешность и оптимальный диапазон температур для измеряемой среды.

2.3.2 Выбор преобразователя давления

Для измерения давления в котле подбирается датчик для измерения давления равного 0,5 МПа.

Рассмотрим следующие датчики избыточного давления.

Общепромышленный преобразователь ПД100-ДИ1,6-111-0,5 избыточного давления, рассчитанный на диапазон давления 0...1,6 МПа, с мембраной из нержавеющей стали присоединительной резьбой М20х1,5, с электроразъёмом DIN43650 и выходным сигналом 4...20 мА. Основная погрешность 0,5 %. Стоимость 4700 рублей [25].

Общепромышленный преобразователь ПД100-ДИ1,0-111-1,0 избыточного давления, рассчитанный на диапазон 0...1,0 МПа, с мембраной из нержавеющей стали присоединительной резьбой М20х1,5, с электроразъёмом DIN43650 и выходным сигналом 4...20 мА. Основной погрешностью 1,0 %. Стоимость 4400 рублей [26].

Микропроцессорный многопредельный малогабаритный датчик давления Метран-55-ДИ обеспечивает измерение величин избыточного давления, нейтральных и агрессивных сред, в том числе кислорода O₂, в унифицированный токовый выходной сигнал или сигнал напряжения 4...20 мА, 0...5 мА, 0...20 мА, 0...10 В, 0...5 В [27].

Характеристики датчика:

- модель датчика – 515;
- P_{min}, МПа – 0,25;
- P_{max}, МПа – 1,0;
- предел допускаемой основной погрешности – 0,25;
- условное обозначение датчика Метран-55-ДИ-515-К-МП-t1-025-1,0 МПа- 42-М20.
- цена базового датчика от 9300 руб.

Из перечисленных преобразователей давления оптимальным будет выбрать датчик ПД100-ДИ1,6-111-0,5, так как он подходит по диапазону измеряемого давления, имеет хорошую точность и цену.

2.3.3 Выбор технических средств измерения расхода

Для измерения расхода существуют следующие типы расходомеров:

- механический расходомер;
- перепадомер;
- ультразвуковой расходомер;
- электромагнитный расходомер;
- кориолисовый расходомер;
- вихревой расходомер.

Для измерения вязких нефтепродуктов подойдут:

Электромагнитный расходомер.

Имеет очень высокую точность показания расхода, быстрое действие и применимость для вычисления расхода агрессивных сред.

Ультразвуковой расходомер.

Обладает широким диапазоном измерения расхода, энергонезависимость и высокая точность измерения.

Кориолисовый расходомер.

Также обладает высокой точностью измерения, измерение расхода сред с высокой вязкостью, простота обслуживания и длительный срок службы.

Рассмотрим ультразвуковой расходомер US-800-31 [28].

Ультразвуковой расходомер предназначен для измерения расхода и объема воды, водных и химических растворов, агрессивных и вязких жидкостей.

- материал: нержавеющая сталь или черная сталь;
- способ присоединения: фланцевый или под сварку;
- температура жидкости: +150 °С;

– максимальное давление: 1,6 МПа.

Выходные сигналы: индикация, архив, интерфейс RS485, частотный 0...1000 Гц /импульсный выход,

Возможности: подсоединение к ПК, ноутбуку, GSM-модему, к контроллерам, регуляторам, вычислителям, в АСУТП и пр.

Поверка на месте эксплуатации без демонтажа первичных преобразователей по беспроливной методике, утвержденной Госстандартом РФ.

Межповерочный интервал 4 года.

Многопараметрический кориолисовый расходомер ЭЛМЕТРО-Фломак.

Расходомер состоит из первичного преобразователя и электронного преобразователя ЭП.

Датчик установлен в трубопровод и преобразует параметры процесса в электрические сигналы, которые поступают в электронный преобразователь. Далее происходит обработка сигналов с датчика и выдача результата на встроенный индикатор, а также происходит суммирование расходов и формирование выходных сигналов (частотные, импульсные, дискретные, токовые (4...20 мА), цифровые) [29].

– модель датчика - S010;

– номинальный массовый расход жидкости – 1,5 т/ч;

– максимальный массовый расход жидкости – 2 т/ч;

– класс точности – 0,1.

Электромагнитный расходомер ЭМИС-МАГ 270.

Предназначен для измерения расхода электропроводных жидкостей, в том числе загрязненных и агрессивных сред.

– максимальный объемный расход – 6,3 м³/ч;

– температура окружающей среды – -40...+50 °С;

– стандарт пылевлагозащиты – IP65;

– напряжение питания 24 В постоянного тока, 220 В переменного тока;

– интервал между поверками – 4 года.

Также данный расходомер поддерживает цифровой сигнал стандарта HART и Modbus RTU, передает выходные данные по аналоговому каналу 4...20 мА, а также поддерживает импульсный и частотный выходной сигнал [30].

Исходя из наших целей и данных, приведенных в таблице, выбираем электромагнитный расходомер ЭМИС-МАГ 270, так как поддерживает необходимый объемный расход, имеет высокую точность.

2.3.4 Выбор исполнительного механизма

Для выбора исполнительного механизма рассчитывается максимальное значение крутящего момента.

Исходные данные:

- внутренний диаметр трубопровода 50 мм;
- максимальный крутящий момент МЭО;

$$M_{\max} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 6,89 \cdot 50 - 338 = 6,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При выборе ИМ типа МЭО должно выполняться условие $M_H > M_{\max}$, по-этому выбираем механизм электрический однооборотный типа МЭОФ-12,5/25-0,25-98.

В качестве регулирующего органа в тракте удаления дымовых газов стоит соленоидный клапан КСЭФ 01/04-250.

Клапан соленоидный предназначен для дистанционного открытия или закрытия потока среды в различных технологических системах. Соленоидный клапан управляется с помощью электрического напряжения, которое подается на индукционную катушку, входящую в состав соленоидного клапана. Эти клапана обладают высоким быстродействием.

В качестве рабочей среды применяется нефтепродукты, агрессивные газы.

- диапазоны давлений: 0,1...1,6 МПа;
- температура среды: -10...+80 °С;
- время открытия: 200...1500 мс;

– время закрытия: 500...2000 мс.

2.3.5 Выбор блока управления исполнительным механизмом

Для управления МЭОФ-12,5/25-0,25-98 используется рекомендованное решение от производителя, а именно использование пускателя бесконтактного реверсивного ПБР-2И и блок усилителя БУ-60 [31].

Функции блока управления:

- управление электродвигателем (пуск, реверс, остановка);
- самодиагностика;
- диагностика ЭИМ;
- защита силовых ключей от короткого замыкания;
- защита от перегрузки по току.

2.3.6 Выбор регулирующего устройства

Рассматривается несколько вариантов:

- ОВЕН 63;
- ЭЛСИМА М03;
- S7-200.

Технические характеристики контроллеров представлены в таблице 2.4 [32-34].

Таблица 2.4 – Технические характеристики контроллеров

Марка контроллера	ОВЕН 63	Элсима М03	SIMATIC-S7-200 (CPU 226)
Напряжение питания	~220 В, 50 Гц; 24 В	~220 В, 50 Гц	~220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность, для переменного тока, ВА	18	20	12

Продолжение таблицы 2.4

Марка контроллера	ОВЕН 63	Элсима М03	SIMATIC-S7-200 (CPU 226)
Параметры встроенного вторичного источника питания, выходное напряжение, В	24±3	24 ± 2,4 В	24±3
Количество дискретных входов	8	20	14
Количество аналоговых входов	8	4	2
Количество дискретных выходов	4	4	10
Количество аналоговых выходов	6	-	1
RS-485	+	+	+
Разрядность АЦП, бит	32	32	32
Среда программирования	Codesys	Codesys	Step7
Цена	15960 руб.	13950 руб.	1443 евро

Выбираем контроллер ОВЕН 63, так как контроллер имеет достаточное количество аналоговых и дискретных входов и выходов и обладает приемлемой ценой.

Выбранные технические средства автоматизации, описанные в данном разделе, представлены в заказной спецификации, представленной на листе с шифром ФЮРА.421000.003 СО1.

3 Проектирование электрической схемы соединений АСР

Схема соединений определяет конструктивное выполнение электрических соединений элементов в изделии. На схеме изображают все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (соединители, платы, зажимы и т. п.) и соединения между ними. Электрические схемы соединений имеют код Э4.

На такой схеме изображаются все элементы информационно-измерительной системы, находящиеся в щите, а также принцип их взаимодействия между собой. Электрическая схема соединений выполнена с применением условных графических изображений.

В центральной части схемы изображен блок контроллера А1. Все устройства находящиеся в щите автоматизации питаются от распределительного щита напряжением 220 В через клеммный блок ХТ1. Различные цепи электрической схемы подключены через автоматические выключатели, которые в свою очередь защищают от перенапряжения в цепи. С помощью клеммного блока ХТ2 технические средства измерения непосредственно подключаются к программируемому логическому контроллеру (ПЛК) А1. Подключение осуществлено в соответствии с требованием производителя, производится с помощью прецизионных резисторов R1-R2, сопротивление которых 100 Ом.

Пусковое устройство ПБР-2И, а также соленоидный клапан КСЭФ 01/04-250 подключаются к ПЛК через аналоговые и дискретные входы и выходы через клеммный блок ХТ3.

Блок контроллера с помощью интерфейса RS-232 соединен с АРМ оператора.

Схема электрическая соединений представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.003 Э4.

4 Проектирование монтажной схемы АСР

Монтажная документация предназначена для выполнения монтажных работ. Эту документацию также используют в процессе эксплуатации, наладке, ремонте и выполнении профилактических работ.

Монтажные схемы показывают, каким образом соединены между собой клеммы или выводы технических средств, расположенных: на конструкции и за пределами конструкций.

В данной работе необходимо разработать монтажную схему автоматизированной системы регулирования расхода жидкого топлива, для этого нужно выполнить следующие этапы:

- нанести на монтажную схему технические средства автоматизации, в соответствии с принятыми обозначениями;
- выбрать проводки для соединения технических средств;
- произвести нумерацию проводников;
- выполнить подключение средств измерения и управления в шкаф автоматизации.

Размещенная таблица в верхнем поле чертежа, поясняет расположение датчиков на оборудовании системы и технологических трубопроводов.

Щит автоматизации изображается условно в виде прямоугольника, в котором показываются блоки зажимов и подключение к ним кабеля.

Характеристика кабелей электропроводки представлены в таблице 4.1 [35].

Таблица 4.1 – Характеристика кабелей электропроводки АСР

№ линии	Марка	Кол-во жил	Номинальное сечение, мм ²
1, 2, 3, 4, 9, 12	КРВГ	4	2,5

Продолжение таблицы 4.1

№ линии	Марка	Кол-во жил	Номинальное сечение, мм ²
5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 16, 17	КРВГ	4	1
14	КРВГ	5	1
15	КРВГ	10	1

Все устройства находящиеся в щите автоматизации питаются от распределительного щита напряжением 220 В через клеммный блок ХТ1 с помощью силового кабеля КРВГ 4х2,5. При входе в щит автоматизации установлен клеммный блок ХТ2, в которые входят проводки, предающие унифицированные и специализированные сигналы от:

- термодары;
- термопреобразователя сопротивления;
- расходомера, установленного на магистрали подачи топлива;
- датчика давления.

От датчиков идут кабели КРВГ 4х1, которые передают информационный сигнал. Все выше перечисленные технические средства подключаются сначала к соединительной коробке КС-10 с помощью кабелей КРВГ 4×1, а далее собираются в единые кабели КРВГ 10×1, который уже подключается в щит автоматизации. Технические средства автоматизации 3а и 4а требуют питания постоянного тока 24 В для этого от щита автоматизации подключен блок питания G1 через кабель КРВГ 4х2,5. Питание 3а и 4а осуществляется по кабелям КРВГ 4х1.

Пусковое устройство ПБР-2И подключается с помощью кабелей КРВГ 5х1 к клеммному блоку ХТ3. Далее от ПБР-2И силовые КРВГ 4х2,5 и информационные КРВГ 4х1 кабели подключаются к исполнительному

механизму МЭОФ-12,5/25. А МЭОФ-12,5/25 для определения крайних положений регулирующего органа ПБР-2И подключается через блок усилителя БУ-60 по кабелю КРВГ 4х1.

Соленоидный клапан КСЭФ 01/04-250 находящийся в тракте дымоудаления соединен по силовому кабелю КРВГ 4х2,5 с клеммный блоком ХТЗ.

Схема монтажная внешних электрических проводок представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.003 С4.

5 Разработка чертежа общего вида щита управления

Щиты систем автоматизации предназначены для размещения на них средств контроля и управления технологическими процессами, контрольно-измерительных приборов, сигнальных устройств, аппаратуры управления, автоматического регулирования, защиты, блокировки, линий связи между ними.

Целью данного этапа является составление комплекта чертежей, необходимых для изготовления щита, монтажа технических средств автоматизации, электрических проводок и эффективной эксплуатации средств автоматизации.

В операторском помещении применим для монтажа средств автоматизации разрабатываемой системы регулирования щит с монтажной панелью (ЩШП).

Для оперативного контроля за ходом технологического процесса разместим в необходимом и достаточном количестве на щите контроллер и сборки зажимов.

В данном случае для размещения средств автоматизации используем щит с задней дверью одиночный, высотой 650 мм, шириной 500 мм и глубиной 150 мм – ЩШП 650x500x150 [36]. Фасадная сторона щитов разбита на два функциональных поля. Разбивка выполнена на основе рационального распределения приборов, органов управления и сигнальной арматуры.

Чертеж общего вида одиночного щита содержит вид спереди, вид на внутренние плоскости, перечень составных частей.

Блок контроллера АС1 рассчитан на монтаж на DIN-рейке на вертикальной панели щита управления, а также выключатель нагрузки QS1, автоматический выключатель QF1, QF2 и реле КМ1. В нижней части панели щита расположены клеммные зажимы ХТ1-ХТ3.

Чертеж общего вида щита управления представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.003 ВО.

6 Расчет параметров настройки регулятора

6.1 Идентификация объекта управления

Идентификацией объекта управления является операция, в результате которой получают математическое описание изменения параметров объекта. В реальной практике применяют активную идентификацию. При активной идентификации на вход системы подается заданный сигнал и отслеживается реакция системы на входное воздействие путем измерения выходного сигнала.

Кривая разгона приведена на рисунке 6.1.

На полученной кривой разгона определяем динамические параметры объекта: постоянная времени, время запаздывание и коэффициент передачи [37].

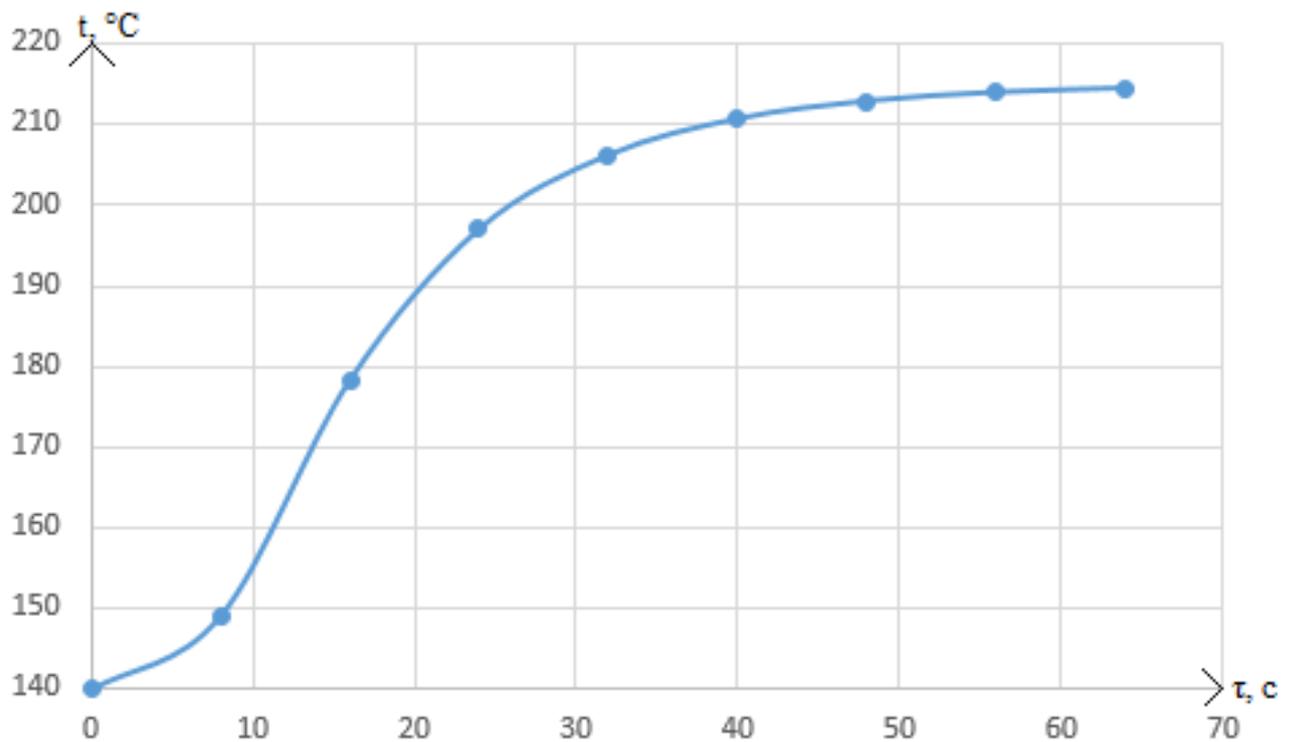


Рисунок 6.1 – Кривая разгона объекта управления, где τ – время, с; t – температура уходящих газов, °C

Передаточная функция для кривой представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

$$W(P) = \frac{k}{TP+1} e^{-P\tau}, \quad (6.1)$$

где k – коэффициент передачи;

P – оператор Лапласа;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени.

Для решения уравнения 6.1 необходимо найти нулевые начальные условия:

$$\begin{cases} h(t) = 0 & 0 \leq t \leq \tau, \\ h(t) = h(\infty) \left[1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right] & t > \tau. \end{cases} \quad (6.2)$$

В этой системе найти две не известные, а именно, постоянная времени T и время запаздывания τ .

Коэффициент усиления $k = \frac{h(T_y)}{A}$, где A – выходное воздействие. Время чистого запаздывания находим из $h(t)$. На графике кривой разгона откладываем две точки А и Б. Точку А определим как $0,33k$, а точка Б определяется как $0,7k$. Постоянная времени T и время запаздывания τ определим по формулам:

$$T = -\frac{t_A - \tau}{\ln(1 - h_A)}, \quad (6.3)$$

$$\tau = \frac{t_B \ln(1 - h_A) - t_A \ln(1 - h_B)}{\ln(1 - h_A) - \ln(1 - h_B)}, \quad (6.4)$$

где t_A и t_B – значение времени при соответствующих точках на кривой;
 h_A и h_B – значение ординат при точках А и Б.

Построим на кривой разгона точки А и Б и найдем неизвестные параметры на рисунке 6.2.

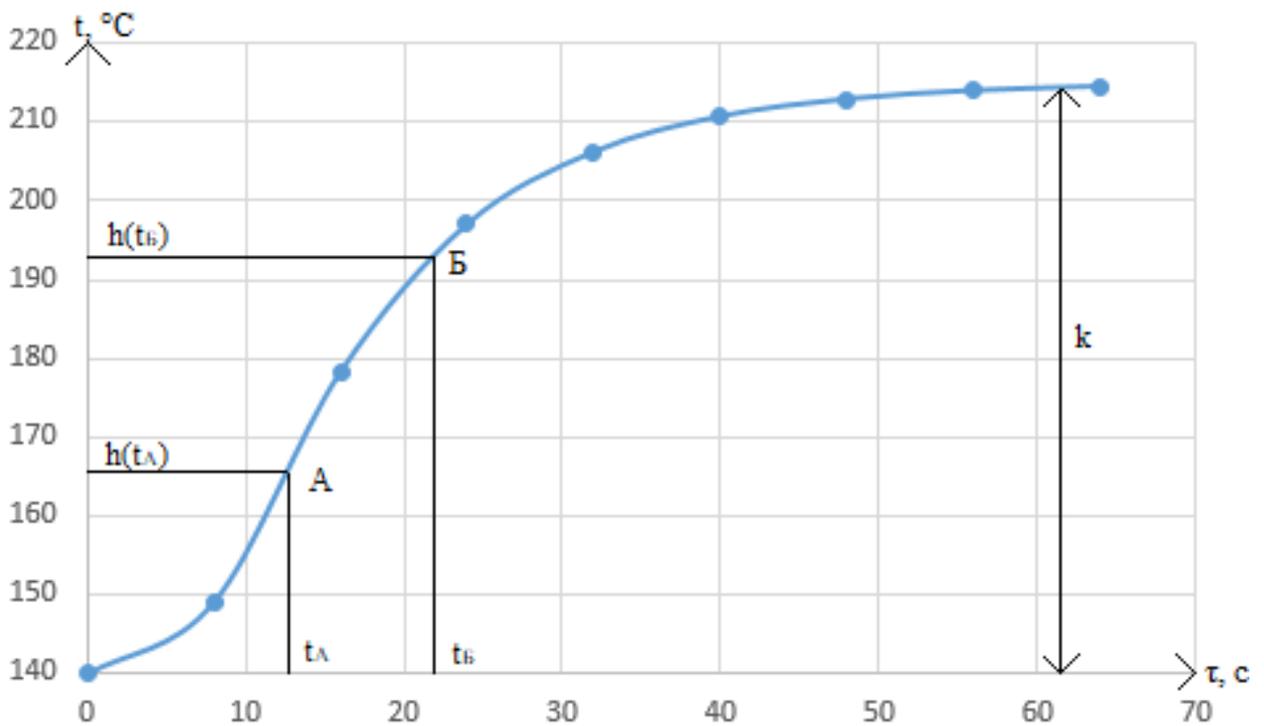


Рисунок 6.2 – Определение точек на кривой разгона для расчета параметров регулятора

Произведем аппроксимацию графика по методу Орманна (для наглядности и точности). Далее определяется время t_B по нормированной переходной функции $H(t)$, которая является корнем уравнения $h(t_B)$ и время t_A и $h(t_A)$. Затем находится время запаздывания τ и постоянная времени T :

$$\tau = 0,5(3t_A - t_B), \quad (6.5)$$

$$T = \frac{t_B - \tau}{1,2} = 1,25(t_B - t_A). \quad (6.6)$$

Определяем значения по графику кривой разгона и подставляем в формулу 6.5 и 6.6:

$$\tau = 0,5 \cdot (3 \cdot 13 - 22) = 8,5 \text{ с},$$

$$T = 1,25 \cdot (22 - 13) = 11,25 \text{ с}.$$

Полученные динамические параметры объекта:

- коэффициент усиления $k = 75 \text{ }^\circ\text{C}$;
- время запаздывания $\tau = 8,5 \text{ с}$;
- постоянная времени $T = 11,25 \text{ с}$.

Передаточная функция согласно формуле 6.1 имеет вид:

$$W(P) = \frac{75}{11,25P+1} e^{-8,5P}.$$

6.2 Расчет параметров настройки регулятора

На рисунке 6.3 представлен вид структурной схемы системы регулирования.

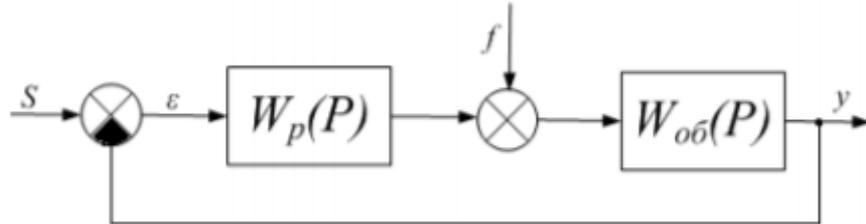


Рисунок 6.3 – Структурная схема системы регулирования

Выполняется расчет системы для степени устойчивости равной $\psi=0,85$.

Определяем значение степени колебательности:

$$m = -\frac{1}{2\pi} \cdot \ln(1-\psi) = -\frac{1}{2\pi} \cdot \ln(1-0,85) = 0,302. \quad (6.7)$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается формулой:

$$W(P) = \frac{75}{11,25P+1} e^{-8,5P}.$$

Определяем РАФЧХ объекта:

$$\begin{aligned} W_{об}(m, i\omega) &= \frac{K \cdot e^{-\tau(-m\omega + i\omega)}}{T \cdot (-m\omega + i\omega) + 1} = \frac{K \cdot e^{m\omega\tau} \cdot e^{-i\omega\tau}}{(1 - T \cdot m \cdot \omega) + i \cdot T \cdot \omega} = \\ &= \frac{K \cdot e^{m\omega\tau} (\cos(\omega\tau) - i \cdot \sin(\omega\tau)) \cdot [(1 - T \cdot m \cdot \omega) - i \cdot T \cdot \omega]}{(1 - T \cdot m \cdot \omega)^2 + T^2 \omega^2} = \\ &= \frac{K \cdot e^{m\omega\tau} [(1 - T \cdot m \cdot \omega) \cdot \cos(\omega\tau) - T \cdot \omega \cdot \sin(\omega\tau)]}{(1 - T \cdot m \cdot \omega)^2 + T^2 \omega^2} - \\ &- i \cdot \frac{K \cdot e^{m\omega\tau} [(1 - T \cdot m \cdot \omega) \cdot \sin(\omega\tau) + T \cdot \omega \cdot \cos(\omega\tau)]}{(1 - T \cdot m \cdot \omega)^2 + T^2 \omega^2}. \end{aligned}$$

Для удобства расчета частотных характеристик введем обозначения:

$$\begin{aligned}
A_1 &= 1 - T \cdot m \cdot \omega; \\
A_2 &= T \cdot \omega; \\
A_0 &= A_1^2 + A_2^2; \\
A_3 &= A_1 \cdot \frac{K}{A_0}; \\
A_4 &= -A_2 \cdot \frac{K}{A_0}; \\
A_5 &= e^{m \cdot \omega \cdot \tau}.
\end{aligned}$$

Тогда выражения для составляющих РАФЧХ будут выглядеть следующим образом:

$$\operatorname{Re}_{o\bar{o}}(m, \omega) = A_5 \cdot [A_3 \cdot \cos(\omega\tau) + A_4 \cdot \sin(\omega\tau)]; \quad (6.8)$$

$$\operatorname{Im}_{o\bar{o}}(m, \omega) = A_5 \cdot [A_4 \cdot \cos(\omega\tau) - A_3 \cdot \sin(\omega\tau)]; \quad (6.9)$$

$$A_{o\bar{o}}^2(m, \omega) = \operatorname{Re}_{o\bar{o}}^2(m, \omega) + \operatorname{Im}_{o\bar{o}}^2(m, \omega). \quad (6.10)$$

Полученная расширенная частотная характеристика объекта представлена в таблице 6.1 в виде листинга расчета. Полученные значения представлены для диапазона частот $0 \dots 0,29 \text{ с}^{-1}$, с шагом по частоте в $0,01 \text{ с}^{-1}$.

Таблица 6.1 – Расширенные частотные характеристики объекта

$\omega, \text{ с}^{-1}$	$\operatorname{Re}_{o\bar{o}}(m, i\omega)$	$\operatorname{Im}_{o\bar{o}}(m, i\omega)$	$A_{o\bar{o}}(m, i\omega)$
0	75	0	75
0,01	78,516	-16,063	80,142
0,02	77,458	-33,707	84,475
0,03	71,218	-51,119	87,666
0,04	60,141	-66,311	89,521
0,05	45,479	-77,709	90,039
0,06	28,960	-84,567	89,388
0,07	12,252	-86,986	87,845
0,08	-3,396	-85,639	85,706
0,09	-17,254	-81,428	83,236

Продолжение таблицы 6.1

ω, c^{-1}	$Re_{o\bar{o}}(m, i\omega)$	$Im_{o\bar{o}}(m, i\omega)$	$A_{o\bar{o}}(m, i\omega)$
0,1	-29,024	-75,231	80,636
0,11	-38,696	-67,781	78,049
0,12	-46,417	-59,628	75,565
0,13	-52,399	-51,163	73,235
0,14	-56,867	-42,650	71,083
0,15	-60,031	-34,262	69,120
0,16	-62,076	-26,108	67,343
0,17	-63,159	-18,257	65,745
0,18	-63,410	-10,749	64,315
0,19	-62,937	-3,609	63,040
0,2	-61,830	3,151	61,910
0,21	-60,163	9,523	60,912
0,22	-57,999	15,502	60,036
0,23	-55,393	21,086	59,270
0,24	-52,389	26,272	58,607
0,25	-49,029	31,057	58,038
0,26	-45,351	35,439	57,556
0,27	-41,389	39,414	57,153
0,28	-37,173	42,979	56,825
0,29	-32,737	46,130	56,566

Для определения настроек ПИ-регулятора используем следующие выражения:

$$\frac{k_p}{T_u} = -\frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot Im_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}, \quad (6.11)$$

$$k_p = -\frac{m \cdot Im_{o\bar{o}}(m, \omega) + Re_{o\bar{o}}(m, \omega)}{A_{o\bar{o}}^2(m, \omega)}, \quad (6.12)$$

где T_u – постоянная интегрирования;

K_p – коэффициент передачи.

Для заданного запаса устойчивости $\psi = 0,85$ по таблице соответствия оценок запаса устойчивости определяем $m = 0,302$, задаем начальную частоту $\omega = 0$ и шаг по частоте $\Delta\omega = 0,01$. Проведем расчет в диапазоне частот от 0 до $0,29 \text{ с}^{-1}$. Результаты расчетов представлены в таблице 6.2 в виде листинга расчета.

Таблица 6.2 – Значение параметров ПИ – регулятор

$\omega, \text{ с}^{-1}$	K_p	K_p / T_u
0	-0,013	0
0,01	-0,011	0,0000283
0,02	-0,009	0,0001071
0,03	-0,006	0,0002262
0,04	-0,004	0,0003753
0,05	-0,002	0,0005434
0,06	0	0,0007200
0,07	0,002	0,0008947
0,08	0,004	0,0010576
0,09	0,006	0,0011994
0,1	0,008	0,0013119
0,11	0,010	0,0013878
0,12	0,012	0,0014209
0,13	0,013	0,0014062
0,14	0,014	0,0013399
0,15	0,015	0,0012197
0,16	0,015	0,0010445
0,17	0,016	0,0008142
0,18	0,016	0,0005304

Продолжение таблицы 6.2

ω, c^{-1}	K_p	K_p / T_u
0,19	0,015	0,0001956
0,2	0,015	-0,0001864
0,21	0,015	-0,0006112
0,22	0,014	-0,0010730
0,23	0,013	-0,0015654
0,24	0,012	-0,0020815
0,25	0,011	-0,0026137
0,26	0,009	-0,0031540
0,27	0,008	-0,0036942
0,28	0,006	-0,0042259
0,29	0,004	-0,0047409

Для визуализации строится график полученных параметров (см. рисунок 6.4).

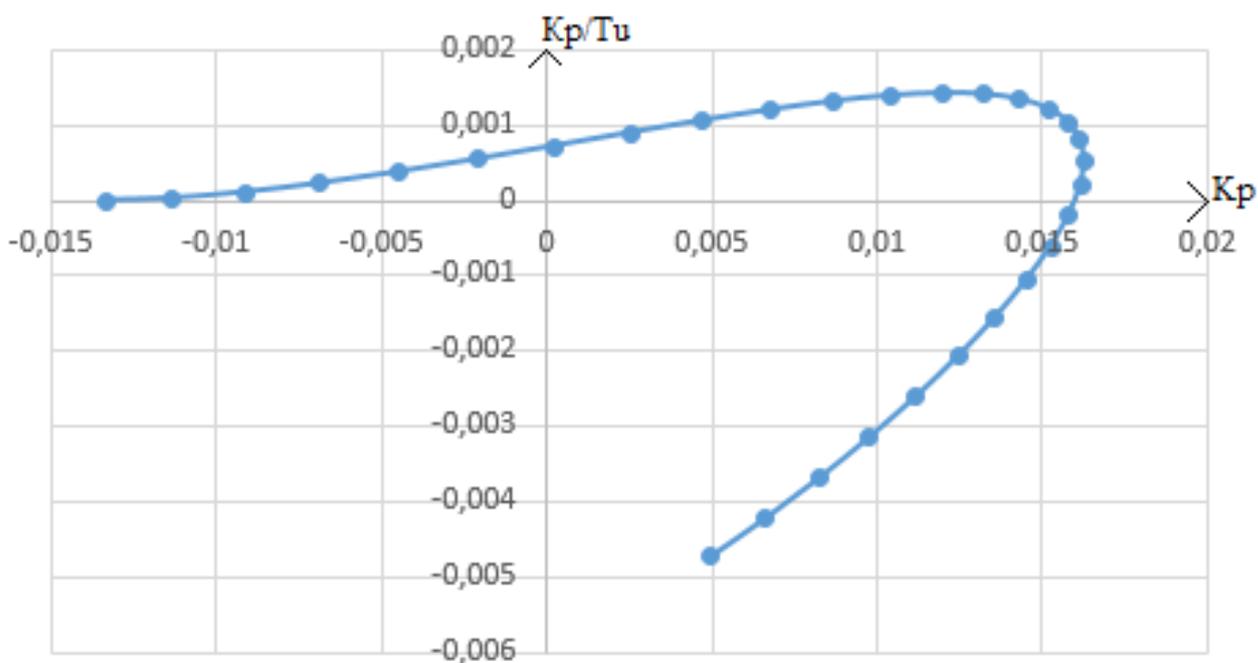


Рисунок 6.4 – Параметры настройки ПИ-регулятора

В качестве критерия качества используется первая интегральная оценка. Минимальное значение этой оценки соответствует точке с максимальным

значением соотношения K_p/T_u на линии заданного запаса устойчивости. Из таблицы 6.2 определяем:

$$\max\left(\frac{K_p}{T_u}\right) = 0,001566 \quad K_p = 0,013417, \text{ резонансная частота } \omega = 0,13 \text{ с}^{-1}.$$

Определяем значение постоянной интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{K_p / T_u} = 8,56 \text{ с.} \quad (6.13)$$

Произведем оценку качества переходного процесса в замкнутой системе при возмущении, которое идет по каналу регулирующего воздействия.

Передаточная функция будет иметь вид:

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)}, \quad (6.14)$$

где $W_p(P)$ – передаточная функция регулятора;

$W_{об}(P)$ – передаточная функция объекта.

Переходный процесс, идущий в замкнутой системе по каналу задающего воздействия, рассчитывается по методу трапеций. Для расчета переходного процесса определим вещественную частотную характеристику системы. На рисунке 5 представлен график вещественной частотной характеристики.

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega, \quad (6.15)$$

где $Re(\omega)$ – вещественная частотная характеристика системы;

ω – частота;

t – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности расчета в качестве верхнего предела интеграла применяется не бесконечность, а значение, при котором значение вещественной частотной характеристики системы стремится к 0. Из рисунка 6.5 определяем это значение. Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,33} \frac{\text{Re}(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega.$$

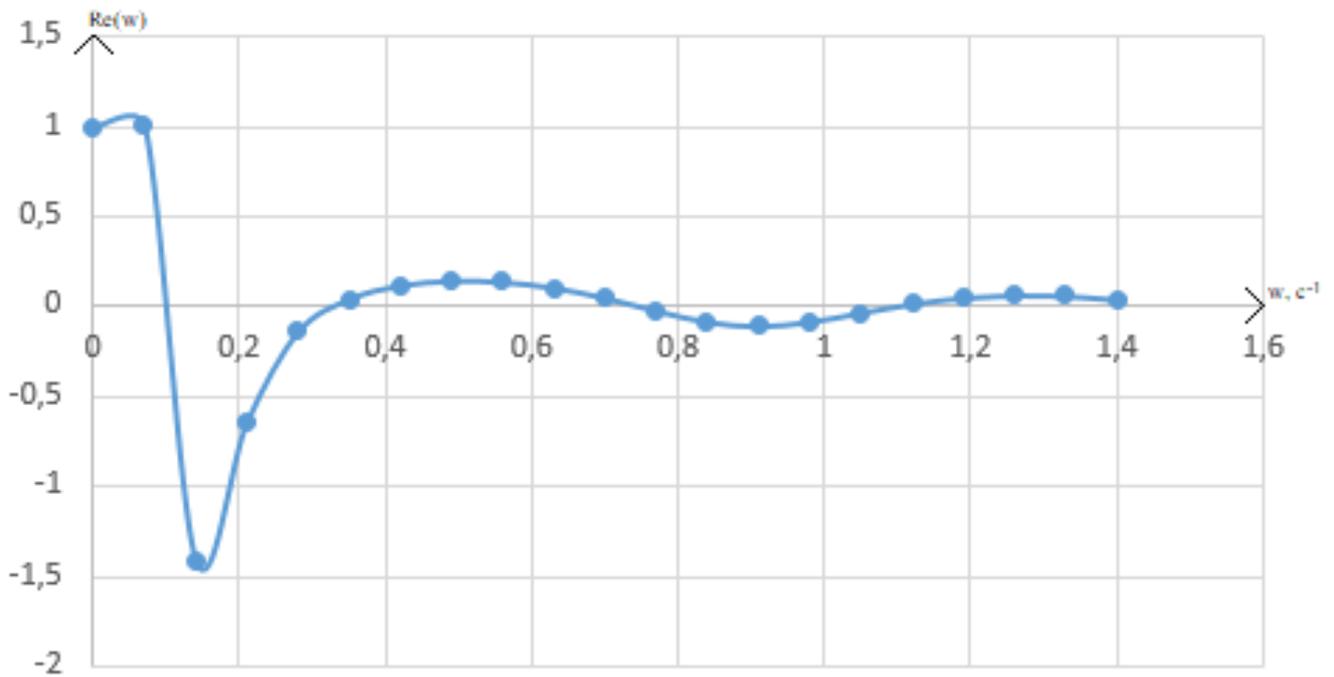


Рисунок 6.5 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

На рисунке 6.6 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса была произведена прямая оценка качества регулирования. Благодаря этой оценке можно сделать вывод о том, насколько система удовлетворяет требованиям, предъявленным к системе.

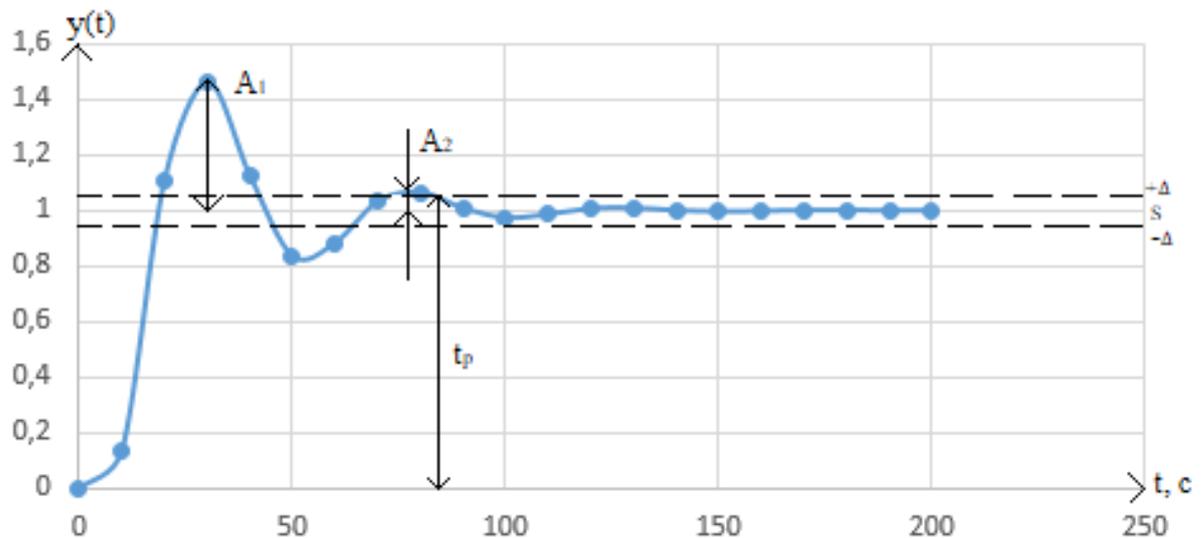


Рисунок 6.6 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

С использованием графика определяются прямые оценки качества:

1. Максимальная динамическая ошибка:

$$A_1 = 0,464. \quad (6.16)$$

2. Перерегулирование:

$$\sigma = \frac{A_1}{y(\infty)} \cdot 100 = \frac{0,464}{1} \cdot 100 = 46,4 \%, \quad (6.17)$$

где $y(\infty) = S$ – уровень установившегося значения регулируемой величины при времени переходного процесса t ;

3. Степень затухания переходного процесса:

$$\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,065}{0,464} = 0,86. \quad (6.18)$$

4. Статическая ошибка:

$$\varepsilon_{CT} = S - y(\infty) = 1 - 1 = 0. \quad (6.19)$$

5. Время регулирования: при величине $\Delta = 0,05 \cdot y(\infty) = 0,05$,

$$t_p = 85 \text{ с}. \quad (6.20)$$

По полученным оценкам можно сделать вывод, что переходные характеристики АСР по каналу задающего воздействия имеют приемлемые показатели качества. Статическая ошибка получилась равной нулю, что характерно при использовании И-закона регулирования. Степень затухания соответствует принятой.

7 Разработка мнемосхемы проекта

Мнемосхема – это совокупность сигнальных устройств и изображений оборудования и внутренних связей контролируемого объекта. Мнемосхемы располагают на диспетчерских пультах, операторских панелях или выполняются на персональном компьютере. Мнемосхемы помогают оператору, который работает в условиях большого количества поступающей информации, облегчить процесс информационного поиска, подчинив его определенной логике, диктуемой реальными связями параметров контролируемого объекта. Главные требования предъявляемые к мнемосхеме регламентируются ГОСТом 21480-76. Система "человек-машина". Мнемосхемы. Общие эргономические требования [38]:

- 1) Мнемосхема должна состоять из элементов, которые необходимы для управления и контроля объекта.
- 2) Элементы наиболее существенные для контроля и управления, они выделяются размерами, формой, цветом.
- 3) Элементы мнемосхемы должны быть понятными и интуитивными, хорошо видимыми.

В данном проекте программный код автоматической системы регулирования был написан с помощью ПО Codesys. Codesys – это современный инструмент для программирования контроллеров.

Визуализация программы проводилась с использованием ПО MasterSCADA. MasterSCADA – одна из ведущих российских SCADA-систем для АСУТП. Предназначена для задач учета и диспетчеризации объектов промышленности, ЖКХ и зданий. Использование системы позволяет осуществлять как автоматизацию, так и диспетчеризацию процессов.

В приложении А представлен листинг кода программы.

На рисунке 7.1 представлено главное окно. На мнемосхеме серый цвет ламп обозначает отключенное состояние, зеленый включенное, красный сигнал означает опасность.

В центральной части мнемосхема содержит условное изображение технологического процесса с указанием ключевых параметров. В левом верхнем углу расположены кнопки включения режимов работы. В нижней части расположен блок аварий.

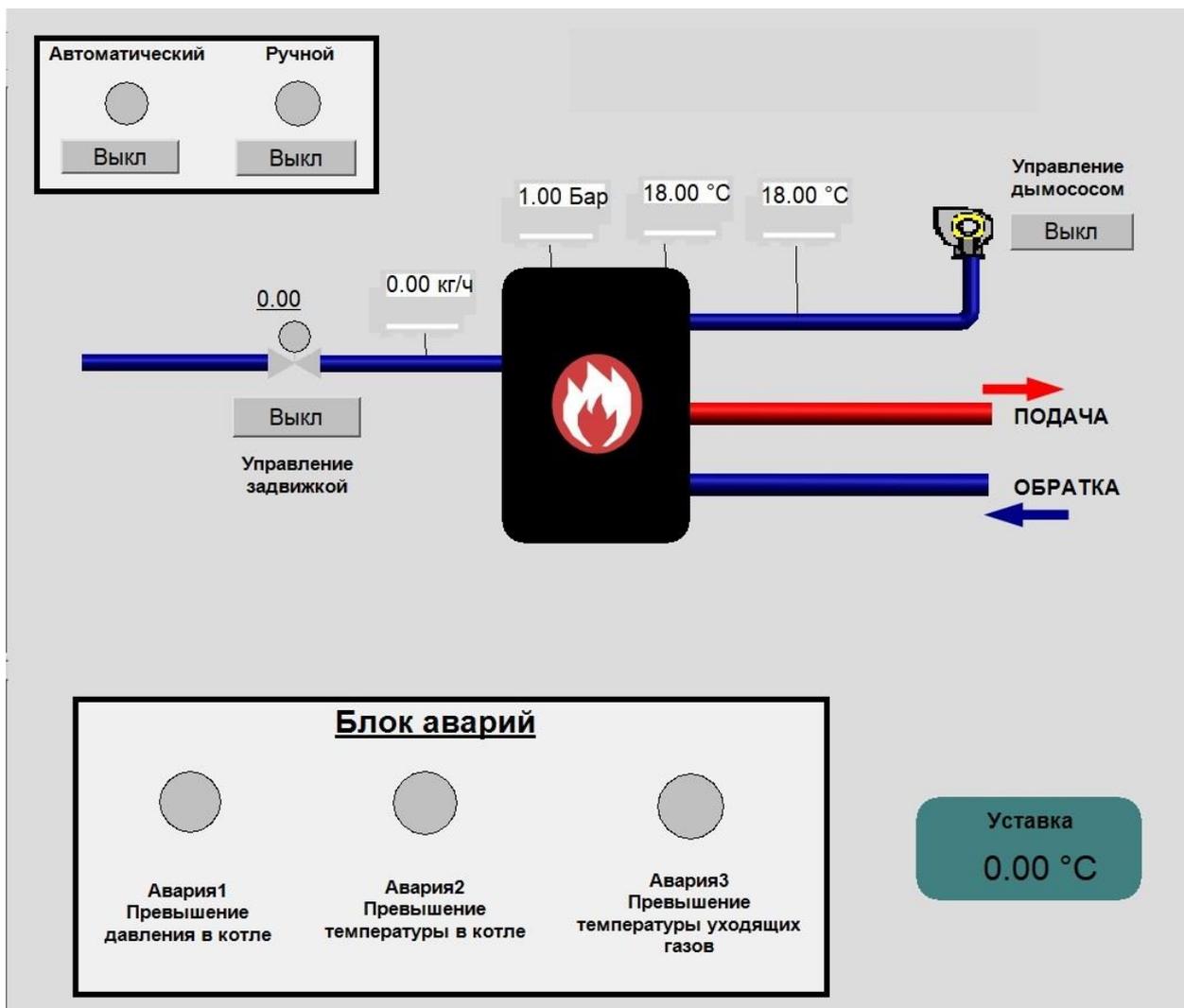


Рисунок 7.1 – Главное окно мнемосхемы

Произведена проверка работоспособности программного обеспечения. Для этого была запущена программа в CoDeSys и эмуляция проекта в MasterSCADA. В качестве демонстрации работоспособности схемы было произведено тестирование программы в автоматическом режиме для этого была нажата кнопка «автоматический вкл.». После этого откроется задвижка (горит красный индикатор) и дымосос (горит желтый индикатор). Над регулирующим органом показывается доля открытия задвижки в зависимости

от максимального расхода топлива. Регулирование расхода топлива происходит в зависимости от заданной уставки, которая задается в панели «уставка», в данном случае задано значение 180. Данная уставка была принята с целью определения работоспособности программы. При включение автоматического режима кнопки являются неактивными.

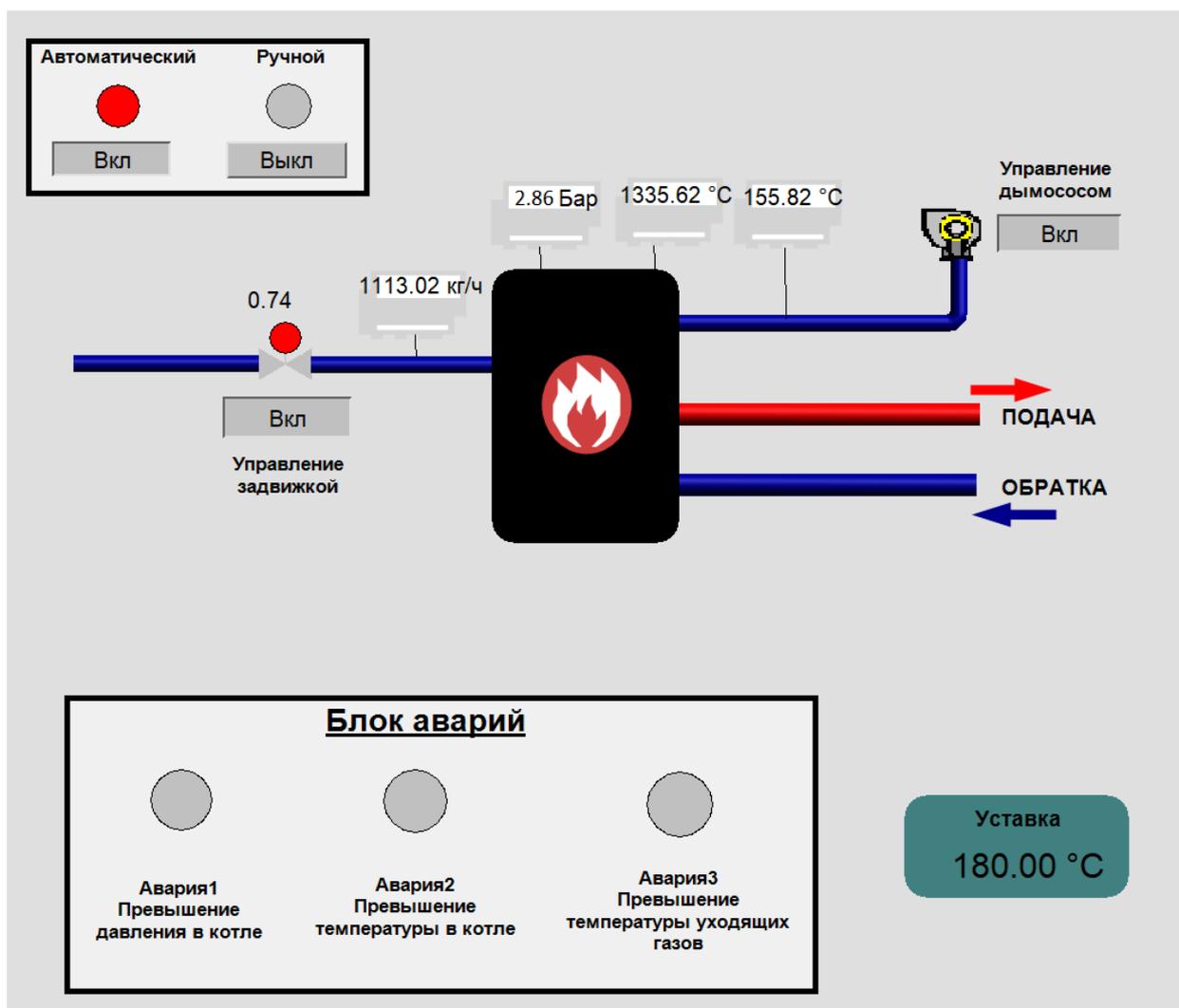


Рисунок 7.2 – Тестирование программы в автоматическом режиме

Для запуска в ручном режиме необходимо сначала в автоматическом режиме подать сигналы для отключения автоматического режима. Затем включить ручной режим. Нажать кнопку включения дымососа и кнопку включения задвижки. С помощью данных кнопок происходит процесс регулирования температуры уходящих газов в ручном режиме.

На рисунке 7.3 продемонстрирована работа ручного режима в случае возникновения аварийной ситуации. При отключении дымососа начнет резко возрастать давление, что приведет к включению индикатора аварии 1 – превышение давления в топке котла.

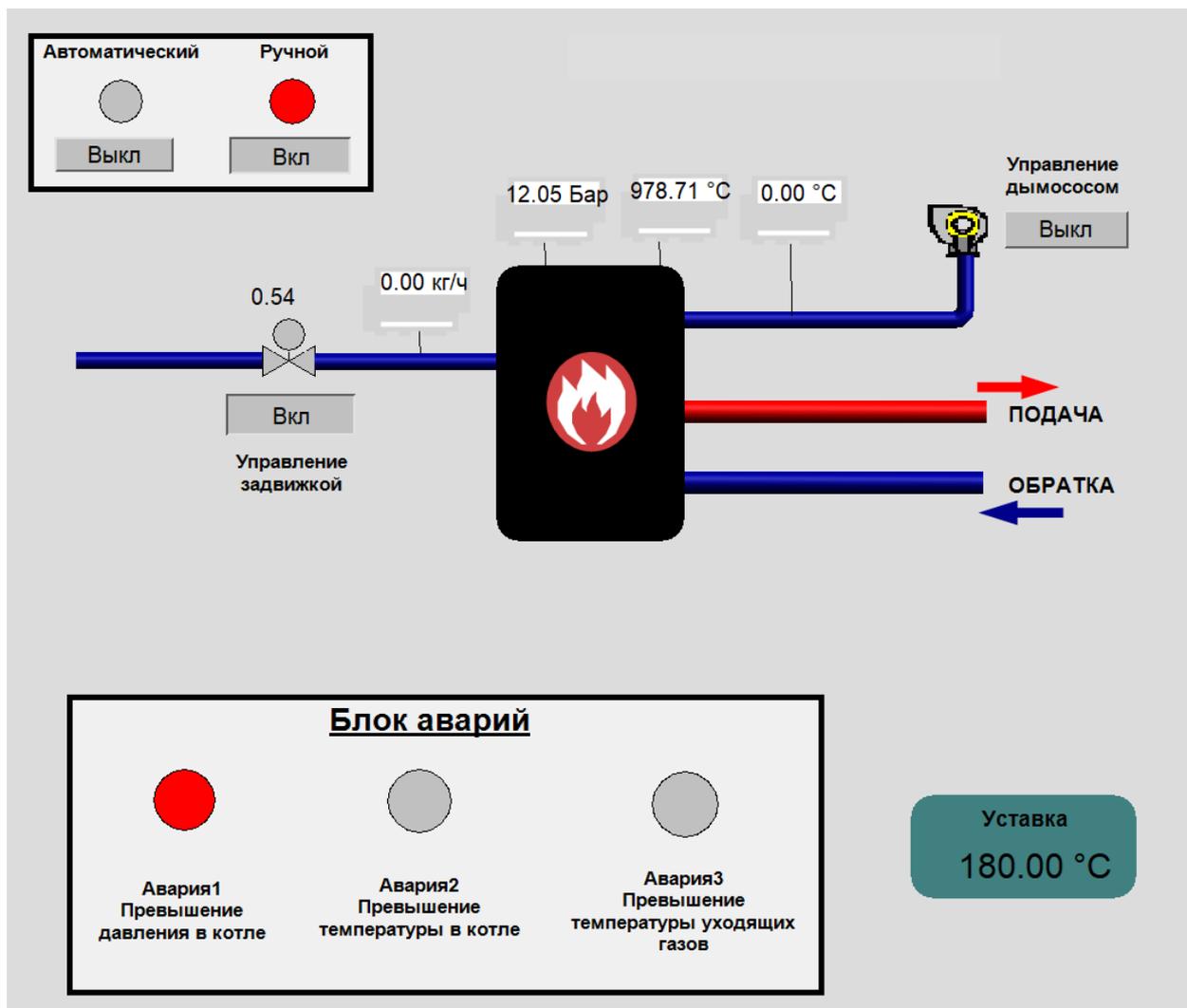


Рисунок 7.3 – Аварийная ситуация при работе системы в ручном режиме

В данном разделе была описана реализация программной части автоматической системы регулирования температуры уходящих газов водогрейного котла на основе композиционного топлива на языке программирования ST с использованием среды программирования CoDeSys, а также осуществлено сопряжение программы ПЛК и ЭВМ для передачи данных с ПЛК в SCADA-систему с использованием OPC-сервера, встроенного в систему среды CoDeSys.

Для учета управления процессом и мониторинга значений был разработан операторский интерфейс на основе SCADA-системы. Полученная система позволяет реализовывать управление как в автоматическом, так и в ручном режиме.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Грудачеву Игорю Алексеевичу

Школа	ИШЭ	НОЦ	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Тема ВКР:

Автоматическая система управления процессом сжигания композиционного топлива	
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	– Цена 1 л. мазутного топлива составляет 69 руб. – Должностной оклад инженера (И) – 12000 руб., научного руководителя (НР) – 40000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	– Районный коэффициент – 1,3.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	– Отчисления в социальные фонды 30 % от фонда оплаты труда (ФОТ).
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	– Описание потенциальных потребителей. – SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	– Планирование работ и оценка их выполнения. – Разработка диаграммы Ганта. – Смета затрат на проект.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	– Смета затрат на оборудование. – Оценка экономической эффективности проекта.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Диаграмма Ганта	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	Доцент, к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Грудачев Игорь Алексеевич		

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью написания данного раздела является анализ финансово-экономических аспектов разработанной автоматической системы управления процесса сжигания топлива в качестве горючего материала используется композиционное топливо. Данная система является достаточно востребованной благодаря использованию перспективного вида топлива.

Для выполнения данной задачи необходимо:

- составить перечень работ и оценить время их выполнения;
- составить смету затрат на проект;
- определить экономическую эффективность проекта.

8.1 Оценка коммерческого потенциала исследования

В качестве потенциального потребителя данного вида топлива выступают тепловые электростанции (ТЭС).

Осуществим SWOT – анализ, который позволяет оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие достижению успеха научного исследования.

Сильные и слабые стороны исследования представлены в таблице 8.1

Таблица 8.1 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Возможности
С1. Уникальность системы; С2. Экономия топлива; С3. Данная система является экономически выгодной, ресурсоэффективной; С4. Система является перспективной; С5. Утилизация отходов угле- и нефтепереработки; С6. Снижение антропогенных выбросов.	В1. Использование во многих отраслях; В2. Появление большого спроса на продукцию.
Слабые стороны	Угрозы
Сл1. Сложное оборудование; Сл2. Определение эффективных условий зажигания.	У1. Превышение температуры в камере сгорания; У2. Неполное выгорание топлива.

По указанным данным видно, что возможности и сильные стороны системы способствуют развитию спроса.

Неполное выгорание топлива сказывается на количестве выработанного тепла, износостойкости оборудования, а также на антропогенные выбросы (SO_x и NO_x).

Что касается слабых сторон, то система каждый год все больше исследуется, разрабатываются новые экспериментальные подходы и методики.

8.2 Планирование работ и оценка времени выполнения

При организации процесса реализации проекта необходимо планировать занятость каждого из участников и сроки проведения работ. Для оценки времени выполнения проекта необходимо составить перечень всех выполняемых работ и время, затраченное на их выполнение. Для этого был создан перечень работ и отдельных этапов в рамках разработки проекта, а также приведены исполнители по каждому виду работ, а также их загруженность (таблица 8.2).

Таблица 8.2 – Перечень работ и загруженность исполнителей

Наименование работ	Исполнители	Загрузка
Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель	100 %
Анализ литературы	Инженер	100 %
	Научный руководитель	30 %
Проведение экспериментальных исследований	Инженер	100 %

Продолжение таблицы 8.2

Наименование работ	Исполнители	Загрузка
Анализ результатов исследования	Инженер	100 %
	Научный руководитель	50 %
Разработка схемотехнической документации, подбор оборудования	Инженер	100 %
	Научный руководитель	10 %
Проектирование мнемосхемы	Инженер	100 %
	Научный руководитель	10 %
Оформление пояснительной записки ВКР	Инженер	100 %
Проверка проекта	Инженер	100 %
	Научный руководитель	80 %

Ожидаемая продолжительность работ оценивается с помощью опытно-статистического метода. Для расчета ожидаемой продолжительности работ воспользуемся экспертным способом, для этого воспользуемся следующей формулой:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3t_{\text{min}} + 2t_{\text{max}}}{5}, \quad (8.1)$$

где t_{min} – минимальное значение продолжительности работ, дн.;

t_{max} – максимальное значение продолжительности работ, дн.

Для построения линейного графика проведения работ необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет длительности в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \quad (8.2)$$

где $t_{ож}$ – вероятное (ожидаемое) значение продолжительности работ, дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающих влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, принимаем равным 1;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных издержек и согласование работ, принимаем равным 1.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к}, \quad (8.3)$$

где $T_{к}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (8.4)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни (365);

$T_{вд}$ – выходные дни (104);

$T_{пд}$ – праздничные дни (14).

$$T_{к} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205.$$

По данным таблицы 1 составлена продолжительность этапов работ и их трудоемкость по исполнителям, занятым на каждом этапе (таблица 8.3). Также построена диаграмма Ганта (таблица 8.4).

Таблица 8.3 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям, чел.- дн.			
					$T_{рд}$		$T_{кд}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1	2	1,4	1,4	–	1,69	–
Анализ литературы	НР, И	4	7	5,2	1,56	5,2	1,88	6,27
Проведение экспериментальных исследований	И	20	30	24	–	24	–	28,92
Анализ результатов исследования	НР, И	5	10	7	3,5	7	4,22	8,44
Разработка схемотехнической документации, выбор оборудования	НР, И	14	21	16,8	1,68	16,8	2,02	20,24
Проектирование мнемосхемы проекта	НР, И	7	10	8,2	0,82	8,2	0,99	9,88
Оформление пояснительной записки ВКР	И	5	12	7,8	–	7,8	–	9,4
Проверка проекта	НР, И	5	7	5,8	4,64	5,8	5,59	6,99
Итого:				76,2	13,6	74,8	16,39	90,14

Таблица 8.4 – Диаграмма Ганта

Номер этапа	Этап работы	Исполнители	Т _{кд}	Продолжительность выполнения работ										
				Март			Апрель			Май			Июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1,69											
2	Анализ литературы	НР	1,88											
		И	6,27											
3	Проведение экспериментальных исследований	И	28,92											
4	Анализ результатов исследования	НР	4,22											
		И	8,44											
5	Разработка схемотехнической документации, выбор оборудования	НР	2,02											
		И	20,24											
6	Проектирование мнемосхемы проекта	НР	0,99											
		И	9,88											
7	Оформление пояснительной записки ВКР	И	9,4											
8	Проверка проекта	НР	5,59											
		И	6,99											

На основе анализа составленной диаграммы Ганта (таблица 8.4) можно сделать вывод, что продолжительность работ составляет 11 декад, начиная с первой декады марта и заканчивая второй декадой июня. Можно предположить, что объем работ, в ходе исследования, может быть увеличен или наоборот сокращен, в зависимости от полученных результатов.

8.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

8.3.1 Расчет материальных затрат

Под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на материалы, расходуемые непосредственно в процессе выполнения работ. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи. Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов (5...20 %).

Таблица 8.5 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4 500 листов	240	1 уп.	240
Картридж для принтера	1700	1 шт.	1700
Мазутное топливо	69	20 л.	1380
Итого:			3320

Допустим, что транспортно-заготовительные работы (ТЗР) составляют 7 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны:

$$K_{\text{мат}} = 2223 \cdot 1,07 = 3552 \text{ руб.}$$

8.3.2 Расчет затрат на заработную плату

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

выполняемой работы, а также выплаты компенсационного и стимулирующего характера. Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Затраты на заработную плату рассчитываются в рублях как:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж}^{\phi} + ЗП_{нр}^{\phi}, \quad (8.5)$$

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

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

Рассчитаем месячную заработную плату инженера и научного руководителя:

$$ЗП_{инж}^м = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2; \quad (8.6)$$

$$ЗП_{нр}^м = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (8.7)$$

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

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

$ЗП_0$ – месячный оклад (инженер 12000 руб., научный руководитель 40000 руб.);

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск, равен 1,1;

K_2 – районный коэффициент равен 1,3.

$$ЗП_{инж}^м = 12000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 17160 \text{ руб.};$$

$$ЗП_{нр}^м = 40000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 57200 \text{ руб.}$$

Фактическая заработная плата рассчитывается в рублях:

$$ЗП_{\phi} = \frac{ЗП_{мес}}{24} \cdot n^{\phi}, \quad (8.8)$$

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

24 – среднее число рабочих дней в месяце;

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

Инженер:

$$ЗП_{инж}^{\phi} = \frac{17160}{24} \cdot 101 = 72215 \text{ руб.}$$

Научный руководитель:

$$ЗП_{нр}^{\phi} = \frac{57200}{24} \cdot 101 = 240717 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату:

$$K_{з/пл} = 72215 + 240717 = 312932 \text{ руб.}$$

8.3.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, в нашем случае:

$$K_{соц} = K_{з/пл} \cdot 0,3; \quad (8.9)$$

$$K_{соц} = 340013 \cdot 0,3 = 93880 \text{ руб.}$$

8.3.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$K_{эл} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_э, \quad (8.10)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_э$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_э = 5,748$ руб/кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется из расчета, что продолжительность рабочего дня инженера составляет 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} \cdot K_t, \quad (8.11)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени.

В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} \cdot K_c, \quad (8.12)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности равен 1.

Таблица 8.6 – Расчет затрат на технологическую электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования, час	Потребляемая мощность, кВт	Затраты, руб.
Персональный компьютер	1000	0,5	2874
Итого:			2874

Таким образом, затраты на электроэнергию $K_{эл} = 2874$ руб.

8.3.5 Расчет амортизационных расходов

В данной статье рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется формула:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.тех}}{T_{кал}} \cdot C_{тех} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \quad (8.13)$$

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

$T_{кал}$ – календарное время;

$C_{тех}$ – цена техники;

$T_{сл}$ – срок службы техники.

Амортизационные отчисления за персональный компьютер составляют:

$$K_{\text{ам}} = \frac{101}{365} \cdot 70000 \cdot \frac{1}{5} = 3874 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации 3874 руб.

8.3.6 Расчет прочих расходов

Прочие затраты принимаются как 10 % от суммы материальных затрат и от суммы всех предыдущих расходов:

$$K_{\text{проч}} = (K_{\text{мат}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{соц}} + K_{\text{эл}} + K_{\text{ам}}) \cdot 0,1. \quad (8.14)$$

В данном случае:

$$K_{\text{проч}} = (3552 + 312932 + 93880 + 2874 + 3874) \cdot 0,1 = 41711 \text{ руб.}$$

8.3.7 Расчет накладных расходов

Накладные расходы – расходы на хозяйственное обслуживание лаборатории и управление процессом экспериментов, являющиеся дополнительными к основным затратам и наряду с ними включаемые в издержки производства. Накладные расходы принимаются в размере 200 % от затрат на заработную плату.

$$K_{\text{накл}} = (K_{\text{мат}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{соц}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (8.15)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$K_{\text{накл}} = 410364 \cdot 0,16 = 65658 \text{ руб.}$$

В таблице 8.8 представлена смета затрат на проект.

Таблица 8.8 – Смета затрат на проект

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	3552
Затраты на заработную плату	312932
Затраты на социальные нужды	93880
Затраты на электроэнергию	2874

Продолжение таблицы 8.8

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Амортизационные отчисления	3874
Прочие затраты	41711
Накладные расходы	65658
Итого	524481

Таким образом, затраты на разработку $C = 524481$ руб.

8.4 Смета затрат на оборудование и монтажные работы

В таблице 8.9 представлен перечень используемого оборудования в проекте и его стоимость.

Таблица 8.9 – Смета затрат на оборудование

Наименование	Стоимость, руб.	Количество, шт.
ПЛК ОВЕН 63	12390	1
Термоэлектрический преобразователь ТВР-0687	13500	1
Термопреобразователь сопротивления Метран ТСР-255 цена	22490	1
Общепромышленный преобразователь ПД100-ДИ1,6-111-0,5 избыточного давления	4700	1
Соленоидный клапан КСЭФ 01/04-250	53790	1
Исполнительный механизм	19000	1

Продолжение таблицы 8.9

Наименование	Стоимость, руб.	Количество, шт.
Электромагнитный расходомер ЭМИС-МАГ 270	37500	1
Пусковое устройство	5700	1
Кабель КРВГ 4х1	5000	10
Кабель КРВГ 4х2,5	4800	5
Кабель КРВГ 5х1	600	1
Кабель КРВГ 10х1	1050	1
Компьютер	70000	1
Итого	240520	26

Затраты на монтажные работы и транспортировку оборудования составляют 15 % от суммы затрат на технические средства и рассчитываются в рублях:

$$I_{\text{МОНТ}} = 0,15 \cdot I_{\text{Об}}, \quad (8.16)$$

где $I_{\text{Об}}$ – затраты на оборудование.

$$I_{\text{МОНТ}} = 0,15 \cdot 240520 = 36079 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на оборудование, монтажные работы и транспортировку:

$$I = I_{\text{Об}} + I_{\text{МОНТ}} = 524481 + 36079 = 560560 \text{ руб.}$$

8.5 Определение экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта.

Поскольку данная работа в первую очередь носит исследовательский характер, поэтому в данном случае возможно использование только относительных оценок.

Использование композиционного топлива позволяет снизить расход мазутного топлива до 20 %. Исходя из этого, можно сделать вывод, что при пересчете на 1 литр сжигаемого топлива получаем следующий экономический эффект, который определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = I_{\text{м.т.}} - I_{\text{к.т.}} \quad (8.17)$$

где $I_{\text{т.т.}}$ – издержки производства при использовании мазутного топлива;

$I_{\text{к.т.}}$ – издержки производства при использовании композиционного топлива.

Цена одного литра мазутного топлива с учетом ТЗР составляет 69 руб., следовательно, стоимость эквивалентного количества эмульгированного топлива составляет 55,2 руб., таким образом, предполагаемый экономический эффект при производстве соответствующего количества тепловой энергии:

$$\mathcal{E} = 69 - 55,2 = 13,8 \text{ руб.}$$

Данная оценка носит лишь приблизительный характер, для более точной оценки экономического эффекта требуется проведение дополнительных исследований на реальных энергетических установках.

В данном разделе был выполнен анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения научно-исследовательской работы. Потенциальными потребителями разрабатываемой системы являются тепловые электростанции. Данная система является конкурентноспособной благодаря своим преимуществам: сниженные антропогенные выбросы, повышенная динамика

процесса горения, высокая пожаровзрывобезопасность по сравнению с традиционным топливом. Были проанализированы слабые и сильные стороны работы, способы устранения их и использования для продвижения исследовательской работы. Был проведен прогноз внешних угроз и возможностей, учитывая которые можно повысить конкурентоспособность данного проекта. В данном разделе было произведено распределение обязанностей по научно-исследовательской работе и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. Общая продолжительность работ составила 101 день. Также был сформирован бюджет затрат НИИ, который составил 524481 руб.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Грудачеву Игорю Алексеевичу

Школа	Отделение (НОЦ)
Уровень образования	Направление/специальность
Бакалавриат	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

Автоматическая система управления процессом сжигания композиционного топлива	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является автоматическая система управления процессом сжигания композиционного топлива водогрейного котла. Данная система поддерживает постоянную температуру подачи топлива до 110 °С.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	1.1 Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ; 1.2 ГОСТ 22614-77 «Система "человек-машина". Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования»; 1.3 ГОСТ 22615-77 «Система "человек-машина". Выключатели и переключатели типа "Тумблер»; 1.4 ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009 «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 2. Дисплеи»; 1.5 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»; 1.6 ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание 7.
2. Производственная безопасность: 2.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи; 2.2 Повышенный уровень электромагнитных излучений; 2.3 Отклонение показателей микроклимата; 2.4 Недостаточная освещённость рабочей зоны; 2.5 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.
3. Экологическая безопасность:	3.1 Выбросы вредных (SOx, NOx) веществ в окружающую среду.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	4.1 Взрыв и, как следствие, воспламенение близлежащих территорий.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень/ звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Грудачев Игорь Алексеевич		

9 Социальная ответственность

Разработана автоматическая система управления процессом сжигания композиционного топлива.

В качестве объекта исследования был выбран водогрейный котел VITOPLEX 100 немецкой компании Viessman с номинальной мощностью 620 кВт. Котел имеет высокую надежность и эксплуатационную безопасность благодаря использованию высококачественных материалов и современных методов сварки и имеет следующие габаритные размеры:

- общая длина – 1940 мм;
- общая ширина – 1015 мм;
- общая высота – 1585 мм.

На рисунке 9.1 представлен водогрейный котел VITOPLEX100.



Рисунок 9.1 – Водогрейный котел VITOPLEX 100

Тема является актуальной, поскольку использование композиционных жидких топлив позволит вовлечь в теплоэнергетику большие объемы отработанных нефтепродуктов различных энергоустановок. Это дает нам ряд преимуществ:

1. Утилизация многочисленных отходов угле- и нефтепереработки [39].

2. Снижение антропогенных выбросов ТЭС в атмосферу (оксиды серы и азота) [40-42].

3. Обеспечивает высокую пожаровзрывобезопасность основного оборудования, агрегатов, систем и ТЭС в целом при топливоподготовке, транспортировке, разгрузке и хранении, а также очистке и транспортировке дымовых газов.

9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Социальная направленность работы заключается в создании проекта технологического объекта, удовлетворяющим современным требованиям в области охраны труда.

Основная цель охраны труда – организация производства таким образом, чтобы исключались или сводились к минимуму травматизм и профессиональные заболевания работников, создание на рабочих местах соответствующих условий труда.

Согласно ТК РФ, N 197 - ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда [43];
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом [43];
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов [43];
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности [43];

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя [43];
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя [43];
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания [43];
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра [43];
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда [43];
- повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя [43].

В ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» приведены нормы температуры. Для рассматриваемого объекта в холодный период года оптимальная температура принимается от 20 до 22 °С, в тёплый период года – от 22 до 25 °С [44].

Далее приведены основные требования к элементам рабочей зоны.

Основными средствами для управления автоматической системы являются кнопочные переключатели. ГОСТ 22614-77 «Система "человек-машина". Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования» регламентирует форму и размеры данных приводных элементов. Для разработанной системы, согласно данному

нормативу, приводной элемент должен быть рассчитан под указательный палец и частоту нажатий не более десяти раз в минуту [45].

Переключение режимов работы автоматической системы осуществляется с помощью тумблера. ГОСТ 22615-77 «Система "человек-машина". Выключатели и переключатели типа "Тумблер". Общие эргономические требования» регламентирует форму и размеры такого типа переключателей. Длина используемого в проекте приводного элемента должна быть равна 10 мм, а усилие необходимое для перемещения – 2 Н [46].

Расположение дисплея, используемого в разработанной системе, а также параметры выводимых на нём символов определяются по ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009 «Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 2. Дисплеи» [47].

В проекте, при наличии персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ), предусмотрена SCADA-система, позволяющая управлять процессом регулирования. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» определяет санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации ПЭВМ [48].

9.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих вероятность воздействия на работающих опасных травмирующих производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности.

Для выявления потенциально вредных и опасных факторов, обращаемся к ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [49].

В таблице 9.1 приведены опасные и вредные факторы при эксплуатации автоматической системы управления сжигания композиционного топлива.

Таблица 9.1 – Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 [50] ПУЭ. Правила устройства электроустановок [51].
2. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+		+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 училищ, школ интернатов, детских домов, дошкольных, внешкольных и других учебно-воспитательных учреждений» [52]
3. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 30494-2011 [44]
4. Недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [53] СниП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» [54]

Продолжение таблицы 9.1

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
5. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия [55]

9.3 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

9.3.1 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Электромагнитное поле (ЭМП) создается магнитными катушками отклоняющей системы, находящимися около цокольной части электроннолучевой трубки монитора. ЭМП обладает способностью биологического, специфического и теплового воздействия на организм человека. Микропроцессы, протекающие в организме под действием излучений, за ориентации их параллельно электрическим силовым линиям, что может приводить к изменению свойств молекул, особенно для человеческого организма важна поляризация молекул воды. Таким образом, степень воздействия ЭМП на организм человека зависит от интенсивности облучения, длительности воздействия и диапазона частот.

Длительное и систематическое воздействие на человека полей вызывает:

- повышенную утомляемость;
- головную боль;
- сонливость и т.д.

На территории Российской Федерации действуют СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования персональным электронно-вычислительным машинам организации работы», который устанавливает санитарно-эпидемиологические требования к персональным электронно-вычислительным машинам (ПЭВМ) и условиям труда [52].

Меры безопасности при работе на рабочем месте:

- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитноцифровых знаков и символов;
- работа на ЭВМ не более 6 часов в день с перерывами через 1 час.

При повышенном уровне напряженности полей следует сократить время работы за компьютером, делать пятнадцатиминутные перерывы в течение полутора часов работы и, конечно же, применять защитные экраны. Защитный экран, изготавливаемый из мелкой сетки, стекла или полимера с металлизированным покрытием, так как он сочетает защитные свойства с оптической прозрачностью. Металлизированный слой представляет собой очень тонкую прозрачную пленку с полупроводниковыми свойствами, нанесенную на полимерную или силикатную подложку. Пленка создает защитный эффект благодаря электронной проводимости. Она отличается высокой степенью механической и химической стойкостью. Подобный экран обеспечивает снижение эффективности воздействия от электромагнитных волн и статического электричества. По мере возможности в рабочем помещении необходимо установить жидкокристаллический монитор, в нем полностью отсутствуют электромагнитное излучение и мерцание [56].

9.3.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Согласно СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» для лабораторий научно-исследовательских учреждений норма освещенности составляет от 300 до 500 люкс [54]. Рекомендуется рабочие места по отношению к световым проемам располагать так, чтобы естественный свет падал сбоку слева, но допускается и правостороннее расположением окон [56].

Выбор источников света зависит от характера работы, условий среды, размеров помещения.

Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения. Удобство в эксплуатации, т. е. включение в сеть без дополнительных устройств, отсутствие периода разгорания и простота изготовления ламп в широком диапазоне мощностей делает эти лампы пока ещё очень распространёнными. Эти источники света рекомендуется применять в помещениях, где производятся относительно грубые работы (нормированная освещённость до 50 лк).

Люминесцентные лампы используются при необходимости создания особо благоприятных условий для зрительной работы (при выполнении точных работ, в учебных заведениях, при работах, требующих различения цветовых оттенков).

Одним из элементов, влияющих на комфортные условия работающих, является освещение. К нему предъявляются следующие требования:

- соответствие уровня освещенности рабочих мест характеру выполняемой работы;
- достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях в окружающем пространстве;
- отсутствие резких теней, прямой и отраженной блеклости;
- постоянство освещенности по времени;
- оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;

– долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасности, эстетичность, удобство и простота в эксплуатации.

При использовании люминесцентного освещения вследствие пульсации светового потока восприятие движущегося объекта может искажаться. Это проявляется в том, что движущийся объект кажется неподвижным или множественным, состоящим из ряда мнимых изображений. Это явление получило название стробоскопического эффекта. Стробоскопический эффект представляет определённую опасность и может явиться причиной несчастного случая. Для устранения этого эффекта необходимо использовать светильники с несколькими люминесцентными лампами, включёнными в разные фазы трёхфазной сети, либо использовать схемы с искусственным смещением фазы.

В рассматриваемом помещении к установке приняты люминесцентные лампы.

9.3.3 Отклонение параметров микроклимата

Микроклимат помещений для легкой категории работ включает определенную температуру и влажность. Нормы метеорологических условий учитывают время года и характер производственного помещения. В СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» приведены нормы метеусловий для категорий работ по тяжести Ia [57]:

Холодный период: температура воздуха – от 22 до 24 °С; относительная влажность воздуха – от 40 до 60 %.

Теплый период: температура воздуха – от 23 до 25 °С; относительная влажность воздуха – от 40 до 60 %.

Метеорологические условия для рабочей зоны производственных помещений регламентируются ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [58] и СанПиН 2.2.4.548-

96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [57].

Рассматривая вопросы охраны труда людей, работающих в лаборатории, нельзя обойтись без рассмотрения вопроса вентиляции помещения. Вентиляция предназначена для создания на рабочем месте нормальных метеорологических и гигиенических условий за счет организации правильного воздухообмена.

Проанализировав имеющуюся в помещении вентиляцию можно сказать, что:

- по способу перемещения воздуха она является естественной неорганизованной;
- по назначению она осуществляет удаление (вытяжку) воздуха из помещения;
- по месту действия она является общеобменной.

Количество приточного воздуха при естественном проветривании должно быть не менее 30 м³/ч на одного человека, при объеме помещения приходящегося на него менее 20 м³, что не выполняется. Следовательно, следует либо применить другой тип вентиляции, например, принудительную, либо устанавливать кондиционеры.

9.3.4 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Производственной пылью – это взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы. Многие, виды производственной пыли представляют собой аэрозоль [59].

Производственная пыль является одним из широко распространенных вредных факторов, негативно сказывающихся на здоровье работающих. Многие вещества, попадая в организм, приводят к острым и хроническим отравлениям. Способность вещества вызывать вредные действия на жизнедеятельность организма называют токсичностью [59].

Источниками выделения производственной пыли могут быть офисная бумага, выделяющая в воздух микроскопические элементы, содержащие целлюлозу, и, являющиеся очень мощным аллергеном, ковровые покрытия, выделяющие в воздух пары формальдегида, а также принтеры и ксероксы, выделяющие при работе в воздух частицы тонера, содержащие бензол или стирол [59]. Воздух рабочей зоны регламентируется ГОСТом 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [58]. Согласно этому ГОСТу рабочее помещение имеет IV группу (малоопасные).

Неблагоприятное воздействие пыли на организм может быть причиной возникновения заболеваний. Обычно различают специфические (пневмокониозы, аллергические болезни) и неспецифические (хронические заболевания органов дыхания, заболевания глаз кожи) пылевые поражения [59].

Для поддержания оптимального ионного состава воздуха, обеспыливания и обеззараживания воздуха в помещении рекомендовано применение:

- ионизаторов воздуха;
 - общей и местной вытяжной вентиляции помещений и рабочих мест
- [59].

Для предотвращения выделения вредных веществ в рабочую зону рекомендуется перейти к использованию предметов, изготовленных из безопасных материалов, использовать очистители воздуха, а также проводить уборку в офисе с применением специальных чистящих средств [59].

9.3.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Электробезопасность в офисе обеспечивается техническими способами и средствами защиты, а так же организационными и техническими мероприятиями.

Основные причины поражения человека электрическим током на рабочем месте:

- прикосновение к металлическим нетоковедущим частям (корпусу, периферии компьютера), которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции;
- нерегламентированное использование электрических приборов;
- отсутствие инструктажа сотрудников по правилам электробезопасности.

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.030-81* «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление» для защиты сотрудников необходимо использовать в электроустановках с заземленной нейтралью зануление.

Согласно требованиям ГОСТ 12.1.038-82* «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов», предлагается обеспечить нормальный режим электроустановки, в котором напряжение прикосновения не должно превышать 2 В, а значение тока, протекающего через тело человека – 0,3 мА.

Основным организационным мероприятием по обеспечению безопасности является инструктаж и обучение безопасным методам труда, а также проверка знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе электрическое разделение сетей.

9.4 Экологическая безопасность

Загрязнение окружающей среды – это изменение естественного состава элементов окружающей среды в результате деятельности человека. Оно приводит к ухудшению условий жизни населения, существования животного и растительного мира.

Выбросы загрязняющих веществ химических промышленных предприятий, обусловленные процессами производства синтетических веществ, являются одним из основных источников загрязнения атмосферы. Объемы вредных выбросов связаны с качеством и количеством продукции.

Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.

Негативное влияние вредных компонентов, выбрасываемых в атмосферу химическим промышленным предприятием, на здоровье населения, флору и фауну, объекты и сооружения не ограничивается территорией, прилегающей к источникам выбросов, а распространяется на сотни и тысячи километров. Поэтому в настоящее время загрязнение окружающей среды приобретает глобальный характер, а расходы на ее охрану стали соизмеримы с величиной экологического ущерба.

Для снижения количество вредных выбросов в атмосферу необходимо контролировать предельно допустимую концентрацию вредных веществ в производственных помещениях промышленного объекта.

Таким образом, для снижения выбросов токсических веществ и повышения экологической эффективности промышленных предприятий реализуются несколько направлений, среди которых можно выделить:

- выполнение природоохранных мероприятий;
- использование мероприятий по энергосбережению;
- внедрение экологического мониторинга;
- стимулирование развития научных исследований и практического применения новейших научных достижений и научно-технических разработок.

9.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном разделе проведем краткий анализ возможных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть при эксплуатации проектируемого решения.

С наибольшей вероятностью в мазутной котельной может возникнуть ЧС, причинами возникновения которой могут быть взрывы, а также сопровождающее их неконтролируемое воспламенение близлежащих территорий.

Наиболее вероятным источником такого рода ЧС является большое скопление производных нефти, складированных в больших емкостях. Часть нефтепродуктов, переходя в газообразную фазу и перемешиваясь с воздухом, образуют крайне легко воспламеняемую смесь газов.

Источники возникновения подобных ЧС представляют собой нарушения техники безопасности. В качестве таких нарушений могут выступать следующие действия: курение в взрывоопасной зоне, разжигание открытого огня и пожар, вызванный искрой. Источниками искр могут служить работающие электрических устройств, столкновение стального оборудования, статический поверхностный заряд на поверхностях металлических конструкций, свободно образующийся в результате движения жидкого топлива вдоль их стенок.

Поэтому основная часть мероприятий по охране труда здесь направлена на предупреждение пожаров и взрывов, и связанных с ними человеческих жертв, гибели или порчи имущества, оборудования.

На всех производственных, складских и вспомогательных помещениях, а также у наружных сооружений вывешивают таблички с указанием:

- категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности;
- класса взрывоопасных или пожароопасных зон по правилам устройства электроустановок.

Все объекты нефтехозяйства оборудуют молниезащитой от прямых ударов молнии, вторичных проявлений в виде наведенной электромагнитной индукции и от заноса высоких потенциалов по наземным и подземным коммуникациям, а также заземляют все металлическое оборудование.

На территории нельзя пользоваться открытым огнем и курить, ее содержат в чистоте, траву скашивают и в зеленом виде удаляют.

Резервуары для хранения нефтепродуктов (бывают надземного и подземного типов) размещают группами. На них наносят надписи, предупреждающие о виде хранимого топлива: надземные — на корпусах резервуаров, подземные — у муфт для подсоединения напорно-всасывающих рукавов автоцистерн.

Наружные резервуары устанавливают вертикально или горизонтально (в зависимости от их конструкции и вместимости) на фундаментах согласно проекту размещения, разработанному проектной организацией.

По периметру каждой группы наземных резервуаров выполняют или замкнутую земляную обваловку шириной по верху не менее 0,5 м, или ограждающую стенку из негорючих материалов, способную выдержать гидростатическое давление разлившихся нефтепродуктов. Высоту обваловки или стенки принимают для группы резервуаров вместимостью до 4000 м³ (соответствует нефтебазам сельскохозяйственных предприятий) — 0,8 м для вертикальных резервуаров и 0,5 м — горизонтальных. Для входа на территорию резервуаров через обваловку или стенки устанавливают лестницы-переходы с перилами, пандусы.

Каждый резервуар снабжают дыхательными, предохранительными клапанами, огневыми предохранителями (их состояние проверяют не реже двух раз в месяц при плюсовой температуре окружающего воздуха и не реже одного раза в 10 дней — при отрицательной), приемо-раздаточными патрубками и хлопушками, сифонным водоспускным краном, люком-лазом,

люком-замерным, вентиляционными патрубками (все это проверяют каждый раз при пользовании, но не реже одного раза в месяц).

Все технологическое оборудование хранения и выдачи нефтепродуктов должно быть герметичным. При наличии утечек эксплуатировать его нельзя, течь следует немедленно устранить.

Резервуары наполняют топливом закрытым способом, падающей струей — нельзя (большое парогазообразование и усиленное накопление статического электричества). Сливные рукава должны быть маслобензостойкими и токопроводящими или иметь устройство для отвода статического электричества.

Заполняют резервуары не более чем на 95 % их емкости, а топливо из них расходуют только до сохранения остатка мазута не менее 5 % от нормы заполнения (за исключением случаев, когда проводят полное опорожнение для очистки стенок резервуаров, контроля состояния внутренних поверхностей, ремонта, изменения вида хранимого топлива).

Автоцистерну во время слива топлива присоединяют гибким металлическим проводником с помощью струбцины или болтом к заземляющему устройству.

Автоцистерны для перевозки топлива, прицепные цистерны оборудуют устройствами для отвода статического электричества (металлическая цепь, касающаяся земли концом до 200 мм) и средствами пожаротушения. Выпускную трубу автомобиля с искрогасителем выводят под радиатор и закрепляют так, чтобы отработавшие газы направлялись к земле под углом 45°.

Случайно пролитые на землю нефтепродукты засыпают землей, пропитанный нефтепродуктами песок и промасленные обтирочные материалы собирают в металлические ящики с плотно закрывающимися крышками в искробезопасном исполнении и по окончании рабочего дня вывозят с территории.

9.6 Заключение по разделу социальная ответственность

Данный раздел имеет важную роль в автоматической системе управления сжигания композиционного топлива, так как социальная ответственность заключается не только в удовлетворении интересов индивидов или организации, но и интересов, ценностей и целей широких социальных групп и общества в целом. Дает понять важность перед обществом нравственного долга и правовых норм при разработке проекта. Раздел направлен не для извлечения максимальной выгоды с проекта, а для создания наиболее благоприятных условий для рабочих и обслуживающего персонала, для снижения рисков ЧС и контроля влияния на окружающую среду.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана автоматическая система управления процесса сжигания композиционного топлива. Спроектированная система является двухуровневой. Полевой уровень включает датчики измерения температуры и расхода, а также запорную арматуру и исполнительные механизмы. На среднем уровне располагается контроллер.

В ходе выполнения дипломного проекта была разработана проектная документация: схема структурная, схема функциональная, электрическая схема соединений, схема монтажная и общий вид щита.

Создана модель сжигания композиционного топлива в камере сгорания котла.

В пояснительной записке к выпускной квалификационной работе содержится подробное описание выбора основного оборудования, этапов разработки конструкторской документации и мнемосхемы. Кроме того, произведен расчет параметров настройки регулятора и определены прямые оценки качества, выполнены разделы «Социальная ответственность» и «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Tripathi, A. K. Selective production of valuable hydrocarbons from waste motorbike engine oils via catalytic fast pyrolysis using zeolites / A. K. Tripathi, D. K. Ojha, R. Vinu // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. – 2015. – Vol. 114. – P. 281–292. 9. Lam, S. S. Catalytic microwave pyrolysis of waste engine oil using metallic pyrolysis char / S. S.
2. Lam, R. K. Liew, C. K. Cheng, H. A. Chase // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 2015. – Vol. 176–177, No. 1. – P. 601–617. 10.
3. Chayka, O. G. Monitoring the formation of waste oils / O. G. Chayka, O. Z. Kovalchuk, Y. A. Chayka // *Proceedings Scientific Works*. – 2009. – P. 221–224
4. Nikolaichuk, L. A. Prospects of ecological technologies development in the Russian oil industry / L. A. Nikolaichuk, P. S. Tsvetkov // *International Journal of Applied Engineering Research*. – 2016. – Vol. 11, No. 7. – P. 5271–5276.
5. Kapustina, V. System analysis of waste oil management in Finland / V. Kapustina, J. Havukainen, T. Virkki-Hatakka, M. Horttanainen // *Waste Management & Research*. – 2014. – Vol. 32, No. 4. – P. 297–303.
6. Burdukov, A. P. Mechanical activation of micronized coal: Prospects for new combustion applications / A. P. Burdukov, V. I. Popov, M. Yu. Chernetskiy, A. A. Dekterev, K. Hanjalic // *Applied Thermal Engineering*. - 2014. - Vol. 74. – P. 174–181.
7. Kim, R.-G. Intrinsic reaction kinetics of coal char combustion by direct measurement of ignition temperature / R.-G. Kim, C.-H. Jeon // *Applied Thermal Engineering*. – 2014. – Vol. 63. – P. 565–576.
8. Bartoňová, L. Unburned carbon from coal combustion ash: An overview / Lucie Bartoňová // *Fuel Processing Technology*. – 2015. – Vol. 134. – P. 136–158.

9. Глушков, Д. О. Органоводоугольное топливо: проблемы и достижения (обзор) / Д. О. Глушков, П. А. Стрижак, М. Ю. Чернецкий // Теплоэнергетика. – 2016. – № 10. – С. 31–41. 19.
10. Ходаков, Г. С. Водугольные суспензии в энергетике / Г. С. Ходаков // Теплоэнергетика. – 2007. – № 1. – С. 35–45.
11. Glushkov, D. O. Burning Properties of Slurry Based on Coal and Oil Processing Waste / D. O. Glushkov, S. Y. Lyrshchikov, S. A. Shevyrev, P. A. Strizhak // Energy & Fuels. – 2016. – Vol. 30, No. 4. – P. 3441–3450.
12. Glushkov, D. O. Influence of organic coal-water fuel composition on the characteristics of sustainable droplet ignition / D. O. Glushkov, D. P. Shabardin, P. A. Strizhak, K. Yu. Vershinina // Fuel Processing Technology. – 2016. – Vol. 143. – P. 60–68.
13. Вершинина, К. Ю. Низкотемпературное зажигание отходов переработки угля в виде органоводоугольных топливных композиций: диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: 01.04.17 / Вершинина Ксения Юрьевна. Томск, - 2016. – 191 с.
14. Вершинина, К. Ю. Отличия характеристик зажигания водугольных суспензий и композиционного жидкого топлива / К. Ю. Вершинина, Д. О. Глушков, Г. В. Кузнецов, П. А. Стрижак // Химия твердого топлива. – 2016. – № 2. – С. 21–33.
15. Nyashina, G. S. Environmental potential of using coal-processing waste as the primary and secondary fuel for energy providers / G. S. Nyashina, J.C. Legros, Strizhak P. A. // Energies. – 2017. – Vol. 10, No. 3 – P. 405.
16. Dmitrienko, M. A. Environmentally and economically efficient utilization of coal processing waste / M. A. Dmitrienko, P. A. Strizhak // Science of the Total Environment. 2017. – Vol. 598. – P. 21–27.
17. Dmitrienko, M. A., Environmental indicators of the combustion of prospective coal water slurry containing petrochemicals / M. A. Dmitrienko, G. S.

Nyashina, P. A. Strizhak // Journal of Hazardous Materials. – 2017. – Vol. 338. – P. 148– 159.

18. Viessmann. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.viessmann.ru/ru/zilye-zdania/gazovye-vodogrejnye-kotly/nizkotemperaturnye-gazovye-vodogrejnye-kotly/vitoplex-100.html/> свободный. – Загл. с экрана.

19. Математическая модель котла как объекта управления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/21/2174/> свободный. – Загл. с экрана.

20. Терморара. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://терморара.org/pribor/preobrazovatel-termoelektricheskiy-tvr-0687/> свободный. – Загл. с экрана.

21. Теккно. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tekno.ru/product/statsionarnye-ik-pirometry/endurance-ef/> свободный. – Загл. с экрана.

22. Теккно. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tekno.ru/product/statsionarnye-ik-pirometry/hermalert-4-0/> свободный. – Загл. с экрана.

23. Мопра. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mopra.ru/item/datchiki-temperaturey/termopreobrazovately-soprotivleniya-metran-tsp-255/> свободный. – Загл. с экрана.

24. Мопра. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mopra.ru/item/datchiki-temperaturey/терморара-metran-251/> свободный. – Загл. с экрана.

25. InSAT. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://insat.ru/prices/info.php?pid=7582/> свободный. – Загл. с экрана.

26. InSAT. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://insat.ru/prices/info.php?pid=7581/> свободный. – Загл. с экрана.

27. Теплоприбор. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--90ahjlrccsjdm.xn--p1ai/catalog/metran-55/> свободный. – Загл. с экрана.
28. Encont. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.us800.ru/price_rashodomer.htm/ свободный. – Загл. с экрана.
29. Элметро. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elmetro.ru/production/flowmeters/elmetro_flomac.html/ свободный. – Загл. с экрана.
30. ЭМИС. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://emis-kip.ru/ru/prod/elektromagnitnyj_rashodomer/ свободный. – Загл. с экрана.
31. Теплоприбор. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://xn--90ahjlrccsjdm.xn--p1ai/catalog/price-list_meo_mekhanizm_ispolnitelnyj_cena/ свободный. – Загл. с экрана.
32. Овен. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/plk63> свободный. – Загл. с экрана.
33. Овен. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elesy.ru/products/products/elsyma/elsyma-m03/ti.aspx> свободный. – Загл. с экрана.
34. Техносфера. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.s7-300.ru/catalog/simatic-s7-200/> свободный. – Загл. с экрана.
35. Кабель.РФ. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cable.ru/cable/> свободный. – Загл. с экрана.
36. ЭТМ. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/catalog/?searchValue=%D0%A9%D0%9C%D0%9F%20650%D1%85500%D1%85150> свободный. – Загл. с экрана.

37. Спасибов В. М. Идентификация промышленных объектов и систем управления [Текст] : учебное пособие. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2010. – 104 с.
38. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 21480-76. Система "человек-машина". Мнемосхемы. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-21480-76> свободный. – Загл. с экрана.
39. Вершинина, К. Ю. Низкотемпературное зажигание отходов переработки угля в виде органоводоугольных топливных композиций: диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: 01.04.17 / Вершинина Ксения Юрьевна. Томск, - 2016. – 191 с.
40. Nyashina, G. S. Environmental potential of using coal-processing waste as the primary and secondary fuel for energy providers / G. S. Nyashina, J.C. Legros, Strizhak P. A. // *Energies*. – 2017. – Vol. 10, No. 3 – P. 405.
41. Dmitrienko, M. A. Environmentally and economically efficient utilization of coal processing waste / M. A. Dmitrienko, P. A. Strizhak // *Science of the Total Environment*. 2017. – Vol. 598. – P. 21–27. 156
42. Dmitrienko, M. A., Environmental indicators of the combustion of prospective coal water slurry containing petrochemicals / M. A. Dmitrienko, G. S. Nyashina, P. A. Strizhak // *Journal of Hazardous Materials*. – 2017. – Vol. 338. – P. 148– 159.
43. Студенческая библиотека. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studbooks.net/1358777/menedzhment/pravovye_organizatsionnye_voprosy_obespecheniya_bezopasnosti свободный. – Загл. с экрана.
44. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011> свободный. – Загл. с экрана.

45. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 22614-77. Система "человек-машина". Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-22614-77> свободный. – Загл. с экрана.

46. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 22615-77. Система "человек-машина". Выключатели и переключатели типа "Тумблер". Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-22615-77> свободный. – Загл. с экрана.

47. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 22615-77. ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009 Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 2. Дисплеи. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs2.cntd.ru/document/1200076092> свободный. – Загл. с экрана.

48. ТЕХЭКСПЕРТ. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498> свободный. – Загл. с экрана.

49. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> свободный. – Загл. с экрана.

50. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200313> свободный. – Загл. с экрана.

51. ТЕХЭКСПЕРТ. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003114> свободный. – Загл. с экрана.

52. ТЕХЭКСПЕРТ. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и

организации работы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498> свободный. – Загл. с экрана.

53. ТЕХЭКСПЕРТ. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901859404> свободный. – Загл. с экрана.

54. ТЕХЭКСПЕРТ. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/871001026> свободный. – Загл. с экрана.

55. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200089439> свободный. – Загл. с экрана.

56. Studfiles. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4127569/> свободный. – Загл. с экрана.

57. ТЕХЭКСПЕРТ. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> свободный. – Загл. с экрана.

58. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608> свободный. – Загл. с экрана.

59. Studwood. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studwood.ru/1537818/bzhd/povyshennaya_zapylennost_zagazovannost_vozduha_rabochey_zony свободный. – Загл. с экрана.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Листинг программного кода

Листинг исходных переменных:

```
PROGRAM PLC_PRG
```

```
VAR
```

```
ruka:BOOL:=FALSE; // включить ручной режим
```

```
auto:BOOL:=FALSE; // включить автоматический режим
```

```
topl:BOOL; // задвижка топлива вкл/выкл
```

```
ds:BOOL; // дымосос вкл/выкл
```

```
ras_topl:REAL:=0; // расход топлива
```

```
t_d:REAL:=0; // температура уходящих газов
```

```
t_kot:REAL:=0; // температура в топке котла
```

```
set:REAL; // уставка
```

```
p_kot:REAL:=1; // давление в котле
```

```
zadv:REAL; // задвижка
```

```
alarm1:BOOL; //Авария1 давление в котле больше 5
```

```
alarm2:BOOL; //Авария2 температура в котле больше 1900
```

```
alarm3:BOOL; //Авария3 температура уходящих газов больше 215
```

```
END_VAR
```

Листинг работы программы:

```
IF ruka=TRUE THEN
```

```
auto:=FALSE;
```

```
END_IF
```

```
IF auto=TRUE THEN
```

```
ruka:=FALSE;
```

```
END_IF
```

```
IF topl=TRUE THEN
```

```

zadv:=ras_topl/1500;
END_IF
(*Ручной режим*)
IF ruka=TRUE THEN //включить ручной режим
auto:=FALSE;
IF ds=FALSE AND topl=FALSE THEN //Дымосос отключен,
следовательно, расход дыма=0
t_d:=0;
END_IF
IF topl=FALSE AND ds=FALSE THEN //Задвижка закрыта,
следовательно, топлива=0
ras_topl:=0;
END_IF
IF topl=TRUE AND ras_topl>=1000 THEN //Когда расход больше 1000
кг/ч, тогда расход топлива увеличивается.
ras_topl:=ras_topl+0.01;
END_IF
IF topl=TRUE AND 10>ras_topl>=0 THEN //Когда расход меньше 1000
кг/ч, тогда расход топлива умеличается на 0.005.
ras_topl:=ras_topl+0.005;
END_IF
IF topl=TRUE AND ras_topl>=1500 THEN //Когда расход 1500 кг/ч,
следовательно, достигнут максимальный расход.
ras_topl:=1500;
END_IF
IF topl=TRUE AND ds=TRUE THEN
t_d:=ras_topl*0.140;
t_kot:=ras_topl*1.2;
p_kot:=ras_topl/150;

```

```

END_IF
IF topl=FALSE AND ds=TRUE THEN
ras_topl:=0;
t_d:=t_d*0.995;
t_kot:=t_kot*0.995;
p_kot:=p_kot*0.995;
END_IF
IF topl=TRUE AND ds=FALSE THEN
ras_topl:=t_kot/1.2;
p_kot:=p_kot*1.01;
t_d:=t_d*0.99;
IF ras_topl=t_kot/1.2 THEN
t_kot:=ras_topl*1.2;
IF ras_topl>=1000 THEN //Когда расход больше 1000 кг/ч, тогда расход
топлива увеличивается.
ras_topl:=ras_topl+0.01;
END_IF
IF 1000>ras_topl>=0 THEN //Когда расход меньше 1000 кг/ч, тогда
расход топлива увеличивается на 0.005.
ras_topl:=ras_topl+0.005;
END_IF
IF ras_topl>=1500 THEN //Когда расход 1500 кг/ч, следовательно,
достигнут максимальный расход.
ras_topl:=1500;
END_IF
END_IF
END_IF
END_IF
END_IF
(* автоматический режим*)

```

```

IF auto=TRUE THEN
ruka:=FALSE;
IF ds=FALSE THEN
t_d:=0;
END_IF
IF topl=FALSE THEN
ras_topl:=0;
END_IF
IF auto=TRUE THEN
topl:=TRUE;
ds:=TRUE;
END_IF
(*Регулировка*)
IF topl=TRUE AND ras_topl>=1000 THEN //Когда расход больше 1000
кг/ч, тогда расход топлива увеличивается.
ras_topl:=ras_topl+0.01;
END_IF
IF topl=TRUE AND 1000>ras_topl>=0 THEN //Когда расход меньше 1000
кг/ч, тогда расход топлива уменьшается на 0.005.
ras_topl:=ras_topl+0.005;
END_IF
IF topl:=TRUE AND ras_topl>=1500 THEN //Когда расход 1500 т/ч,
следовательно, достигнут максимальный расход.
ras_topl:=1500;
END_IF
IF topl=TRUE AND ds=TRUE THEN
t_d:=ras_topl*0.140;
t_kot:=ras_topl*1.2;
p_kot:=ras_topl/150;

```

```
END_IF
IF t_d>set THEN
WHILE t_d=set-10 DO
ras_topl:=ras_topl*0.99;
END_WHILE
END_IF
END_IF
(*Аварии*)
IF p_kot>5 THEN
topl:=FALSE;
ds:=FALSE;
alarm1:=TRUE;
ELSE alarm1:=FALSE;
END_IF
IF t_kot>1900 THEN
topl:=FALSE;
ds:=FALSE;
alarm2:=TRUE;
ELSE alarm2:=FALSE;
END_IF
IF t_d>215 THEN
topl:=FALSE;
ds:=FALSE;
alarm3:=TRUE;
ELSE alarm3:=FALSE;
END_IF
```