

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и подготовки
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка системы автоматического управления котлом

УДК 004.896:681.515:621.181

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т81	Ли Цзюмин		

Руководитель:

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН.ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

Код компетенции	Наименование компетенции
	Универсальные компетенции
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
	Общепрофессиональные компетенции
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения

Код компетенции	Наименование компетенции
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
	Профессиональные компетенции
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления

Код компетенции	Наименование компетенции
	процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и подготовки

Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) Громаков Е.И.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
158T81	Ли Цзюмин

Тема работы:

Разработка системы автоматического управления котлом	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 45-50/с от 14.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: система управления котлом. Цель работы: разработать систему автоматического управления котлом с применением различных методов настройки ПИД-регулятора. Исследование ПИД-алгоритмов для системы управления котлом. Режим работы: непрерывный.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Описание технологического процесса работы котла. 2. Исследование объекта управления. 3. Подбор методов синтеза ПИД-регулятора; 4. Исследование ПИД-алгоритмов для системы управления котлом; 5. Моделирование работы полученных регуляторов; 6. Сравнительный анализ полученных результатов.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Татьяна Васильевна
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	28.02.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна			28.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ЛиЦзюмин	158T81		

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и подготовки
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.06.2022	Основная часть ВКР	60
01.06.2022	Раздел «Социальная ответственность»	20
01.06.2022	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
158T81	Ли Цзюмин

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- Размер оклада руководителя проекта; - Размер стипендии.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Премияльный коэффициент руководителя 30%; - Премияльный коэффициент инженера 20%; - Доплаты и надбавки руководителя 30%; - Доплаты и надбавки руководителя 30%; - Дополнительной заработной платы 15%; - Накладные расходы 16%; - Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Анализ конкурентных технических решений. - SWTO – анализ.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- Планирование работ. - Разработка графика ганта. - Формирование бюджета затрат.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Описание потенциального эффекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН.ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т81	Ли Цзюмин		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
158T81		Ли Цзюмин	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Разработка системы автоматического управления котлом	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	Объект исследования: система управления котлом Область применения: производство электроэнергии, промышленное производство, отопление Рабочая зона: производственное помещение Размеры помещения (климатическая зона*): 8*10 м Количество и наименование оборудования рабочей зоны: Очаг, горелка и контроллер Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: Контроллер, регулирует расход топлива и воздуха, топливо сжигается в горелке, вырабатываемое тепло передается воде в котле и производится пар.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации	Глава 34 ТК РФ. Государственное управление охраной труда и требования охраны труда; технологических процессов. Общие требования. Методы контроля"; СП 52.13330.2016 Котельные установки; ГОСТ Р 55173-2012 Установки котельные. Общие технические требования; Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов";
2. Производственная безопасность при эксплуатации	ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» Опасные факторы: Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; Производственные факторы, связанные с повышенным образованием электростатических зарядов на корпусе разрабатываемого устройства; Поражение электрическим током; Работа с сосудами под давлением. Вредные факторы: Повышенная загазованность воздуха рабочей среды; Неблагоприятные условия микроклимата; Повышенный уровень шума; Монотонность труда, вызывающая монотонию; Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону: Выброс загрязняющих газов (СЗЗ требуется, класс опасности газовой котельной

	II класс опасности получают объекты с давлением природного газа свыше 1,2 МПа, ориентировочная СЗЗ для них составляет 500 м); Воздействие на литосферу: Металлолом; твердые отходы; Воздействие на атмосферу: При сжигании природного газа в атмосферу будут выделяться продукты сгорания газа (окись углерода, углеводороды, оксиды азота, диоксид серы, сероводород). Воздействие на гидросферу: Котел потребляет много воды при работе; Сточные Воды (большое количество взвешенных веществ, сульфатов, сульфитов и тяжелых металлов).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (взрыв топлива, снижение уровня воды, слишком высокое давление топлива) Наиболее типичная ЧС: Пожар в котельной
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т81	Ли Цзюмин		

Реферат

Бакалаврская работа содержит 83 страницы, 23 таблицы, 20 рисунков, 19 источников.

Ключевые слова: котел, система автоматического управления, ПИД-регулятор.

Объектом исследования является система управления котлом.

Целью данной работы являются разработка системы автоматического управления котлом с применением различных методов настройки ПИД-регулятора и исследование ПИД-алгоритмов для системы управления котлом.

В процессе исследования проводилось: описание технологического процесса работы котла; исследование объекта управления; подбор методов синтеза ПИД-регулятора; исследование ПИД-алгоритмов для системы управления котлом; моделирование работы полученных регуляторов; сравнительный анализ полученных результатов.

В результате исследования разработана система управления котлом.

Приведены основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики ПИД-регулятора.

Область применения: производство.

Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями, обозначения и сокращения:

ПИД-регулятор – Пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор.

Регулятор – устройство, которое на основе ошибки регулирования вычисляет управляющее воздействие.

Система управления – систематизированный набор средств сбора сведений о подконтрольном объекте и средств воздействия на его поведение, предназначенный для достижения определённых целей.

Автоматическая система – это такая система, в которой производится измерение регулируемой переменной, а возможно, и некоторых возмущений, действующих на систему, и производится автоматическое воздействие на объект управления с целью обеспечения заданного закона изменения регулируемой переменной.

ОУ – объект управления;

ОС – обратная связь;

Р – регулятор;

КПД – Коэффициент полезного действия.

Оглавление

Введение.....	18
1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	20
1.1 Описание технологического процесса работы котла	20
1.1.1 Принцип работы котла.....	20
1.1.2 Исследование системы управления процессом горения котла	20
1.2 Исследование системы управления процессом горения котла	23
1.2.1 Основные понятия и определения автоматических систем.....	23
1.2.2 Анализ рабочего процесса котла	24
1.2.3 Системы управления котла	25
1.2.3.1 Система управления давления паров и соотношения топлива и воздуха	25
1.2.3.2 Система управления давления разрежения в копке	26
1.2.4 Схема управления системы	27
1.3 Исследование объекта управления котлом	28
1.3.1 Динамические характеристики горения котла	29
1.3.2 Приблизительная передаточная функция объекта.....	29
1.3.3 Передаточная функция каждого звена котла	30
1.4 Подбор методов синтеза ПИД-регулятора	31
1.4.1 Принцип настройки ПИД-регулирования	31
1.4.2 Влияние параметров K_p , T_i и T_D на процесс управления системы	32
1.4.3 Метод Зиглера–Никольса	34
1.5 Программный пакет Simulink	35
2 Моделирование системы управления	36
2.1 Моделирование ПИД-регуляторов в среде Simulink.....	36
2.2 Моделирование работы полученных регуляторов	41
Выводы по работе.....	44
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45

Введение.....	45
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	46
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	46
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	47
3.1.3 SWOT-анализ	48
3.1.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	52
3.2 Бюджет научно-технического исследования	56
3.3 Бюджетная стоимость научно-технического исследования	60
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	60
Выводы по разделу.....	61
4. Социальная ответственность	65
Введение.....	65
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	65
4.2 Производственная безопасность при эксплуатации.....	66
4.2.1 Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте оператора газовой котельной.....	67
4.2.2 Анализ вредных факторов	68
4.2.3 Анализ опасных факторов	71
4.3 Экологическая безопасность при эксплуатации	75
4.3.1 Воздействие на селитебную зону	75
4.3.2 Воздействие на атмосферу	75
4.3.3 Воздействие на гидросферу	77
4.3.4 Воздействие на литосферу	77
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	78
4.4.1 Анализ возможных ЧС газовой котельной	78

4.4.2 Наиболее вероятная ЧС газовой котельной.....	78
Вывод по разделу	80
Заключение	81
Список используемых источников.....	82

Введение

Котёл – конструктивно объединенный в одно целое комплекс устройств для передачи некоторому теплоносителю тепловой энергии за счёт сжигания топлива, при протекании технологического процесса или преобразовании электрической энергии в тепловую [1]. Ввод энергии в котел включает химическую энергию и электрическую энергию в топливе, на выходе котел выдает пар, высокотемпературную воду или органический теплоноситель с определенной тепловой энергией. Основным принципом работы котла является тепловое оборудование, которое использует тепловую энергию, выделяющуюся при сгорании топлива, или отработанное тепло в промышленном производстве для передачи воде в емкости, чтобы вода могла достичь необходимой температуры или определенного давления пар. После того, как вода поступает в котел, поверхность нагрева котла передает поглощенное тепло воде в пароводяной системе, так что вода нагревается до горячей воды с определенной температурой и давлением или генерирует пар. В части оборудования для сжигания при сжигании топлива постоянно выделяется тепло, а высокотемпературный дымовой газ, образующийся при сгорании, передает тепло на поверхность нагрева котла посредством распространения тепла, а сама температура постепенно снижается и, наконец, выводится из дымохода.

Котел является одним из основных отопительных приборов в народном хозяйстве. Электроэнергетика, машиностроение, металлургия, химическая промышленность, текстильная, бумажная, пищевая и другие виды промышленного и гражданского отопления требуют котлов для подачи большого количества пара. Характер производства и масштабы различных отраслей промышленности различны, неодинаковы масштабы промышленного и бытового отопления. Котел является источником теплоснабжения. Задачей котла и его оборудования является безопасное, надежное и эффективное преобразование химической энергии топлива в тепловую энергию, а затем передачу тепловой энергии воде для получения горячей воды и пара. В

дополнение к особым требованиям производственного процесса, производимая горячая вода не требует чрезмерно высокого давления и температуры, а мощность не должна быть большой.

С быстрым развитием современных промышленных технологий требования к энергоэффективности становятся все выше и выше. Как одно из важных устройств для преобразования первичной энергии во вторичную, котлы все чаще контролируются и управляются, а ручные операции больше не могут удовлетворять производственные потребности. Таким образом, использование передовых технологий управления для системы управления котлом может не только обеспечить безопасное производство, но и сэкономить энергию и повысить эффективность, а также имеет хорошие возможности для развития рынка и перспективы инвестиционного дохода.

Целью данного проекта является разработка системы управления давлением пара, соотношением топлива и воздуха и регулированием разрежения в топке на основе реальных производственных потребностей, создание модели в среде MATLAB и проведение исследований по реализации алгоритма управления. Объектом исследования является система управления котлом. В ходе работы используются наборы инструментов SIMULINK в MATLAB для моделирования и настройки параметров, моделируя форму волны на осциллографе, и улучшает эффект управления. Разработанная в данном проекте система автоматического управления котлом практична и может применяться в реальном производстве.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Описание технологического процесса работы котла

1.1.1 Принцип работы котла

Принцип работы газового котла заключается в том, что после того, как природный газ, сжиженный газ, городской газ и другие газы находятся под давлением, предварительно смешанный горючий газ впрыскивается в топку газового котла через головку сгорания, воспламеняемую запальным устройством. головки сгорания и тепла, выделяемого при сгорании в топке, он нагревает топку газового котла или топочную трубу для нагрева воды в котле и преобразования ее из холодной воды в горячую воду или пар для удовлетворения потребности пользователя в горячем вода или пар [2].

1.1.2 Основная конструкция котла

Камера сгорания

Камера сгорания представляет собой часть преобразователя энергии бытового котла, которая используется для преобразования химической энергии газа в тепловую энергию циркулирующей воды в системе.

Вентилятор

Функция вентилятора состоит в том, чтобы вытеснять дымовые газы из корпуса топки с определенной скоростью потока и в то же время формировать стабильную разницу давлений между камерой сгорания и наружным воздухом, чтобы обеспечить подачу соответствующего количества свежего воздуха. поступает в камеру сгорания и выбрасываемый из сопла газ смешивается в определенной пропорции, чтобы обеспечить попадание газа в камеру сгорания. Полное сгорание в камере сгорания.

Водный танк

Он используется для размещения избыточного воды системы отопления после нагрева и расширения. Если эту часть расширенного объема воды нельзя буферизовать, котельное оборудование и система трубопроводов будут повреждены.

Предохранительный клапан

Он используется для выпуска воды, когда вода в системе находится под избыточным давлением, сброса давления в системе и защиты системы трубопроводов от повреждений. Значение настройки давления составляет 3 бар. Когда давление воды в системе превышает 3 бар, предохранительный клапан автоматически выпускает воду и снижает давление.

Помпа

Водяной насос – силовой механизм внутренней циркуляции котла, осуществляющий циркуляцию воды в системе. Насосы с превосходными характеристиками, как правило, экранированы и уплотнены втулками из нержавеющей стали (мокрые роторы), которые могут решить три основные проблемы, связанные с работой всухую, утечкой воды и шумом.

Автоматический выпускной клапан

Он используется для автоматического сброса остаточного газа в системе, чтобы труба всегда была заполнена водой, чтобы предотвратить возникновение газовых пробок или скопление газа в самой высокой точке трубопровода, что приведет к плохому нагреву или аварии в системе.

Электронная часть управления

Он используется для управления и координации работы различных узлов всего бытового котла. Кроме того, в высококачественном бытовом газовом настенном электрическом блоке управления имеется печатная плата дисплея, которая используется для отображения рабочих условий, таких как состояние горения и температура воды в котле, а код неисправности может быть отображаться при возникновении неисправности.

Устройство для пополнения запасов воды

При недостатке воды в системе или недостаточном напоре следует доливать воду в котел, при показателе давления менее 0,5 кг следует своевременно доливать воду в бытовую машину.

Манометр

Отображение давления воды в системе отопления и подсказка нормального диапазона рабочего давления.

Газовый регулирующий клапан

Электрический сигнал, обнаруженный компонентом автоматического управления, преобразуется в механическое действие для регулировки размера газового клапана через печатную плату, а сигнал безопасности, обнаруженный каждым компонентом безопасности, преобразуется в механическое действие включения-выключения. Этот компонент объединяет электричество, газ и оборудование и является наиболее сложным компонентом домашней машины.

Датчик температуры

Он используется для сбора сигнала температуры воды в системе и сравнения его с заданным значением. Используется для управления включением/выключением горелки и размером пламени горения для согласования выходного тепла с количеством тепла, требуемым системой.

Автоматический перепускной клапан

При перекрытии обратной воды в систему количество воды, протекающей через основной теплообменник, уменьшается. В это время поток воды, возвращающийся к всасывающему отверстию насоса, снижает расход воды из всасывающего отверстия, что защищает основной теплообменник.

Переключатель потока

Он используется для определения того, протекает ли санитарная вода. Если расхода можно включить только тогда, когда поток воды превышает 2 л/мин. то же время цепь подключается для передачи сигнала на печатную плату. Одновременно посылаются команды, позволяющие котлу свободно переключаться на отопление или горячее водоснабжение.

Воздушный дифференциальный клапан

Когда дымоход плохо проветривается или ветер дует против ветра, реле перепада давления ветра автоматически замыкается и пламя автоматически

гаснет. Машина запускается автоматически при устранении неполадок или при изменении направления и силы ветра [3].

1.2 Исследование системы управления процессом горения котла

1.2.1 Основные понятия и определения автоматических систем

Система управления – систематизированный набор средств сбора сведений о подконтрольном объекте и средств воздействия на его поведение, предназначенный для достижения определённых целей. Объектом системы управления могут быть как технические объекты, так и люди. Объект системы управления может состоять из других объектов, которые могут иметь постоянную структуру взаимосвязей.

Объект управления – это установка, где управляется какой-либо процесс. Объектом управления может быть любая динамическая система или её модель. Состояние объекта характеризуется некоторыми количественными величинами, изменяющимися во времени, то есть переменными состояниями. Для технических объектов – это механические перемещения (угловые или линейные) и их скорость, электрические переменные, температуры и так далее.

Автоматическая система – это такая система, в которой производится измерение регулируемой переменной, а возможно, и некоторых возмущений, действующих на систему, и производится автоматическое воздействие на объект управления с целью обеспечения заданного закона изменения регулируемой переменной.

В общем виде структурная схема системы автоматического управления (САУ) может быть представлена на рисунке 1. Параметр, который поддерживается на определенном уровне или закономерно изменяется, называется управляемым (регулируемым) [4].

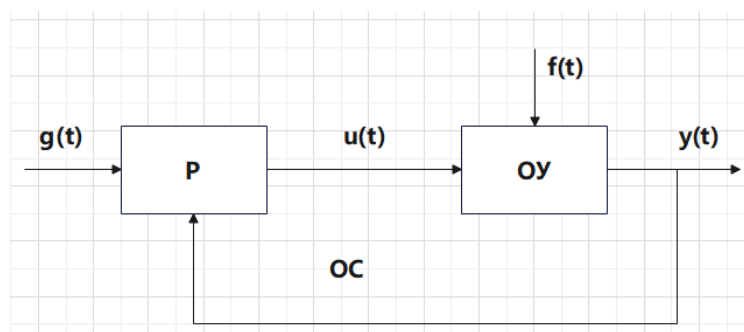


Рисунок 1 - Обобщенная структура САУ

где ОУ – объект управления; ОС – обратная связь; Р – регулятор; $g(t)$ – задающее воздействие; $u(t)$ – управляющее воздействие; $f(t)$ – возмущающее воздействие; $y(t)$ – регулируемая (выходная) переменная

Измеренное значение регулируемой величины в данный момент времени называется текущим значением регулируемой величины.

Разность между заданным и текущим значением называется ошибкой регулирования.

Регулятор – устройство, которое на основе ошибки регулирования вычисляет управляющее воздействие.

Устройство, предназначенное для перемещения регулирующего органа, называется исполнительным механизмом.

1.2.2 Анализ рабочего процесса котла

Система управления процесса горения имеет три основные задачи.

Первая задача – поддерживать постоянное давление пара. Изменение давления пара означает, что объем пара котла несовместим с потреблением пара нагрузкой, и соответственно необходимо изменить объем топлива, чтобы изменить объем пара котла.

Второй задачей является обеспечение экономичности процесса горения. При изменении количества топлива подача воздуха должна быть соответствующим образом отрегулирована в соответствии с количеством топлива, чтобы обеспечить высокую экономичность процесса сгорания.

Третья задача состоит в том, чтобы отрегулировать количество всасываемого воздуха в соответствии с подачей воздуха, чтобы давление в топке оставалось неизменным [5].

Таким образом, мы получили состав системы управления горением жидкотопливного котла: система регулирования давления пара, система регулирования соотношения топлива и воздуха и система регулирования давления разрежения в топке.

1.2.3 Системы управления котла

1.2.3.1 Система управления давления паров и соотношения топлива и воздуха

Целью газового парового котла является получение пара для использования в других производственных звеньях. Регулирование пара в производственном процессе осуществляется по давлению. Регулирование пара в технологическом процессе осуществляется по давлению, так как производственный расход последующих звеньев разный, то необходимо регулировать давление пара в звене парового котла, работающего на газе. Поддержание постоянного давления пара является основным условием обеспечения нормального производства. Основным средством обеспечения постоянного давления пара является регулировка выделяемой при сгорании теплоты во времени с колебаниями давления пара, а регулировка выделяемой при сгорании теплоты достигается за счет регулирования количества подаваемого топлива и соответствующей доли воздуха для горения.

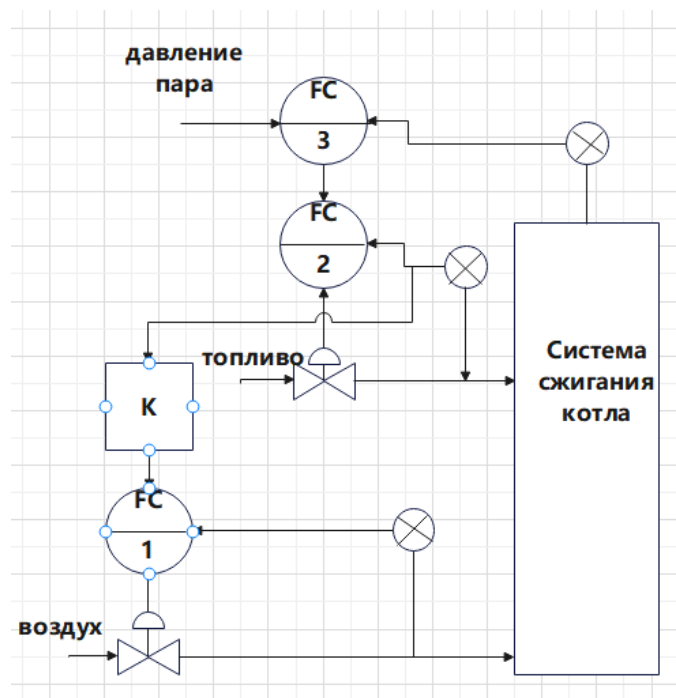


Рисунок 2 – Структурная схема системы управления давлением пара и соотношения топлива и воздуха

1.2.3.2 Система управления давлением разрежения в топке

Давление разрежения в топке – это параметр, отражающий давление в камере. Когда реальное давление измеряемой точки меньше локального атмосферного давления, точка измерения находится в состоянии давления разрежения. В это время значение давления соответствует относительному давлению, которое является отрицательным значением. Абсолютное значение является нашим значением измерения, обычно называемым значением вакуума, это значение называется значением давления разрежения в топке.

Давление камеры напрямую влияет на тепловой КПД котла, а давление камеры также является важным фактором безопасной эксплуатации котла. Когда давление разрежения в топке котла слишком мало, горячий дым и горячий воздух в топке будут переливаться через край, вызывая потери тепла, влияя на безопасную работу оборудования и даже угрожая безопасности рабочих; когда давление разрежения в топке слишком большой, в топку будет поступать большое количество внешнего холодного воздуха, изменяя соотношение

топлива и воздуха, увеличивая потери топлива, потери тепла и снижая тепловую эффективность.

Мерой обеспечения давления разрежения в топке является баланс между объемом нагнетаемого воздуха и объемом подаваемого воздуха. Если колебание давления невелико, регулирование давления разрежения в топке может быть реализовано путем регулировки объема нагнетаемого воздуха; когда давление пара сильно колеблется, расход топлива и объем подачи воздуха также будут сильно колебаться.

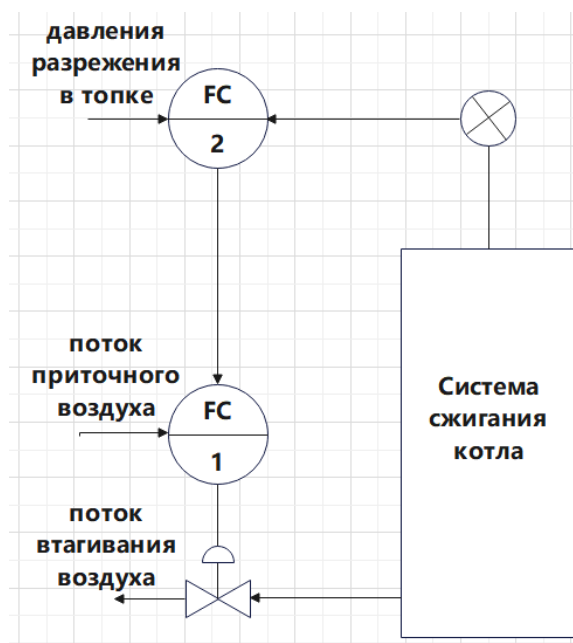


Рисунок 3 – Структурная схема системы управления давления разрежения в топке

1.2.4 Схема управления системы

В этом проекте используется система контроля давления пара камеры сгорания и управления соотношения топлива и воздуха, дополненная схемой управления давления разрежения в топке. Общая схема системы управления показана на рисунке 4.

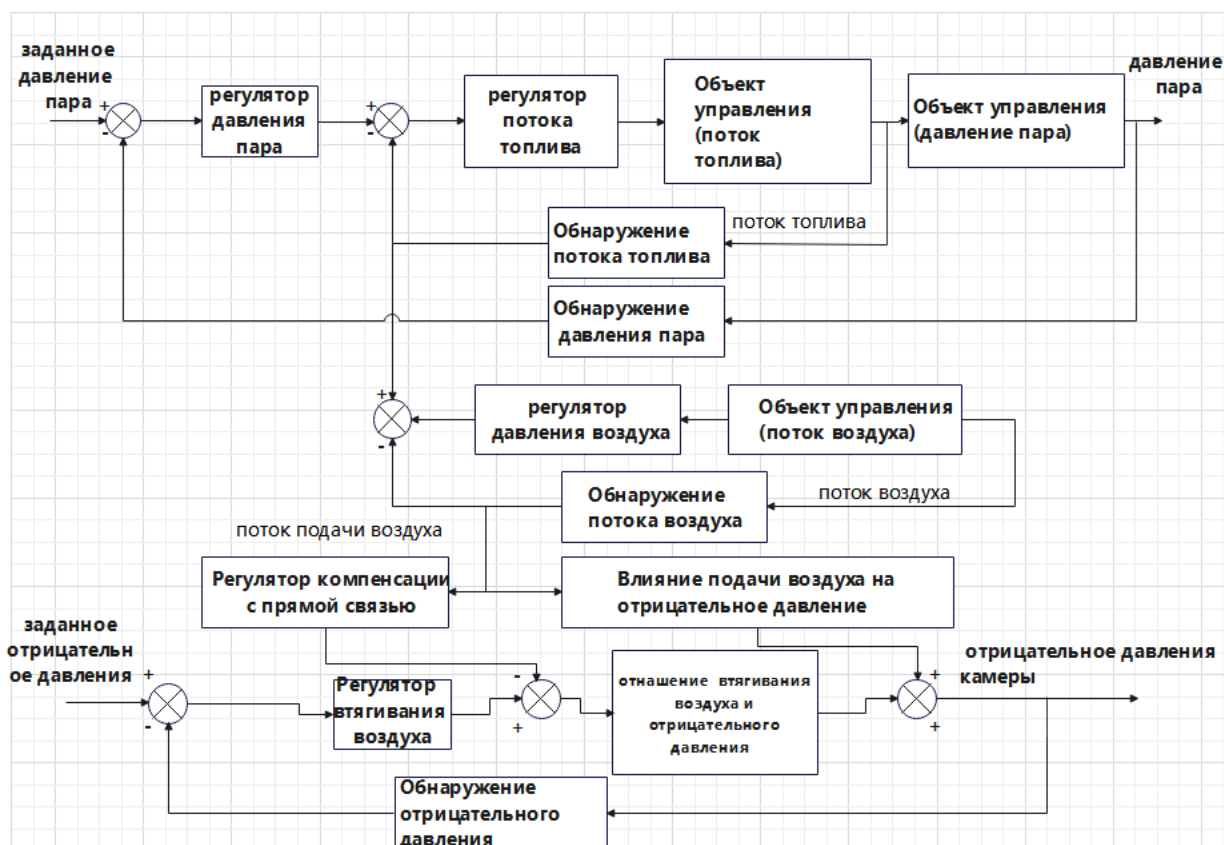


Рисунок 4 – Общая схема системы управления котлом

1.3 Исследование объекта управления котлом

Основной задачей автоматического управления процессом горения котла является подача тепла на нужды паровой нагрузки, а также обеспечение экономичности горения и безопасности эксплуатации котла.

Для достижения вышеуказанных целей система управления процессом горения должна включать в себя три регулировочные задачи: поддержание давления пара, обеспечение наилучшего соотношения воздух-топливо и обеспечение неизменности давления разрежения в копке. Соответственно должно быть три контура управления: регулирование потока топлива, потока приточного воздуха и потока втягивания воздуха, что составляет многопараметрическую систему управления процессом горения. Чтобы правильно спроектировать систему управления, в первую очередь следует понять динамические характеристики объекта.

1.3.1 Динамические характеристики горения котлов

Процесс горения котла представляет собой процесс преобразования и передачи энергии, то есть процесс использования теплоты сгорания топлива для получения пара, необходимого для пароиспользующего оборудования. Давление пара является мерой того, совместимо ли количество пара с внешней нагрузкой. Следовательно, чтобы понять динамические характеристики процесса горения, нужно в основном понять динамические характеристики объекта давления паров.

Вода поглощает тепло, выделяемое при сгорании топлива в топке, и продолжает нагреваться до тех пор, пока не образуется насыщенный пар, который не собирается в паровом барабане, и, наконец, становится перегретым паром через пароперегреватель, который транспортируется в пароперегреватель. использование оборудования для работы.

При работе котла при изменении количества топлива M объем подаваемого воздуха и объем подводимого воздуха должны одновременно изменяться, изменение количества топлива M в это время указывает на изменение скорости сгорания котла, а изменение Q_r пропорционален изменениям скорости сгорания (эквивалентны изменениям M).

1.3.2 Приблизительная передаточная функция объекта

Передаточная функция представляет собой математический инструмент для исследования, анализа и синтеза линейных систем в классической теории управления.

Приблизительная передаточная функция управляемого объекта котла:

$$W(s) = \frac{T(s)}{M(s)} = \frac{K_Q}{1+T \cdot s} \cdot e^{-\tau s}, \quad (1)$$

где M - количество топлива:

$e^{-\tau s}$ – задержка времени:

T и K_Q – константы.

1.3.3 Передаточная функция каждого звена котла

(1) Управления давления пара и соотношения топлива и воздуха:

Объектом управления потоком горения является:

$$G(s) = \frac{2}{12s+1} e^{-3s}. \quad (2)$$

Отношение потока топлива к давлению паров равно:

$$G(s) = 4. \quad (3)$$

Отношение давления паров к расходу топлива равно:

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

Математическая модель системы преобразования датчика потока топлива:

$$G(s) = 1. \quad (5)$$

Отношение потока топлива к потоку управления составляет:

$$G(s) = 2. \quad (6)$$

Объект управления воздушным потоком:

$$G(s) = \frac{2}{10s+1} e^{-2s}. \quad (7)$$

(2) Управления давления разрежения в копке:

Взаимосвязь между индуцированным объемом воздуха и давления разрежения в копке:

$$G(s) = \frac{3}{6s+1} e^{-s}. \quad (8)$$

Помехи подачи воздуха давлению разрежения в копке:

$$G(s) = \frac{2}{2s+1}. \quad (9)$$

1.4 Подбор методов синтеза ПИД-регулятора

ПИД-регулирование является одним из первых разработанных и наиболее широко используемых методов управления промышленными процессами. В управлении промышленными процессами более 95 % цепей управления имеют ПИД-регулятор, и многие расширенные элементы управления основаны на ПИД-регулировании. ПИД-регулирование может широко использоваться и развиваться, основная причина заключается в том, что ПИД-регулирование имеет следующие преимущества: простой принцип, простота использования, параметры ПИД-регулятора K_p , T_i и T_d можно регулировать во времени в соответствии с динамическими характеристиками процесса.

1.4.1 Принцип настройки ПИД-регулирования

ПИД-регулятор (пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор), состоящий из пропорционального блока (Р), интегрального блока (I) и дифференциального блока (D).

ПИД-регулятор представляет собой линейный регулятор. Для реализации управления управляемым объектом, он формирует управляющее отклонение $e(t)$ в соответствии с заданным значением $r(t)$ и фактическим выходным значением $y(t)$, а также формирует управляющую переменную посредством линейной комбинации пропорциональных, интегральных и дифференциальных величин.

Связь между выходом и входом контроллера может быть описана как:

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^T t(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} \right], \quad (10)$$

где K_p - Коэффициент пропорциональности;

T_i - Постоянная времени интегрирования,

T_d - Дифференциальная постоянная времени.

Принцип ПИД-регулирования показан на рисунке 5.

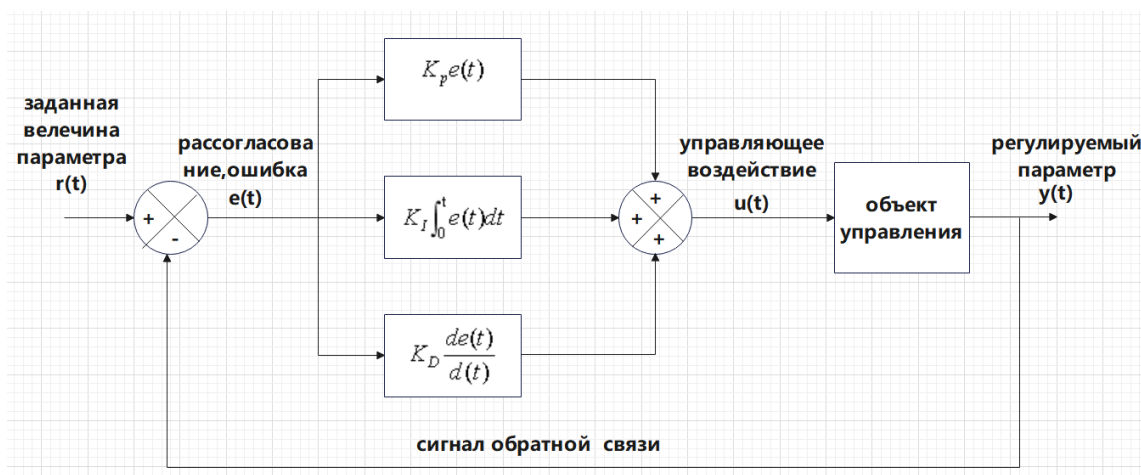


Рисунок 5 – Структурная схема ПИД-регулятор

Необходимо выбрать соответствующий пропорциональный коэффициент K_P , интегральную постоянную времени K_I и дифференциальное время K_D , чтобы система автоматической регулировки работала в наилучшем состоянии.

При использовании различных параметров ПИД (пропорционального, интегрального, дифференциального) производительность системы управления будет разной. Поэтому настройка и оптимизация параметров ПИД-регулятора определяет окончательную эффективность управления системой управления.

1.4.2 Влияние параметров K_p , T_i и T_d на процесс управления системы

Коэффициент пропорциональности:

Увеличение пропорционального коэффициента K_P ускорит быстроедействие системы, что полезно для уменьшения статической ошибки в системе со статической ошибкой, но не может принципиально устранить статическую ошибку. Кроме того, чрезмерно большой пропорциональный коэффициент вызовет перерегулирование системы, генерирование колебаний или увеличение количества колебаний, удлинит время настройки и ухудшит стабильность системы или сделает систему неустойчивой. Если коэффициент масштабирования слишком мал, это сделает действие системы вялым.

Постоянная времени интегрирования:

Как правило, интегральный регулятор не используется сам по себе, а обычно используется в сочетании с пропорциональным управлением или пропорциональным дифференциальным управлением для формирования ПИ-регулятора или ПИД-регулятора. Сила интегрального действия зависит от интегральной постоянной времени T_i , чем меньше T_i , тем сильнее интегральное действие, и наоборот. Увеличение интегральной постоянной времени полезно для уменьшения перерегулирования, уменьшения колебаний и повышения стабильности системы, но в то же время необходимо увеличить время, в течение которого система устраняет статическую ошибку. Слишком малая интегральная постоянная времени снизит устойчивость системы и увеличит количество колебаний системы.

Дифференциальная постоянная времени:

Функция дифференциального управления работает только с динамическим процессом, но не влияет на установившийся процесс и очень чувствительна к шуму системы, поэтому не следует использовать один дифференциальный регулятор. Обычно в сочетании с пропорциональным управлением или пропорциональным интегральным управлением для формирования ПД-регулятора или ПИД-управления. Сила дифференциального воздействия зависит от величины дифференциальной постоянной времени T_d , чем больше T_d , тем сильнее дифференциальное воздействие, и наоборот. Если дифференциальная постоянная времени слишком велика или слишком мала, перерегулирование системы будет большим, а время настройки будет длительным. Только путем выбора соответствующего можно получить более удовлетворительный переходный процесс.

1.4.3 Метод Зиглера – Никольса

С различными параметрами ПИД производительность системы управления будет различной. Таким образом настройка и оптимизация параметров ПИД определяют окончательную эффективность управления системой управления. Настройка параметров ПИД-регулятора является основным содержанием конструкции системы управления. В этом проекте я выбрал метод критической пропорциональности для настройки параметра ПИД. Этот метод прост и практичен.

Метод Зиглера – Никольса (метод критического масштаба) — это метод, который используется чаще. Метод критической пропорциональности, предложенный Зиглером и Николсом, является очень известным методом инженерной настройки. Экспериментальным путем получают приближенные оптимальные параметры настройки регулятора из эмпирических формул, по которым определяют два параметра динамических характеристик управляемого объекта: критический коэффициент усиления K_u и критический период колебаний T_u . Метод критической пропорциональности подходит для ситуаций, когда передаточная функция объекта известна. В замкнутой системе управления регулятор находится под чисто пропорциональным действием, и пропорциональный коэффициент усиления регулятора постепенно изменяется от большого к малому, чтобы получить переход равноамплитудных колебаний. Пропорциональный коэффициент усиления в это время называется критическим коэффициентом усиления, а временной интервал между двумя соседними пиками – критическим периодом колебаний T_u .

Шаги по настройке параметров ПИД-регулятора с помощью метода критической пропорциональности следующие:

(1) Установите интегральную постоянную времени T_i регулятора на максимальное значение, установите дифференциальную постоянную времени T_d на ноль ($T_d=0$), установите пропорциональный коэффициент K_p на

соответствующее значение, выполните операцию балансировки в течение определенного периода времени, и перевести систему в автоматический режим.

(2) Пропорциональное усиление K_p постепенно уменьшается до тех пор, пока не будет получен процесс колебаний с постоянной амплитудой, и в это время регистрируются критическое значение усиления K_u и критического периода колебаний T_u .

(3) По значению K_u и T_u по эмпирической формуле таблицы 1 рассчитать каждый параметр регулятора, а именно значения K_p , T_i и T_d .

Таблица 1 - Формула настройки критического пропорционального параметра

Тип регулятора	Параметры		
	K_p	T_i	T_D
П	$0.5K_u$	-	-
ПИ	$0.455K_u$	$0.833T_u$	-
ПИД	$0.6K_u$	$0.5T_u$	$0.125T_u$

1.5 Программный пакет Simulink

Simulink – это среда для построения системных блок-схем и моделирования в MATLAB. Simulink – это интерактивная графическая среда моделирования, симуляции и анализа динамических систем, а также базовая среда разработки для разработки встраиваемых систем на основе моделей. Simulink может выполнять системное моделирование, симуляцию, анализ для систем управления. Он может органично сочетать теоретические исследования и практику. С помощью среды моделирования Simulink можно очень удобно настраивать параметры ПИД-регулятора. В этой работе в качестве примера используется метод критической пропорциональности настройки параметров ПИД-регулятора на основе среды MATLAB/Simulink, и показано, что процесс настройки параметров ПИД-регулятора с помощью среды Simulink очень интуитивно понятен и может изменять параметры моделирования. по желанию, экономя много вычислений и программной нагрузки [6].

2. Моделирование системы управления

2.1 Моделирование ПИД-регуляторов в среде Simulink

Во-первых, в наборе инструментов Simulink в Matlab мы создали схему моделирования системы управления потоком топлива и воздуха, как показано на рисунке 4. На рисунке видно, что она в основном состоит из системы управления потоком топлива и система управления потоком воздуха, включает в себя 3 ПИД-регулятора, которые принимают изменение давления пара в качестве входа, а выход - давление пара после регулировки ПИД-регулятора.

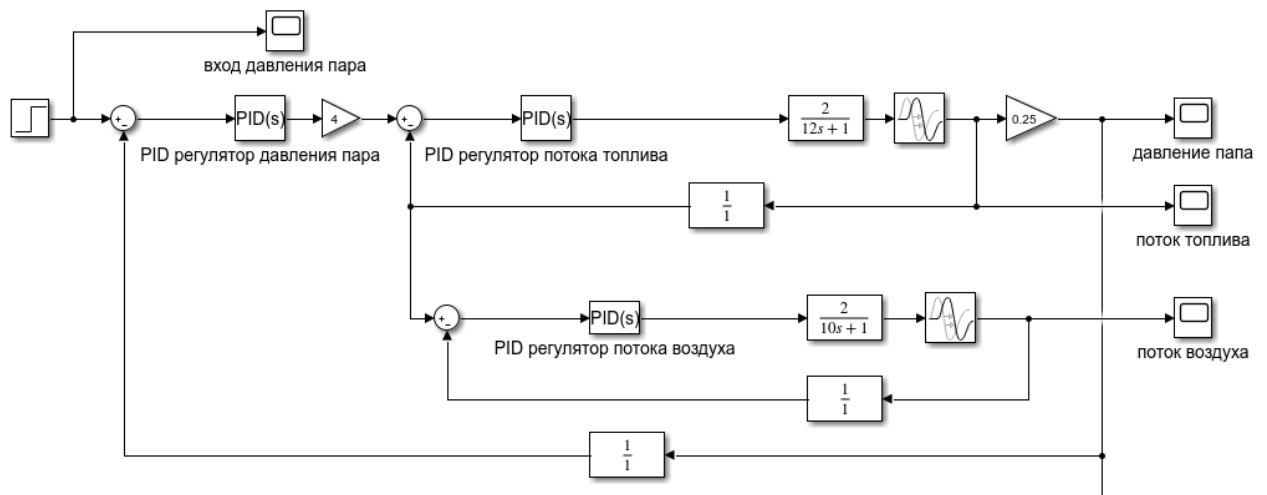


Рисунок 6 – Схема моделирования системы управления потоком топлива и воздуха

Для настройки ПИД мы используем метод стабильной границы, сначала пусть $K_i = 0$, и настраиваем K_p , чтобы заставить систему колебаться с одинаковой амплитудой, что является критическим устойчивым состоянием системы. Ссылаясь на формулу в таблице 1, после многих тестов окончательное скорректированное значение ПИД показано в таблице 2.

Таблица 2 - Скорректированные параметры ПИД

Система управления	K_p	$K_i=K_p/T_i$	$K_D=K_p*T_d$
ПИД давления пара	1	0	0
ПИД потока топлива	0.9	0.08	0.05
ПИД потока воздуха	0.95	0.15	0.1
ПИД давления разрежения в копке	0.45	0.85	0

Схема моделирования системы управления потоком топлива и воздуха и результаты моделирования представлены на рисунке 7 и 8. Входное значение давления пара – 3 МПа.

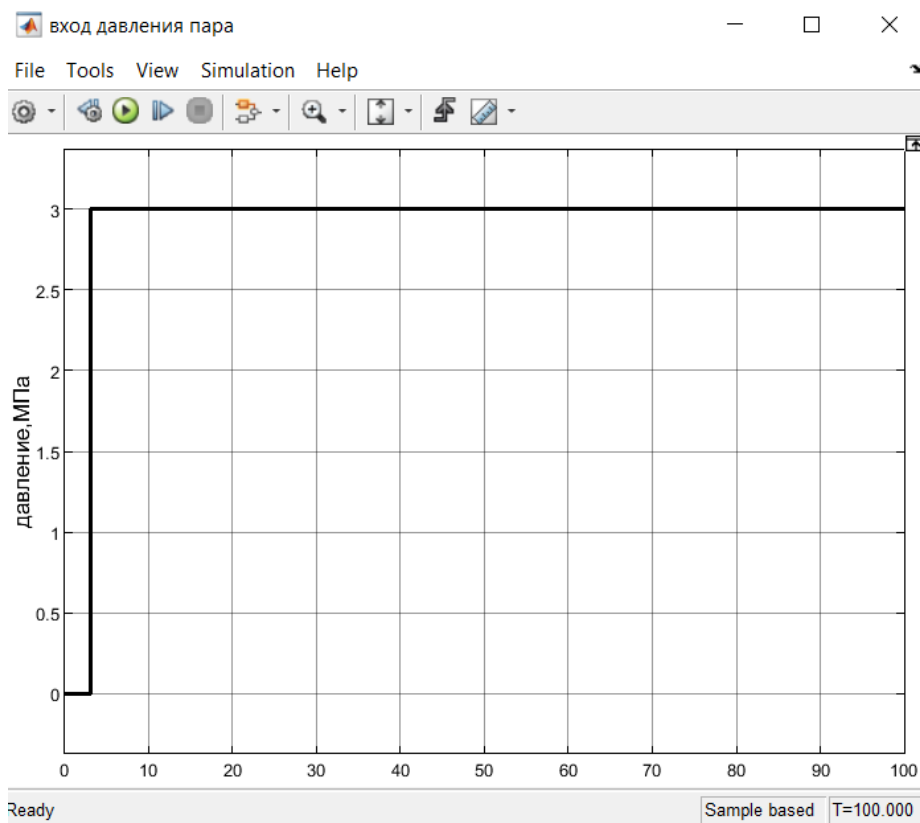


Рисунок 7 – График отклика входного сигнала системы

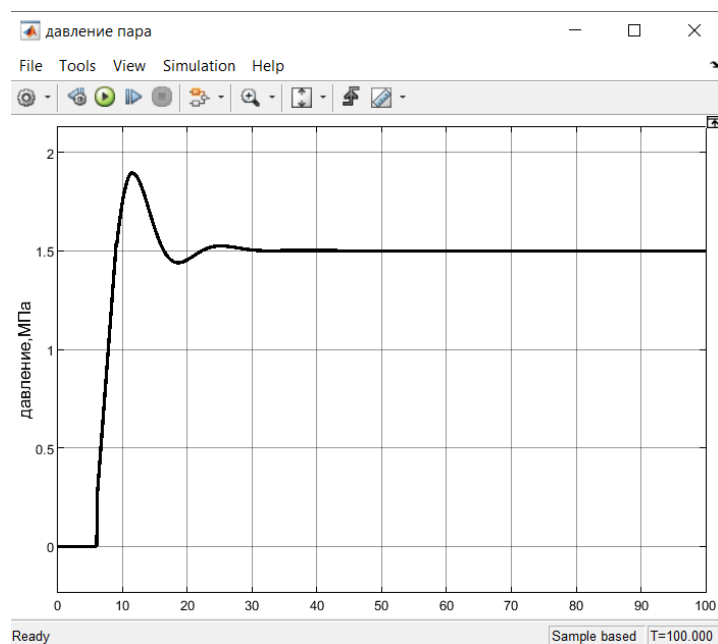


Рисунок 8 – Результат моделирования системы управления давления пара
- Перерегулирование системы – 23%.

Далее идет отклик системы управления расходом топлива и системы управления потоком воздуха. Для начала посмотрим на отклик системы управления потоком топлива в системе.

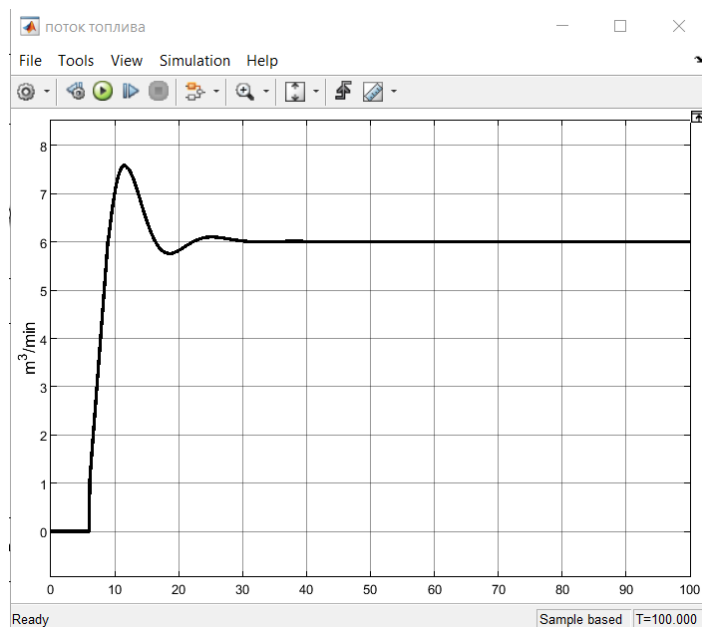


Рисунок 9 – Результат моделирования системы управления потока топлива
- Перерегулирование системы – 25%.

Ниже приведена отклик системы управления потоком воздуха в системе.

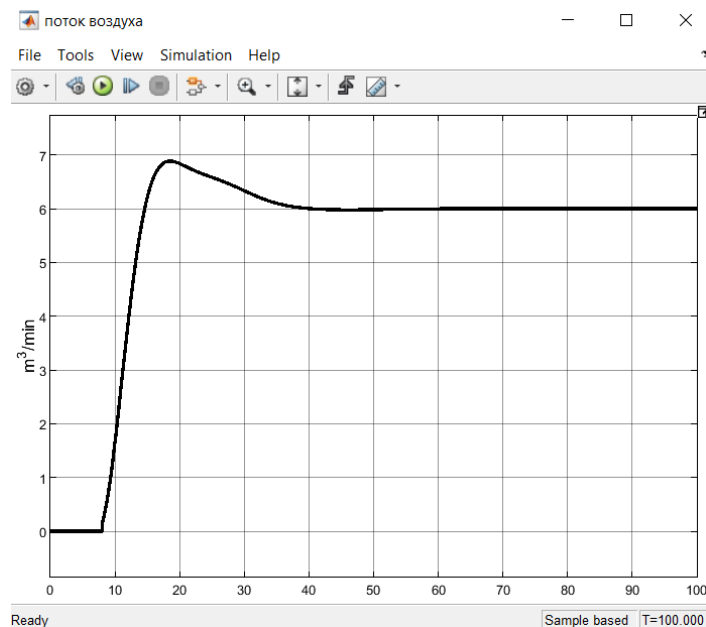


Рисунок 10 – Результат моделирования системы управления потока воздуха
- Перерегулирование системы – 14%.

Из этой симуляции видим, что система управления потоком топлива и система управления потоком воздуха влияют и ограничивают друг друга. Только когда система работает в разумном диапазоне соотношения воздух-топливо, она может экономить энергию и достигать большей эффективности использования топлива. , и тогда выход давления пара можно хорошо отрегулировать. Из него видно, что использование ПИД-регулятора позволяет лучше оптимизировать систему управления давлением пара. Ниже приведена реакция системы контроля давления разрежения в топке системы.

Система управления давления разрежения в топке:

$$K_p=0.45 \text{ и } K_i=0.085$$

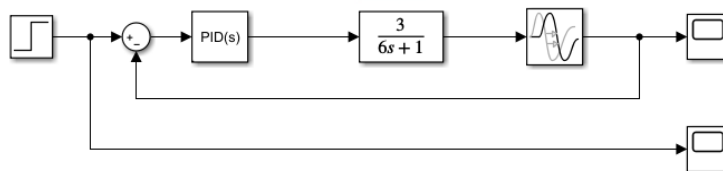


Рисунок 11 – Структурная схема моделирования системы управления давления разрежения в топке

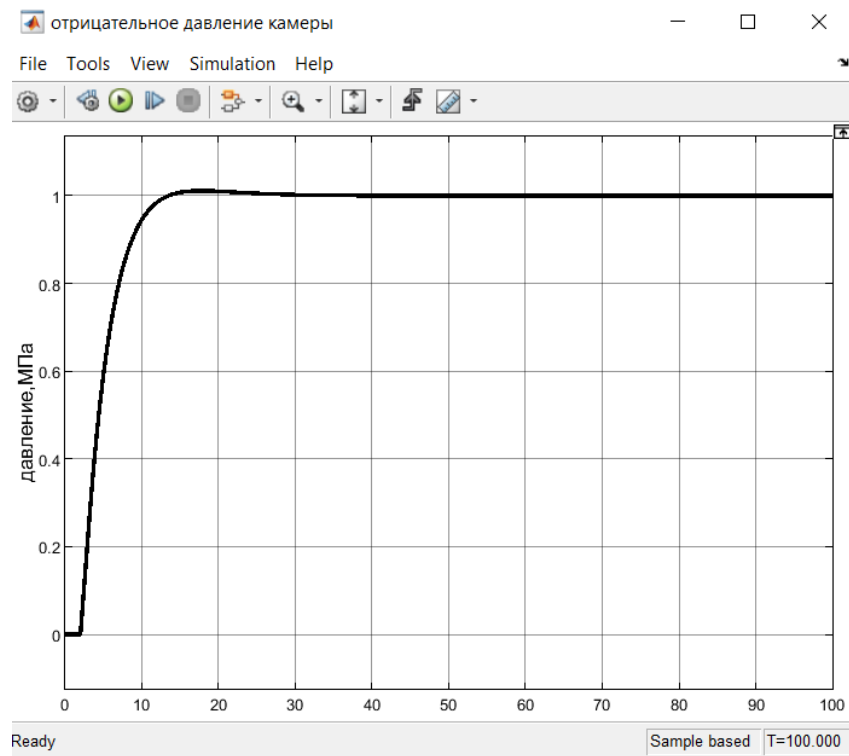


Рисунок 12 – Результат моделирования системы управления давления разрежения в копке

- Перерегулирование системы –0%.

Настройка с прямой связью функция компенсации системы контроля давления разрежения в копке:

При использовании динамической настройки с прямой связью функция компенсации с прямой связью выглядит следующим образом:

$$G(s) = \frac{2}{2s+1} \cdot \frac{6s+1}{3} = \frac{12s+2}{6s+3}. \quad (11)$$

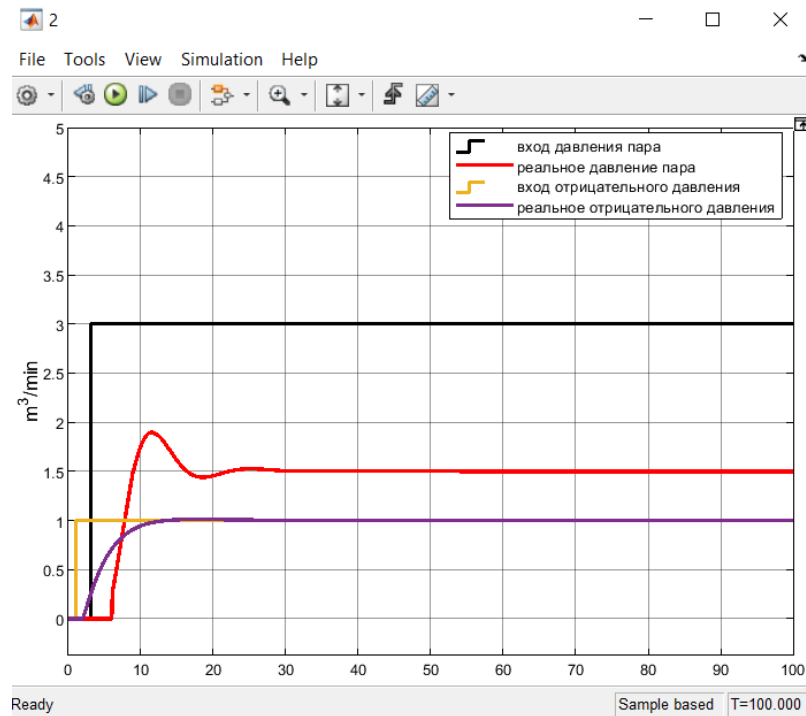


Рисунок 15 – Результаты моделирования системы давления пара и давления разрежения в копке

(2) Возмущенное моделирование

К трем частям системы добавляется случайное возмущение с амплитудой 0.1. Схема моделирования системы представлена на рисунке 16. Результаты моделирования представлены на рисунке 17 и 18.

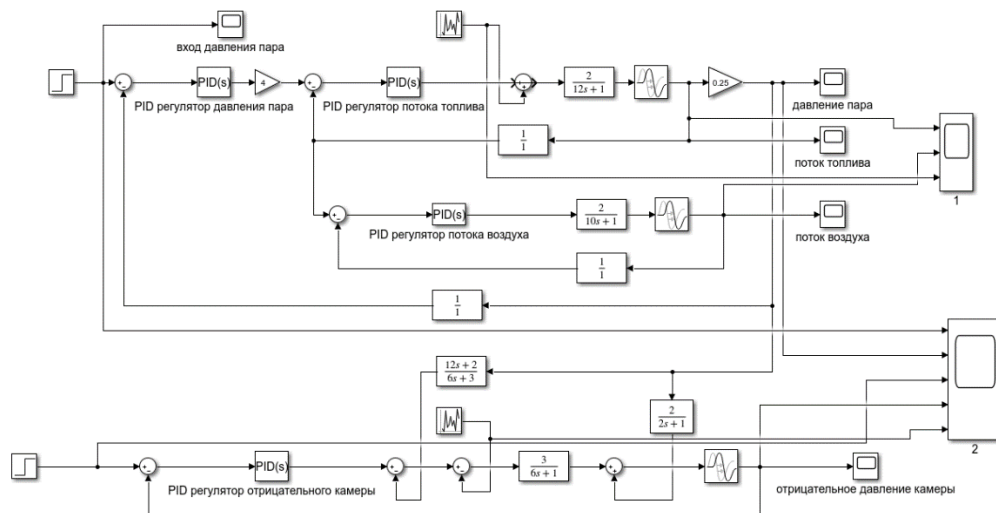


Рисунок 16 – Схема моделирования системы с возмущением

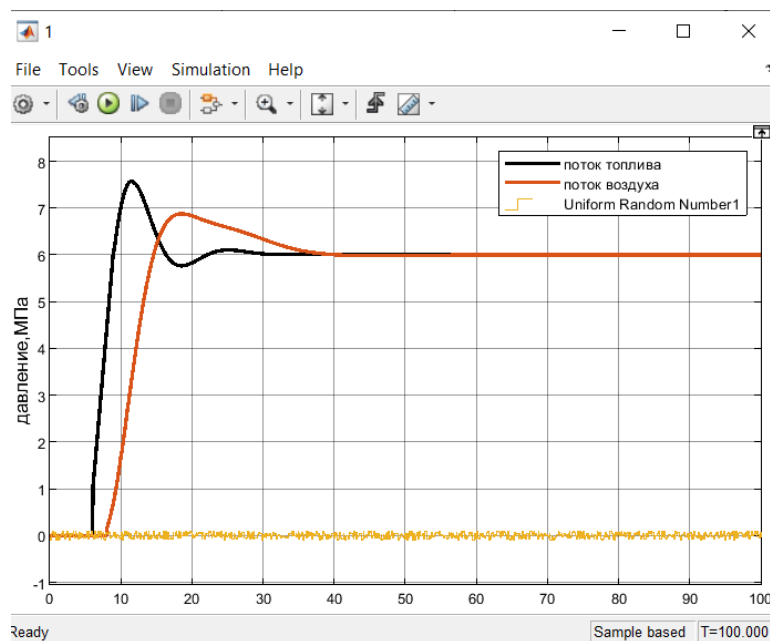


Рисунок 17 – Результаты моделирования системы управления соотношения топлива и воздуха с возмущением

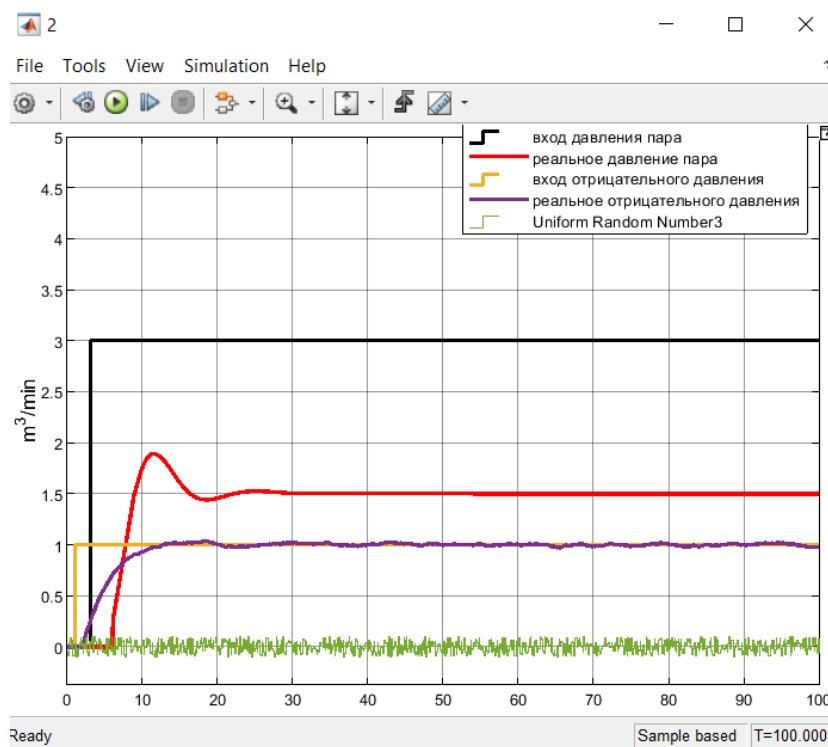


Рисунок 18 – Результаты моделирования системы давления пара и давления разрежения в топке с возмущением

При добавлении возмущения, перерегулирование системы существенно не меняется.

Выводы по работе

В этом проекте представлен дизайн и исследование алгоритма ПИД-регулятора системы управления горением парового котла, работающего на газе, а также разработана возможная система управления горением, которая разделена на три подсистемы: система управления давлением пара, система соотношения топлива и воздуха и топка и система управления давлением разрежения в копке. Для настройки параметров ПИД-регулятора, используется метод Зиглера–Никольса, получаются наиболее подходящие параметры для этой системы. Набор инструментов SIMULINK в MATLAB выбран для моделирования всей системы. На этапе моделирования в качестве метода управления используется ПИД-регулятор, наконец, форма волны достигает стабильного состояния. Моделирование проводится в двух разных случаях, с возмущением и без возмущения. Возмущение представляет собой случайное возмущение с амплитудой ± 0.1 . В случае возмущения устойчивость становится хуже, но время регулирования T_p , переходный процесс T_s и перерегулирование не изменяются очевидно, система в основном соответствует требованиям.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке перспективности разработки и планировании финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках научного исследования. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы: будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

Цель данной ВКР – Разработка системы автоматического управления котлом.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

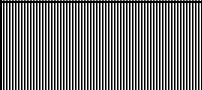
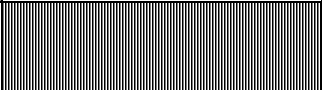
		Процесс газового парового котла			
		Модернизация контроля технологических процессов	Совершенствование контроля состояния технологического оборудования	Выбор и совершенствование средств автоматического отключения	энергосбережение
Размер кампании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Рисунок 19 – Диаграмма сегментации рынка развития паровых котлов.



-Фирма Кока-Кола



-Фирма Пфайзер Фармасьютикалз Лтд.



-Фирма Хочу Хочу Фуд Ко, Лтд.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Поскольку рынок продолжает меняться, необходимо систематически детально анализировать развитие рыночной конкуренции. Этот анализ помогает скорректировать научные исследования, чтобы более успешно конкурировать с конкурентами.

Таблица 3 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0.05	5	4	4	0.25	0.2	0.2
2. Простота внедрения мероприятий	0.05	5	5	3	0.25	0.25	0.15
3. Функциональная мощность	0.12	4	3	5	0.48	0.36	0.6
4. Безопасность	0.12	5	4	3	0.6	0.48	0.36
5. Специальное оборудование	0.02	3	3	4	0.06	0.06	0.08
6. Уровень шума	0.12	5	3	4	0.6	0.36	0.48
7. Надежность	0.05	5	5	3	0.25	0.25	0.15
8. Энергоэкономичность	0.05	4	3	3	0.2	0.2	0.15
9. Повышение производительности труда пользователя	0.05	4	4	3	0.2	0.2	0.15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	3	4	0.2	0.15	0.2
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	5	4	3	0.1	0.08	0.06
3. Цена	0,05	4	3	3	0.2	0.15	0.15
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0.5	0.5	0.4
5. Послепродажное обслуживание	0,04	5	4	5	0.2	0.16	0.2

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{\kappa 1}$	$B_{\kappa 2}$	K_{ϕ}	$K_{\kappa 1}$	$K_{\kappa 2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
6. Финансирование научной разработки	0.05	4	3	5	0.2	0.15	0.25
7. Срок выхода на рынок	0.04	4	4	4	0.16	0.16	0.16
8. Наличие сертификации разработки	0.02	4	4	4	0.08	0.08	0.08
Итого	1	77	66	66	4.53	3.88	3.82

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

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (12)$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

3.1.3 SWOT-анализ

С целью изучения внешней и внутренней среды проекта в данной работе был проведен SWOT-анализ, а также детально оценены преимущества и недостатки, возможности и угрозы исследовательского проекта.

На первом этапе составляется SWOT-матрица, в которой описываются сильные и слабые стороны проекта, а также выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые были выявлены или могут появиться во внешней среде, как показано в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
C1.Высокий уровень проникновения на рынок	Сл1. Недостаток средств финансирования
C2. Функциональная мощность	Сл2. Низкий уровень послепродажного обслуживания
C3. Предъявленная безопасность и надежность	Сл3. Низкая квалификация у потенциальных потребителей
C4. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями	Сл4. Отсутствие системы мотивации персонала
C5. Экологичность технологии	Сл5. Недостатки рекламной политики
Возможности	Угрозы
B1. Разорение и уход предприятий-конкурентов	У1. Появление новых конкурентов
B2 .Выход на новые сегменты рынка	У2. Отсутствие спроса на новые технологии
B3. Внедрение инноваций	У3. Задержка финансирования разработки
B4. Повышение стоимости конкурентных разработок	У4. Выход на рынок иностранных компаний
B5. Расширение спектра услуг	У5. Высокий уровень налогов на предоставляемые услуги

Соотношения параметров представлены в таблицах 5–8.

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	+	-
	B2	-	-	-	+	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-	-
	B5	-	-	-	-	-

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-	+
	B5	-	-	-	-	-

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	Y1	-	-	+	-	-
	Y2	-	-	+	-	-
	Y3	-	-	-	-	-
	Y4	+	-	+	+	+
	Y5	-	-	-	-	-

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	Y1	-	+	-	-	-
	Y2	+	-	+	+	-
	Y3	+	-	-	-	-
	Y4	-	-	-	-	-
	Y5	-	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 9.

Таблица 9 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта
	С1.Высокий уровень проникновения на рынок	Сл1. Недостаток средств финансирования
	С2. Функциональная мощность	Сл2. Низкий уровень послепродажного
	С3. Предъявленная безопасность	

	и надежность С4. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С5. Экологичность технологии	обслуживания Сл3. Низкая квалификация у потенциальных потребителей Сл4. Отсутствие системы мотивации персонала Сл5. Недостатки рекламной политики
Возможности В1. Разорение и уход предприятий-конкурентов В2 .Выход на новые сегменты рынка В3. Внедрение инноваций В4. Повышение стоимости конкурентных разработок В5. Расширение спектра услуг	Направления развития Высокий уровень проникновения на рынок, функциональная мощность и более низкая стоимость производства даст возможность в будущем вытеснить конкурентов. Из-за приемлемых цен мы сможем выйти на новые сегменты рынка.	Сдерживающие факторы Внедрение инноваций в разработки, а также расширение спектра услуг в дальнейшем даст возможность получить большую прибыль и устранить недостаток средств финансирования.
Угрозы У1. Появление новых конкурентов У2. Отсутствие спроса на новые технологии У3. Задержка финансирования разработки У4. Выход на рынок иностранных компаний У5. Высокий уровень	Угрозы развития Удержание высоких позиций на рынке и функциональная мощность позволит погасить конкурентов, а низкая стоимость и экологичность разработок превысит запросы в иностранных компаний.	Уязвимости: С помощью повышения послепродажного обслуживания пытаться завоевать доверие потребителей, тем самым повысить спрос на новые технологии.

налогов на предоставляемые услуги		
-----------------------------------	--	--

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

3.1.4 Планирование научно-исследовательских работ

Задачей планирования научно-исследовательских работ является оптимальный расчет использования времени и ресурсов, обеспечивающих выполнение работ в срок при наименьших затратах средств.

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) Определение структуры работ в рамках научного исследования.
- 2) Определение участников каждой работы.
- 3) Установление продолжительности работ.
- 4) Построение графика проведения научных исследований.

При планировании работы составляется перечень работ, необходимых для достижения поставленной задачи, представленный в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень работ

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Руководитель, студент
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	Студент
	4	Выбор методов исследования	Студент

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Написание теоретической части ВКР	Студент
	6	Выполнение практической части ВКР	Студент
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка и анализ полученных результатов	Руководитель, студент
Оформление отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Студент

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для оценки трудоемкости проводимых работ представим расчет показателей: трудоемкость, продолжительность одной работы, календарный коэффициент

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макси}}{5} \quad (13)$$

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

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{макси}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{ч_i} \quad (14)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (15)$$

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

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

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (16)$$

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

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

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

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 11.

Таблица 11 Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожид}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2.8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения работ	1	2	2	4	1,4	3,4	2,4	3
3. Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	-	20	-	25	-	22	22	33
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3.8	3.8	6
5. Написание теоретической части ВКР	-	10	-	15	-	12	12	18

6. Выполнение практической части ВКР		20	-	30		24	24	36
7. Оценка и анализ полученных результатов	4	8	8	10	13.6	8.8	4.4	7
8. Составление пояснительной записки	-	4	-	10	-	6.4	6.4	9
Итого:	7	67	14	99	10	86	76	116

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы 9 составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 12).

Таблица 12 – Диаграмма Ганта

№	Виды работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ									
				февр			март			апр			ма й
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп 1	4										
2	Календарное планирование выполнения работ	Исп 1 Исп 2	3										
3	Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	Исп 2	33										
4	Выбор методов исследования	Исп 2	6										
5	Написание теоретической части ВКР	Исп 2	18										
6	Выполнение практической части ВКР	Исп 2	36										

№	Виды работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ									
				февр			март			апр			ма й
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
7	Оценка и анализ полученных результатов	Исп 1	8										
8	Составление пояснительной записки	Исп 2	9										

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

3.2 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Представим расчет потребности в материалах на НТИ в таблице 13.

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	400	5	2000
Итого:			2000

Представим расчет потребности в оборудование для научных (экспериментальных) работ в таблице 14.

Таблица 14 – расчет потребности в оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Цены единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Газовый паровой котел	1	55000	55000

2	компьютер	1	30000	30000
Итого				85000

Представим расчет потребности в трудовых ресурсах для научных (экспериментальных) работ в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы исполнителей научных (экспериментальных) работ

Исполнители НИ	$З_{мс}, руб$	k_{np}	k_o	k_p	$З_m, руб$	$З_{дн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Руководитель	40000	0,3	0,2	1,3	78000	3265	43	140395
Инженер	30000	0,3	0,2	1,3	58500	3076	219	673644
Итого:								814039

Отметим, что величину расходов по заработной плате определили с учетом трудоемкости выполняемых работ. В состав основной заработной платы включается оплата по окладу, премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % от оклада, работников, непосредственно занятых выполнением НИИ.

Расчеты были проведены по формулам:

$$З_{зд} = З_{осн} \cdot З_{доп} \quad (17)$$

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

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

Основная заработная плата ($З_{осн}$) одного работника рассчитывали по формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \quad (18)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

1. Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{дн1} = \frac{З_м \times M}{F_д} = \frac{78000 \times 10,3}{246} = 3265 \text{ руб} \quad (19)$$

где $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

2. Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$З_{дн2} = \frac{З_м \times M}{F_д} = \frac{58500 \times 11,2}{213} = 3076 \text{ руб} \quad (20)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$З_{м1} = З_{мс1} \times (1 + k_{пр} + k_д) \times k_p = 40000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 78000 \text{ руб} \quad (21)$$

– для инженера:

$$З_{м2} = З_{мс2} \times (1 + k_{пр} + k_д) \times k_p = 30000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 58500 \text{ руб} \quad (22)$$

Где $З_{мс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3;

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

k_p – районный коэффициент, равен 30% (для г. Томска).

Таблица 16 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		

Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213
--	-----	-----

Представим расчет дополнительной заработной платы исполнителей темы. Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{\text{доп1}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,15 \times 140395 = 21059.25 \text{ руб} \quad (23)$$

– для инженера:

$$З_{\text{доп2}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,15 \times 673644 = 101046.6 \text{ руб} \quad (24)$$

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

Представим расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления). Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{\text{внеб1}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн1}} + З_{\text{доп1}}) = 0,3 \times (140395 + 21059.25) = 161454.25 \text{ руб.} \quad (25)$$

– для инженера:

$$З_{\text{внеб2}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн1}} + З_{\text{доп1}}) = 0,3 \times (673644 + 101046.6) = 774690.6 \text{ руб} \quad (26)$$

Где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

В накладные расходы включены прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов. Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} \quad (27)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента принимается равной 0,16.

3.3 Бюджетная стоимость научно-технического исследования

Определение бюджета затрат на научно-технического исследования по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.		
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1	Материальные затраты НИР	2000	49438,45	21420
2	Затраты на специальное оборудование	85000	5696	16300
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	814039	836853	224048,1
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	122105	107240	485028,4
5	Отчисления во внебюджетные фонды	280843	292228	212723
Бюджет затрат НИР		1303987	1291455,45	959519,5

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как

знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (28)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 2219606,64 \text{ руб}$$

$$\Phi_{\text{исп.1}} = 3105483,3 \text{ руб} \quad \Phi_{\text{исп.2}} = 2120560 \text{ р} \quad (29)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}} = \frac{\Phi_{\text{текущ.проект}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1303987}{1303987} = 1 \quad (30)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1291455,45}{1303987} = 0,99 \quad (31)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{959519,5}{1303987} = 0,74 \quad (32)$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 3 с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 18).

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0.15	5	3	4
2. Стабильность работы	0,2	5	4	4
3. Технические характеристики	0.25	4	3	4

4. Механические свойства	0,2	3	5	3
5. Энергозатратность	0.2	4	4	3
ИТОГО	1	4,15	3,8	4,25

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_p^{\text{текущ.проект}} = 0,15 \times 5 + 0,2 \times 5 + 0,25 \times 4 + 0,2 \times 3 + 0,2 \times 4 = 4,15$$

$$I_p^{\text{исп.2}} = 0,15 \times 3 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 3 + 0,2 \times 5 + 0,2 \times 4 = 3,8$$

$$I_p^{\text{исп.3}} = 0,15 \times 4 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 4 + 0,2 \times 3 + 0,2 \times 3 = 3,85$$

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

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}} \quad (33)$$

$$I_{\text{эф.текущ.проект}} = \frac{I_p^{\text{текущ.проект}}}{I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}}} = \frac{4,15}{1} = 4,2 \quad (34)$$

$$I_{\text{эф.исп.2}} = \frac{I_p^{\text{исп.2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{3,8}{0,99} = 3,8 \quad (35)$$

$$I_{\text{эф.исп.3}} = \frac{I_p^{\text{исп.3}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}}} = \frac{3,85}{0,74} = 5,1 \quad (36)$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 19).

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,99	0,74

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,15	3,8	3,85
3	Интегральный показатель эффективности	4,2	3,8	5,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,1	0,82

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 3. Но наш проект является более эффективным по сравнению с другими вариантами исполнения так как используется дополнительное оборудование и привлечены высококвалифицированные специалисты.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

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

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 116 день; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 86 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 10 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 1303987 рублей;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает, что наш проект является более эффективным по сравнению с другими вариантами исполнения

так как используется дополнительное оборудование и привлечены высококвалифицированные специалисты.

4 Социальная ответственность

Введение

Социальная ответственность - широкое понятие, охватывающее и такие проблемы, как экология, социальная справедливость, равноправие.

Газовый котел включает в себя две системы газогорелочного оборудования и корпус котла. Оборудование для сжигания газа в основном относится к печи и горелке, а также включает в себя другое оборудование, связанное с процессом сжигания. Его основная функция заключается в том, чтобы ввести определенное количество горючего газа и воздуха в оборудование для сжигания и преобразовать химическую энергию в тепловую энергию через сжигание горючего газа., для непрерывного обеспечения тепловой энергией корпуса котла. Корпус котла преобразует воду в пар с помощью тепловой энергии, вырабатываемой топочным оборудованием, создавая определенное количество и качество (давление и влажность) пара. Весь процесс производства котла заключается в отправке определенного количества горючего газа и соответствующего количества воздуха в топку для сжигания, а тепло, выделяемое при сгорании, передается воде, так что вода испаряется под постоянным давлением с образованием вода определенного давления и температуры.

В ходе данной работы разработка газовым котлом. Необходимо рассмотреть производственную безопасность, Экологическую безопасность экологическую безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно Глава 34 ТК РФ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- режим труда и отдыха в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового

права;

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

- 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;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя

Нормы безопасности при эксплуатации котельных регулируются следующими документами:

ГОСТ Р 55173-2012 Установки котельные. Общие технические требования;

Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов";

Нормы естественного, искусственного и совмещенного освещения в котельных регулируются следующими документами:

СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение;

4.2 Производственная безопасность при эксплуатации

Оборудование газовой котельной требует особого контроля со стороны обслуживающего персонала. В работе отопительного оборудования имеется определенная опасность, поскольку в ней принимает активное участие теплоноситель, разогревающийся до высокой температуры, и определенного типа горючее, обладающее своими физико-химическими особенностями. Кроме того, особого внимания требует высокое давление, которое также является неотъемлемой частью нагревательных приборов.

4.2.1 Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте оператора газовой котельной

В соответствии ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»: перечень опасных факторов и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Перечень опасных и вредных факторов газовой котельной

№	Факторы (по ГОСТ 12.0.003- 2015)	Нормативные документы
	Опасные	
1	Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	СП 89.13330.2016 Котельные установки
2	Производственные факторы, связанные с повышенным образованием электростатических зарядов на корпусе разрабатываемого устройства	ГОСТ 12.1.018-93 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования
3	Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»
4	Работа с сосудами под давлением	ГОСТ Р 55173-2012 Установки котельные. Общие технические требования
	Вредные	
5	Повышенная загазованность воздуха рабочей среды	ГОСТ 12.1.005-88 общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
6	Неблагоприятные условия микроклимата	СНиП II-35-76 котельные установки
7	Повышенный уровень шума	СП 51.13330.2011 Защита от шума.
8	Монотонность труда, вызывающая монотонию	Глава 34 ТК РФ. Государственное управление охраной труда и требования охраны труда. МР 2.2.9.2311 – 07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности
9	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»

4.2.2 Анализ вредных факторов

Повышенная загазованность воздуха рабочей среды

При работе котлов, использующих газообразное топливо в воздухе производственных помещений может возникнуть избыточная концентрация оксида углерода.

Основные причины повышенной концентрации вредных газов следующие: регулятор соотношения «газ-воздух» настроен неправильно; горелочное оборудование работает с нарушениями; стенка котла дает течь; сварные или резьбовые соединения газопровода негерметичные; повреждены уплотнения газовой запорно-регулирующей арматуры.

Токсическое действие окиси углерода обусловлено образованием карбоксигемоглобина, который не способен к связыванию кислорода, в результате чего наступает кислородное голодание (гипоксия, аноксия). Симптомы острого отравления окисью углерода: головная боль, тошнота, рвота, нарушение цветоощущения, поражение центральной нервной систем (дрожание, клонические и тонические судороги, потеря сознания, кома); нарушение сердечной деятельности, расстройство дыхания, функции почек, эндокринных желез, изменение морфологического состава периферической крови со значительным содержанием карбоксигемоглобина. Температура тела обычно повышается. Возможны последствия, чаще всего связанные с нарушением нервной и психической деятельности. Возможно развитие хронического отравления окисью углерода.

К коллективным средствам защиты от загазованности воздуха являются средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест. Они включают устройства вентиляции и очистки воздуха; кондиционирования воздуха; автоматического контроля и сигнализации. Котельные должны быть оснащены средствами индивидуальной защиты, к которым относятся: противогазы, спасательные пояса и веревки к ним, диэлектрические перчатки и галоши.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 предельно допустимые концентрации

(пдк) вредных веществ в воздухе рабочей зоны указаны в таблице 21.

Таблица 21 – предельно допустимые концентрации (пдк) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [14].

№	Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
1	Азота диоксид	2	п	III	О
2	Азота оксиды (в пересчете на NO ²)	5	п	III	О
3	Углерода оксид*	20	п	IV	О
4	Углеводороды алифатические предельные C ¹ -C ¹⁰ (в пересчете на С)	300	п	IV	-

При длительности работы в атмосфере, содержащей оксид углерода, не более 1 ч, предельно допустимая концентрация оксида углерода может быть повышена до 50 мг/м³, при длительности работы не более 30 мин - до 100 мг/м³, при длительности работы не более 15 мин - 200 мг/м³. Повторные работы при условиях повышенного содержания оксида углерода в воздухе рабочей зоны могут производиться с перерывом не менее чем в 2 ч.

Неблагоприятные условия микроклимата

Причиной повышенной температуры воздуха, повышенной или пониженной влажности воздуха в газовой котельной, являются нагретые поверхности котельных агрегатов, трубопроводов пара и горячей воды.

В соответствии с СНиП II-35-76 участки элементов котлов, водоподогревателей и трубопроводов с повышенной температурой поверхности, доступные для обслуживающего персонала, температура наружной поверхности должна быть не выше 55°С, при температуре окружающей среды не выше 25°С. Участки элементов котлов, котельно-вспомогательного оборудования, газоходов, арматуры и трубопроводов с температурой выше 55°С должны быть покрыты тепловой изоляцией [15].

Повышенный уровень шума

В котельной при работе машины будет возникать шум, а шум с высоким уровнем децибел будет иметь неблагоприятное воздействие на организм человека, поэтому в соответствии с СП 51.13330.2011: допустимые уровни звука на рабочем месте оператора газовой котельной до 80 дБ [16].

Шумы в котельной имеют два типа: воздушные и корпусные. Корпусный является механическими вибрацией, которые возникают при работе оборудования. Воздушный шум - это звуки, неизменно возникающие при сжигании газа.

Для минимизации шума котельной при работе, в неё ставятся виброкомпенсаторы. При проектировании нужно учитывать уровень шума блочной котельной и снижать его. Если такой возможности нет, котельная оборудуется специализированными механизмами для глушения шума: звукопоглощающие подставки, глушители шума дымовых газов и кожухи для горелок.

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

В производственном помещении газовой котельной в дневное время применяется естественное освещение, а в вечернее и ночное время - искусственное. Естественное освещение котельной осуществляется через боковые окна. Искусственное освещение осуществляется комбинацией общего освещения помещения с местным освещением рабочих мест.

Возникает недостаточное освещение вследствие плохой работы осветительных приборов и затененностью оборудования, конструкций. Недостаточное освещение в помещении котельной может привести к повышению травматизма ремонтного и эксплуатационного персонала, а в помещении щитовой - к ухудшению остроты зрения, нервному напряжению.

Действующим нормативным документом является СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Согласно норме уровень освещения в помещениях котельных не должен быть ниже 50 люкс и не выше 100 люкс [7].

Монотонность труда, вызывающая монотонию

Причиной монотонности труда в котельной является монотонность производственной среды и выполнение большого количества повторяющихся операций. Работники котельной выполняют повторяющуюся техническую работу. Котельное оборудование работает автоматически, и рабочим необходимо только следить за приборами и обеспечивать безопасную работу оборудования. Необходимы регламентированные перерывы для отдыха и минимизации возникновения этого фактора.

4.2.3 Анализ опасных факторов

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

Рабочие, которые постоянно подвергаются воздействию тепла, будь то пламя или пар, рискуют получить ожоги. Это является серьезным риском и может быть опасно для жизни.

В котельной ожоги и термические повреждения могут быть вызваны различными способами: работа с раскаленными металлами; проскальзывание на полу и падение на горячие предметы; воздействие огня, брызг масла и пара; работа с использованием едких химикатов; использование слишком горячей воды; выброс пар или брызг от оборудования; использование разогретых инструментов.

Рабочие больше всего рискуют получить ожоги при прикосновении к котельному оборудованию. В соответствии с СП 89.13330.2016 “Котельные установки”, для защиты обслуживающего персонала от ожогов при срабатывании клапанов, Предохранительные клапаны должны иметь устройства (отводные трубы).

Во избежание ожогов котельное оборудование будет иметь маркировку «Не касаться» и «Пожароопасно» [12].

Производственные факторы, связанные с повышенным образованием электростатических зарядов на корпусе разрабатываемого устройства

Статическое электричество возникает вследствие сохранения зарядов электростатического поля на диэлектрических материалах. Оно отрицательно влияет на эксплуатацию электрических устройств. Образование искр от статического электричества способствует пожарам и взрывам. Мощности энергии вполне хватит для возгорания газозвдушных смесей и пыли. Работники, на которых постоянно воздействует статическое электричество, чаще болеют сердечно-сосудистыми заболеваниями и болезнями нервной системы.

В котельных часто встречается образование статических зарядов в случаях: попадания и продвижения пылинок в воздухопроводах с большой скоростью; прохождении сжиженного газа (особенно содержащего суспензии или пыль) по трубопроводам; перемещения тележек с прорезиненными шинами по изолирующему половому покрытию.

Для уменьшения вред, причиняемый статическим электричеством, можно принять следующие меры:

- повышение проводящих свойств материалов и окружающей рабочей среды, что приводит к рассеиванию в пространстве периодически появляющихся электрозарядов статики;
- снижение скоростей обработки и перемещения материалов, что значительно уменьшает возможности генерирования статических электрозарядов;
- полномасштабное применение грамотно устроенного заземления, что помогает исключить накопление опасных потенциалов;
- повышение устойчивости самих машин и механизмов к действию статистических разрядов;
- недопущение проникновения электрического тока в рабочую зону.
- Увеличьте влажность воздуха, чтобы избежать сухости воздуха и увеличить поверхностный заряд прибора [11].

Поражение электрическим током

В котельной применяют различные электрические установки. Статистические данные показывают, что 1-3% от всех несчастных случаев приходится на поражения током.

В котельных причинами электротравм могут являться: случайное прикосновение или приближение к частям под напряжением; появления напряжения на металлических конструкциях из-за пробоя; ошибочные действия персонала; шаговые напряжения.

Для предотвращения поражения током на все электросиловое оборудование в котельной предусмотрено заземление в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» [13].88

Заземлители применяются искусственные в виде труб диаметром 30 мм и длиной 3 м. Защитному заземлению подлежат металлические токоведущие части электрооборудования, которые могут из-за неисправности изоляции оказаться под напряжением и к которым возможно прикосновение людей.

Защитное зануление предусмотрено на нулевом проводе питающей сети электрооборудования и других металлических конструктивных частей корпусов, которые нормально не находятся под напряжением, но вследствие повреждения изоляции могут оказаться под напряжением.

В качестве защиты от перегрузки используются плавкие предохранители.

Средства коллективной защиты включают оградительные, автоматического контроля и сигнализации; изолирующие устройства и покрытия; устройства защитного заземления и зануления; устройства автоматического отключения. Обязательны инструктажи по электробезопасности на местах.

Для предотвращения поражения током на все электросиловое оборудование в котельной предусмотрен знак предупреждения о поражении электрическим током.

Работа с сосудами под давлением

При эксплуатации котла внутренности котла заполняются большим количеством пара, что может привести к взрывоопасности:

- взрыв котла с вероятностью пожара (из-за перегрева и избыточного давления, отказа структурных компонентов вследствие усталости металла и др.);
- травмы, вызванные действием взрывной волны, летящими осколками, пламенем, паром и др.;
- возгорание и взрыв топлива;
- возгорание ветоши, пропитанной топливом;
- взрывы газо-воздушных смесей внутри котла.

Средства коллективной защиты: автоматического контроля и сигнализации, предохранительные, дистанционного управления. Перед началом работ необходимо получить допуск к работам [8].

Котел, работающий под давлением, должен иметь предупреждающую вывеску, как показано на рисунке 1, на поверхности оборудования.



Рисунок 20 – Вывеску для сосуда под давлением

4.3 Экологическая безопасность при эксплуатации

4.3.1 Воздействие на селитебную зону

Газовая котельная по признаку использования, хранения горючих веществ является опасным производственным объектом (ОПО), согласно 116 - ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Котельные являются источниками выделения загрязняющих окружающую среду веществ, обязательно должна проектироваться санитарно-защитная зона котельной (СЗЗ котельной) :

К II классу опасности относят районные котельные, мощность которых 200 Гкал и более, функционирующие на угольном и мазутном топливе –

ориентировочная СЗЗ для них составляет 500 м [9].

К III классу относят котельные, мощность которых 200 Гкал и более, функционирующие на газовом и газомазутном топливе – ориентировочная СЗЗ для них - 300 м.

По периметру СЗЗ должны быть обязательно огорожены забором и оснащены предупреждающими вывесками об опасности.

4.3.2 Воздействие на атмосферу

Загрязнителями газа, образующимися при сжигании топлива в газовых котлах, являются в основном окись углерода, углеводороды, оксиды азота, а также двуокись серы, сероводород. При температуре горения природного газа выше 1500 °С, азот в воздухе будет соединяться с кислородом с образованием оксидов азота.

В соответствии с ГОСТ Р 55173-2012 нормативы удельных выбросов в атмосферу оксидов азота и оксидов серы для котельных установок представлен в таблице 22 и 23.

Таблица 22 – Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксидов азота для котельных установок

Тепловая мощность котлов, МВт (паропроизводительность котла D, т/ч)	Вид топлива	Массовый выброс NO _x на единицу тепловой энергии, г/МДж	Массовый выброс NO _x , кг/т ут	Массовая концентрация NO _x в дымовых газах при α=1,4, мг/м ³
До 299 (до 420)	Газ	0,043	1,26	125
300 и более (420 и более)	Газ	0,043	1,26	125

Таблица 23 – Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксидов серы для котельных установок

Тепловая мощность котлов, Q МВт (паропроизводительность котла D, т/ч)	Приведенное содержание золы $S_{пр}$, %·кг/МДж	Массовый выброс SO _x на единицу тепловой энергии, г/МДж	Массовый выброс NO _x , кг/т ут	Массовая концентрация SO _x в дымовых газах при
--	---	--	---	---

				$\alpha=1,4$, мг/м ³
До 199 (до 320)	0,045 и менее Более 0,045	0,5 0,6	14,7 17,6	1200 1400
200-249 (320-400)	0,045 и менее Более 0,045	0,4 0,45	11,7 13,1	950 1050
250-299 (400-420)	0,045 и менее Более 0,045	0,3 0,3	8,8 8,8	700 700
300 и более (420 и более)	-	0,3	8,8	700

Норматив удельных выбросов в атмосферу окиси углерода от котельных установок при коэффициенте избытка воздуха 1,4 не должен превышать 300 мг/м³ при нормальных условиях (температура 0 °С и давление 101,3 кПа).

Методы защиты

Распределение температуры пламени горения в газовом котле фактически неравномерно. Обычно температура на некотором расстоянии от выхода из горелки до и после него ниже, то есть имеется локальная область повышенной температуры. Поскольку температура в этой зоне намного выше среднего уровня температуры в печи, она оказывает сильное влияние на образование NO_x: чем выше температура, тем больше NO_x образуется. Поэтому для подавления образования оксидов азота, помимо снижения средней температуры в печи, необходимо также стараться сделать распределение температуры в печи равномерным, чтобы избежать чрезмерной локальной температуры.

4.3.3 Воздействие на гидросферу

Сточная вода котла - вода, которая использована в технологических процессах и непригодная по своему качеству для дальнейшего использования на предприятии. Сточные воды, которые сбрасывались в водоемы, загрязняют их, содержат вредные вещества.

Уменьшить выброс вредных веществ со сточными водами в природные водоемы можно за счет уменьшения количества сточных вод или их очистки. Уменьшение количества сточных вод водоочистных сооружений должно осуществляться за счет рационализации методов и схем водоочистных

сооружений. Основным направлением совершенствования водоочистных сооружений является снижение расхода реагентов и воды на собственные нужды, а также повторное использование сточных вод в технологическом цикле котельной. Для снижения расходов воды наиболее перспективны: метод непрерывной ионизации воды, ступенчато-противоточная ионизация, термическая регенерация ионитов.

4.3.4 Воздействие на литосферу

Котельное оборудование в основном включает металлическое оборудование и электронное оборудование. Материалами для изготовления котлов в основном являются металлы, такие как сталь, алюминий и цинк. При утилизации котла отходы металла нарушат кислотно-щелочной баланс почвы и повлияют на качество почвы. Металл проникнет в почву, и накопленное загрязнение нанесет серьезный вред экологической среде. Электронные компоненты содержат большое количество марганца, никеля, кадмия, хрома, германия, мышьяка, фосфора и других токсичных и вредных тяжелых металлов, неметаллов и соединений, некоторые из которых очень ядовиты и серьезно загрязняют грунтовые воды и почву.

В целях предотвращения воздействия металлолома и электронного оборудования на литосферу, металлолом и электронное оборудование могут быть переработаны и использованы повторно.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации

4.4.1 Анализ возможных ЧС газовой котельной

Возможными ЧС в газовых котельных являются взрыв топлива, снижение уровня воды и слишком высокое давление топлива. Причины возникновения ЧС в газовых котельных являются разгерметизация газопровода в результате механических повреждений; отказов запорной, регулирующей и предохранительной арматуры; дефектов сварных и фланцевых соединений; коррозия, усталость металла.

4.4.2 Наиболее вероятная ЧС газовой котельной. Пожар в котельной

По разным причинам в газовых котлах часто возникают пожары, которые не только наносят большой экономический ущерб, но и серьезно угрожают физическому и психическому здоровью людей и даже их жизни. Поэтому крайне необходимо изучить пожароопасность газового котла и меры ее профилактики.

Причиной пожара в котельной может быть неправильное соотношение топливного газа и воздуха, слишком большая нагрузка котла, слишком большое разрежение камеры сгорания или халатность рабочих в своей работе.

Меры по предупреждению

При эксплуатации котельных и других теплопроизводящих установок запрещается:

- а) допускать к работе лиц, не прошедших специального обучения и не получивших соответствующих квалификационных удостоверений;
- б) применять в качестве топлива отходы нефтепродуктов и другие легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, которые не предусмотрены техническими условиями на эксплуатацию оборудования;
- в) эксплуатировать теплопроизводящие установки при подтекании жидкого топлива (утечке газа) из систем топливоподачи, а также вентилей у топки и у емкости с топливом;
- г) подавать топливо при потухших форсунках или газовых горелках;
- д) разжигать установки без предварительной их продувки;
- е) работать при неисправных или отключенных приборах контроля и регулирования, предусмотренных предприятием-изготовителем;
- ж) сушить какие-либо горючие материалы на котлах и паропроводах;
- з) эксплуатировать котельные установки, работающие на твердом топливе, дымовые трубы которых не оборудованы искрогасителями и не очищены от сажи.

План действий в случае ЧС

В случае возникновения пожара в котельной немедленно известить пожарную часть и диспетчера предприятия по телефону, принять меры к

немедленной ликвидации очага возгорания, обеспечить встречу и выход на установку боевых расчетов пожарной части.

Произвести аварийное отключение котлов в случае возникновения пожара, угрожающего обслуживающему персоналу и работе котлов.

Горящее электрооборудование перед тушением должно быть обесточено. Отключение дымососов и вентиляторов осуществляется кнопкой «Стоп» непосредственно на агрегате или на щите управления в операторной.

Крышные вентиляторы выключаются кнопкой на каждом вентиляторе и возле входа в котельную.

Система вентиляции в венткамере выключается на панели в венткамере.

Насосы выключаются выключателями, расположенными на агрегатах и в помещении КТП.

Погасить горящее электрооборудование порошковым огнетушителем.

При пожаре на газопроводах котельной установки давление газа снижают до минимума, затем гасят пламя и после этого полностью перекрывают газ.

Вывод по разделу

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам.

Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности».

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать I группой допуска по электробезопасности. Присвоение группы I по электробезопасности производится путем проведения инструктажа, который должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током.

Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или)

безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением).

Помещение лаборатории категории помещения группы А, возможный класс пожара В. Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении: горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

Рассмотренный объект, оказывающий незначительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к объектам III категории.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система автоматического управления котлом с применением различных методов настройки ПИД-регулятора. В ходе работы были разработаны три контура системы: система регулирования давления пара, система регулирования соотношения топлива и воздуха и система регулирования давления разрежения в топке. Были разработаны алгоритмы автоматического ПИД-регулирования. Для настройки параметров ПИД-регулятора, используется метод Зиглера–Никольса, получаются наиболее подходящие параметры для этой системы. Полученная система была смоделирована в программе MATLAB. Выполненная система автоматического управления котлом удовлетворяет всем необходимым требованиям и имеет осуществимость и возможность модернизации.

Список используемых источников

1. Котёл [Электронный ресурс] - Режим доступа - URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Котёл_\(техника\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Котёл_(техника));
2. Чжан Кайгэнь Введение в базовые знания о котлах(17) Классификация и наименование котлов [J] Boiler Technology, 1995(9):32-34;
3. Основная конструкция котла [Электронный ресурс] - Режим доступа-URL:<https://baike.baidu.com/item/%E9%94%85%E7%82%89/1288810?fr=aladdin#5> ;
4. Теория автоматического управления. Линейные системы: учебнометодическое пособие для выполнения лабораторных работ / Д.А. Ковалев, О.П. Томчина, В.А. Шаряков, О.Л. Шарякова; – СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД, – 2019. – 72 с;
5. Ван Хунго. Применение технологии автоматического управления в промышленных котлах, 1999, 28(3): 10-13;
6. Ван Суцин и Цзян Вэйфу "Настройка параметров ПИД-регулятора на основе MATLAB/Simulink" Технология автоматизации и приложения 3 (2009):3.
7. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение;
8. ГОСТ Р 55173-2012. Установки котельные. Общие технические требования;
9. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов";
10. ГОСТ 12.0.003-2015. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;
11. ГОСТ 12.1.018-93. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования
12. СП 89.13330.2016. Котельные установки;
13. ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»;
14. ГОСТ 12.1.005-88 общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

15. СНиП II-35-76 котельные установки;
16. СП 51.13330.2011 Защита от шума;
17. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»;
18. МР 2.2.9.2311 – 07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности;
19. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".